

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

NÍVEIS DE LIPÍDEOS NA ALIMENTAÇÃO DE ACARÁ DISCO

FABRICIO CARNEIRO DE SOUZA

**DOURADOS
MATO GROSSO DO SUL
2020**

NÍVEIS DE LIPÍDEOS NA ALIMENTAÇÃO DE ACARÁ DISCO

FABRICIO CARNEIRO DE SOUZA

Orientadora: Profa. Dra. Claucia Aparecida Honorato da Silva
Coorientador: Prof. Dr. Rudã Fernandes Brandão Santos

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

DOURADOS
MATO GROSSO DO SUL
2020

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

S729n Souza, Fabricio Carneiro De

NÍVEIS DE LIPÍDEOS NA ALIMENTAÇÃO DE ACARÁ DISCO
[recurso eletrônico] / Fabricio Carneiro De Souza. -- 2020.

Arquivo em formato pdf.

Orientadora: Claucia Aparecida Honorato da Silva.

Coorientador: Rudã Fernandes Brandão Santos.

TCC (Graduação em Engenharia de Aquicultura)-Universidade Federal
da Grande Dourados, 2020.

Disponível no Repositório Institucional da UFGD em:
<https://portal.ufgd.edu.br/setor/biblioteca/repositorio>

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

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

NÍVEIS DE LIPÍDEOS NA ALIMENTAÇÃO DE ACARÁ DISCO

Por

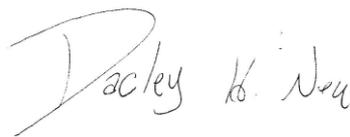
Fabricio Carneiro de Souza

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

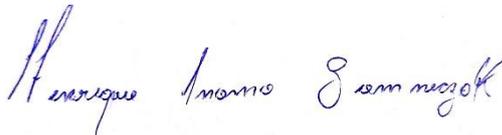
Aprovado em: 20 de Agosto de 2020.



Prof^a. Dra. Cláucia Aparecida Honorato da Silva
Orientadora – UFGD/FCA



Prof. Dr. Dacley Hertes Neu
Membro da Banca – UFGD/FCA



Me. Henrique Momo Ziemniczak
Membro da Banca – UFGD/FCA

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pois sem Ele eu não teria chego até aqui.

A minha professora e orientadora Claucia Aparecida Honorato da Silva, por aceitar me orientar neste trabalho, dando seu total apoio e dispondo-se dos seus ensinamentos para que este trabalho fosse realizado.

Ao meu co-orientador Rudã Fernandes e à Piscicultura Cascavel pela parceria e por terem aceito que este trabalho fosse desenvolvido.

A todos os meus professores do curso de Engenharia de Aquicultura da Universidade Federal da Grande Dourados que se dedicaram a transmitir conhecimento e nos prepararam para a tão sonhada vida profissional.

Agradeço a minha família, especialmente aos meus pais Rildo Maciel e Édina Barbosa que sempre estiveram ao meu lado ao longo de toda minha trajetória acadêmica, me deram todo auxílio necessário durante meus estudos.

Um Agradecimento especial à minha tia Leciane Carneiro por sempre me incentivar nos meus estudos, e me encorajando a nunca desistir dos meus sonhos.

A todos os meus amigos da primeira turma de Engenharia de Aquicultura da UFGD, e a todos os demais que vivenciaram este período da minha formação acadêmica, em especial a: Ana Luiza, Ana Caroline, Danúzia de Albuquerque, Eloísa Herrig, Emanuel Boscolo, Gismery Monteiro, Igor de Oliveira, Heloise Nantes, Janaina Carvalho, Larissa Dorce, Luiz Fernando, Nathalia Azola, Natieli Inácio, Tauny Trindade e Weliton Vilhalba.

Por fim, mas não menos importante agradeço a UFGD por todos esses anos de formação acadêmica.

Serei eternamente grato.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE FIGURAS	viii
LISTA DE TABELAS	viii
RESUMO.....	ix
ABSTRACT.....	x
1. INTRODUÇÃO.....	11
2. REVISÃO DE LITERATURA	12
2.1. O mercado de peixes ornamentais	12
2.2. Acará Disco.....	13
2.3. Nutrição de peixes ornamentais.....	14
2.4. Exigências de lipídeos.....	15
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	16
3.1. Animais	16
3.2. Dieta experimental.....	16
3.3. Desempenho de crescimento	17
3.4. Análise enzimática.....	18
3.5. Histopatológica intestinal	19
3.6. Procedimentos estatísticos.....	20
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	21
4.1. Resultados.....	21
4.2. Discussão.....	25
5. CONCLUSÕES.....	28
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	29

LISTA DE FIGURAS

	Páginas
FIGURA 1. A, dieta 3%; B, dieta 10%; C, dieta 14%. Fotomicrografia do intestino posterior de acará disco mostrando células caliciformes (SETA), submucosa (s) e muscular (m), H/E. 200x; (D)	23
FIGURA 2. A, dieta 3%; B, dieta 10%; C, dieta 14%. Morfologia do fígado de acará disco submetida a diferentes dietas, 400x. A dieta 3% ocorreu vacúolos citoplasmáticos reduzido (ponta de seta); A dieta 10% mostrou núcleo centralizado (*) e arquitetura cordonal preservada (traço fino). A dieta 14% lipídeo ocorreu a perda do arranjo cordonal (traço fino) e deslocamento do núcleo para a periferia da célula (ponta de seta) e células vacuolizadas (*); HE = hematoxilina-eosina; PAS = ácido periódico Schiff	24

LISTA DE TABELAS

	Páginas
TABELA 1. Composição química das dietas experimentais.....	17
TABELA 2. Índices de crescimento, fator de condição e homogeneidade de juvenis de acará disco alimentados com níveis crescentes de lipídeos.	21
TABELA 3. Atividade das enzimas digestivas e enzimas do metabolismo hepático de juvenis de acará disco alimentados com níveis de lipídeos.	22
TABELA 4. Tamanho da vilosidade intestinal e tamanho do hepatócitos de acará disco alimentados com diferentes níveis de lipídeos.	23

SOUZA, Fabricio Carneiro de. **NÍVEIS DE LIPÍDEOS NA ALIMENTAÇÃO DE ACARÁ DISCO**. 2020. 37p. Monografia (Graduação em Engenharia de Aquicultura) – Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados – MS.

RESUMO

O presente estudo foi conduzido para investigar os efeitos da inclusão de lipídeos na dieta de acará disco e seu efeito sobre o crescimento, metabolismo e resposta histopatológicas do intestino e fígado. Os peixes (peso inicial 2.15 ± 0.15 g, e comprimento inicial 3.81 ± 0.50 cm) foram alimentados por 60 dias com três dietas comerciais contendo 3%, 10% e 14% de lipídeos (LP). Os peixes (15 indivíduos por aquário) foram alocados em 12 aquários de vidro de 50 L, divididos em três tratamentos com quatro repetições. Os peixes alimentados com dietas com 10% LP apresentaram melhores taxas de eficiência proteica, e fator de condição três vezes maior que os demais tratamentos. A lipase digestiva mostrou-se responsiva até o nível de 10% LP. Associado a isso, houve aumento da atividade da fosfatase alcalina no trato digestório. Houve redução dos valores de albumina nos peixes alimentados com 14% LP. A morfometria das vilosidades intestinais revelaram que houve aumento dessa estrutura conforme aumentou o nível de lipídeos na dieta, sendo a maior altura observada para os peixes alimentados com 14% LP. Para este estudo o nível de lipídeo adequado para manter o desenvolvimento e à saúde de Acará Disco é de 10%.

Palavras-chave: Energia; Enzimas; *Symphysodon aequifasciatus*.

ABSTRACT

The present study was conducted to investigate the effects of the inclusion of lipids in the diet of discus and its effect on the growth, metabolism and histopathological response of the intestine and liver. The fish (initial weight 2.15 ± 0.15 g, and initial length 3.81 ± 0.50 cm) were fed for 60 days with three commercial diets containing 3%, 10% and 14% lipids (LP). The fish (15 individuals per aquarium) were placed in 12 50 L glass aquariums, divided into three treatments with four replications. Fish fed diets with 10% LP showed better protein efficiency rates, and a condition factor three times higher than other treatments. Digestive lipase proved to be responsive up to the level of 10% LP. Associated with this, there was an increase in the activity of alkaline phosphatase in the digestive tract. There was a reduction in albumin values in fish fed with 14% LP. The morphometry of the intestinal villi revealed that there was an increase in this structure as the level of lipids in the diet increased, with the highest height observed for fish fed with 14% LP. For this study, the adequate lipids level to maintain the development and health of Acará Disco is 10%.

Keywords: Energy; Enzymes; *Symphysodon aequifasciatus*.

1. INTRODUÇÃO

O acará disco (*Symphysodon aequifasciatus*) é um peixe economicamente importante e considerado mundialmente como o rei dos peixes de aquário, pelas suas características fenotípicas (LIVENGOOD, OHS; ELISA J. C. L, 2009). Embora o acará disco seja um peixe importante na aquariofilia, apenas informações limitadas sobre as necessidades nutricionais estão disponíveis, sendo as mais comuns sobre a exigência de proteína (CHONG *et al.*, 2000), uso de carotenoides (LIU *et al.*, 2016) e substituição da farinha de peixe (CHONG *et al.*, 2003).

O acará disco apresenta hábito alimentar carnívoro (SALES; JANSSENS, 2003), sendo sua exigência proteica próxima de 45% PB (CHONG *et al.*, 2000). O balanço adequado entre a proteína e energia é economicamente benéfico para o metabolismo dos peixes (DE ALMEIDA *et al.*, 2011). O efeito poupador de proteína, “protein sparing effect”, consiste na inclusão de fontes de energia não proteicas na dieta para fins energéticos, disponibilizando melhor a proteína para o crescimento (RAMÍREZ, 2005). O efeito poupador de proteína promove aumento da retenção de nitrogênio diminuindo os impactos ambientais (VELASCO-SANTAMARÍA; CORREDOR-SANTAMARÍA, 2011). No entanto, estudos demonstram que o uso indevido de lipídeos acarreta em síndromes metabólicas e danos hepáticos (PAULINO *et al.*, 2020; ZHOU *et al.*, 2020a) WELENGANE *et al.*, 2019).

As alterações observadas em peixes alimentados com dietas ricas em lipídeos estão acompanhadas por acúmulo de tecido adiposo abdominal (AKPINAR *et al.*, 2012; LU *et al.*, 2014). Em particular, em espécies carnívoras, dietas ricas em lipídeos tem demonstrado melhoras nos índices de crescimento (GUO *et al.*, 2019; LIN *et al.*, 2018).

Supõe-se que altos níveis de lipídeos na dieta afetem significativamente o estado fisiológico dos peixes, especialmente a função hepática (WEN *et al.*, 2017; ZHAO *et al.*, 2016; ZHOU *et al.*, 2020a). Estudos anteriores demonstram que o nível ideal de lipídeos em dietas para adequado crescimento está entre 12 e 17% para o acará disco (WANG, *et al.*, 2009) mas os resultados não demonstram as adaptações fisiológicas e histológicas digestivas e hepáticas e não foram demonstradas para esta espécie de peixe ornamental. O objetivo deste trabalho foi verificar os efeitos da inclusão de lipídios na dieta de acará disco sobre o crescimento, metabolismo e resposta histopatológicas do intestino e fígado.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 O mercado de peixes ornamentais

O setor de peixes ornamentais está em constante expansão, e é parte vital do comércio internacional de peixes (FAO, 2010), com uma comercialização que ultrapassou os US\$ 4,2 bilhões em 2017.

O Brasil é o 13º exportador mundial de peixes ornamentais, com uma receita de US\$ 6.570 milhões em exportações, onde 42% dos animais exportados vão para Ásia, 37% para a Europa e 20% são destinados à América (EMBRAPA, 2018).

Segundo o IBAMA (2006), a exportação brasileira de peixes ornamentais é constituída, principalmente, por espécies advindas do extrativismo em águas continentais e marinhas, sendo o cultivo dirigido apenas à produção de espécies alóctones de água doce, para atender o mercado interno.

A captura de peixes ornamentais de água doce ocorre principalmente na região amazônica, sobretudo nos estados do Amazonas e Pará, onde se concentram 88% das exportações de peixes ornamentais do país (SECEX, 2015). A pesca ornamental gera ocupação, para diversos pescadores artesanais que têm nessa atividade sua principal fonte de renda, assim como para atacadistas e varejistas, que estão diretamente inseridos na cadeia de comercialização do produto dessa pesca (ARAÚJO *et al.*, 2017).

No Brasil, a produção de peixes ornamentais ainda é pouco difundida, mas apresenta características que favorecem a geração de trabalho e renda para pequenos produtores, possibilitando o aproveitamento de pequenas áreas de terra e gerando produtos com alto valor comercial (KODAMA *et al.*, 2011). A escolha de espécies ornamentais com potencial para a aquicultura depende de uma série de fatores, tais como a demanda de mercado, valor de comercialização, aspectos zootécnicos e tecnologia de produção disponível (KODAMA *et al.*, 2011).

A produção de peixes ornamentais, quando comparada à coleta na natureza, apresenta características positivas, como adaptação dos peixes às condições de cativeiro, controle da produção e estabilidade de preços (TLUSTY, 2002), além de minimizar o impacto da pesca sobre espécies ameaçadas de extinção (ZUANON *et al.*, 2011).

Entretanto, o desenvolvimento de tecnologias de cultivo sustentáveis é fundamental, principalmente sob os aspectos econômico, social e ambiental (ZUANON *et al.*, 2011). Dando enfoque apenas ao aspecto econômico, é necessário o

estabelecimento dos índices zootécnicos e o desenvolvimento de dietas que atendam às exigências nutricionais para as diversas espécies de peixes ornamentais (ZUANON *et al.*, 2011).

2.2. Acará disco

Diferentemente da piscicultura ornamental marinha que é baseada no extrativismo, mais de 90% dos peixes comercializados na piscicultura ornamental continental são cultivados, podendo-se destacar os do gênero *Symphysodon ssp* (JATOBÁ *et al.*, 2012).

O acará disco, ou apenas disco, é um peixe ornamental estritamente nativo da região amazônica brasileira, capturado e comercializado no mercado interno e externo (GUIMARÃES, 2013). São peixes ornamentais populares, valorizados por suas cores vivas, formato incomum de disco e comportamento complexo em cativeiro (CRAMPTON, 2008).

Segundo SCHULTZ (1960) e BLEHER (2006a), cinco principais grupos fenotípicos são reconhecidos na literatura: (1) fenótipo verde - encontrado na bacia ocidental da Amazônia; (2) fenótipo azul - encontrado na Amazônia central; (3) fenótipo marrom - encontrado na bacia oriental da Amazônia; (4) fenótipo Heckel - encontrado nas bacias dos rios Negro e Trombetas; e (5) fenótipo abacaxi - encontrado no rio Abacaxis, um afluente do rio Madeira. Como diversos outros ciclídeos, os discos formam pares monogâmicos e realizam cuidado parental com os ovos e alevinos, além de produzirem secreção mucosa, que serve de alimento para as crias e possui papel fundamental em seu desenvolvimento inicial (GROSS, 2009). Em idade adulta, os discos apresentam, em média, 20 cm de comprimento, e não possuem dimorfismo sexual evidente (GROSS, 2009).

Podem manter-se em uma ampla faixa de dureza da água e valores de pH, sendo capazes de se adaptar a essas diferentes condições (BLEHER, 2006b). Habitam lagos, florestas alagadas e igarapés de águas calmas, com troncos, galhos e raízes submersas, e são os únicos ciclídeos neotropicais que formam agregações de mais de cem indivíduos durante os períodos de águas baixas (BLEHER, 2006a; GROSS, 2009).

Na aquariofilia, o cruzamento entre diferentes espécies/colorações de discos são empregados para obtenção de uma grande variedade de padrões de coloração, tonalidade, listras e manchas no corpo (GROSS, 2009). Segundo BLEHER (2006a),

esses indivíduos, chamados híbridos, podem alcançar alto valor comercial, e podem ser utilizados como matrizes para obtenção de novas variantes.

2.3. Nutrição de peixes ornamentais

Em condições naturais, os peixes conseguem regular e manter sua ingestão de alimentos, bem como atender às suas necessidades nutricionais, o que reduz a possibilidade de sofrer deficiências nutricionais; no entanto, esse problema pode ser observado quando os peixes estão sujeitos a condições de confinamento (LOVELL, 2000).

Ainda não se tem conhecimento das exigências nutricionais para a maioria das espécies de peixes ornamentais, e, portanto, parte-se do princípio de que esses animais necessitam de manejos alimentares e nutricionais semelhantes aos dos peixes de corte (CORREDOR-SANTAMARÍA; VELASCO-SANTAMARÍA, 2011; ZUANON *et al.*, 2011;). Entretanto, as informações limitadas sobre a digestibilidade dos nutrientes em peixes ornamentais aumentam os custos de manutenção e a poluição da água (SALES; JANSSENS, 2003).

As exigências nutricionais dos peixes ornamentais são basicamente as mesmas dos peixes de corte: energia, proteína, aminoácidos, ácidos graxos, vitaminas e minerais, acrescido dos carotenoides necessários para a pigmentação da pele (ZUANON *et al.*, 2011). Entretanto, os peixes ornamentais estão mais expostos a condições estressantes que os de corte, devido às peculiaridades de seu comércio (ZUANON *et al.*, 2011).

O manejo alimentar adotado garante a expressão do potencial de crescimento e reprodutivo dos animais (ZUANON *et al.*, 2011) e a adequada alimentação permite que os mesmos suportem condições adversas do meio, adquirindo maior resistência aos manejos de captura e transporte, minimizando as respostas de estresse, a instalação de doenças e as perdas por mortalidade (SALARO *et al.*, 2003).

Para a comercialização de peixes ornamentais, são necessários intensos manejos de captura, seguidos dos procedimentos de embalagem, transporte e alterações na qualidade de água decorrente de tais procedimentos (SALES; JANSSENS, 2003). Portanto, as exigências nutricionais por alguns nutrientes podem ser maiores para os peixes ornamentais, especialmente para ácidos graxos, vitaminas e minerais, ainda que se deva atribuir igual importância ao atendimento das demais exigências nutricionais dos peixes ornamentais (ZUANON *et al.*, 2011).

2.4. Exigências de lipídeos

As fontes energéticas na alimentação de peixes são indispensáveis para o adequado balanço com a proteína (KAMALAM *et al.*, 2017). Preferencialmente em ambientes naturais, há maior consumo de lipídeos devido ao hábito alimentar e à habilidade em digerir esta fonte de nutrientes (HANSON *et al.*, 1985; CRAMPTON *et al.*, 2008).

O lipídeo é uma importante fonte de energia e ácidos graxos, essencial para o crescimento e sobrevivência dos peixes (SALES; JANSSENS, 2003), além de apresentar maior valor calórico que os carboidratos e maior eficiência na economia de proteína (LIGAI *et al.*, 2018), por ser fonte imediata de energia (CAMPECHE *et al.*, 2018).

Segundo LING *et al.* (2006), o conteúdo lipídico muscular pode atuar como fonte lipídica no ovário, tornando-o um indicador útil do desempenho reprodutivo. E, um aumento nos níveis de lipídeo de uma dieta de 8% para 16%, com o mesmo nível de proteína, melhoraram o desempenho da espada (*trichiurus lepturus*) (LING *et al.*, 2006).

No mercado, encontram-se disponíveis para as indústrias de rações diversos produtos e subprodutos lipídicos que desempenham um papel essencial e dinâmico no crescimento e saúde, desenvolvimento neural, visual e reprodutivo (LIM; WEBSTER, 2001). Entretanto, o excesso de fontes energéticas na dieta prejudica a homeostase lipídica e leva ao acúmulo de lipídios no fígado de peixes de viveiro, seguidos de crescimento lento e baixa resistência a patógenos (LI *et al.*, 2016).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Animais

O experimento foi realizado na Piscicultura Cascavel - Cascavel/Paraná, Brasil, durante 60 dias. Os discos (*Symphysodon aequifasciatus*) foram aclimatados por 15 dias, com peso corporal inicial de $2,15 \pm 0,15$ g e comprimento corporal $3,81 \pm 0,50$ cm. Os peixes foram alocados aleatoriamente em 12 aquários de vidro de 50 L, com 15 indivíduos por aquário. Os aquários foram divididos em três grupos com quatro repetições para cada grupo. Durante o experimento de 60 dias, os discos foram alimentados *ad libitum* às 08:00, 11:00, 15:00 e 19:00. A temperatura da água foi mantida em $27,0 \pm 0,5$ °C, o pH manteve-se em 7,2 e oxigênio dissolvido em $5,4 \pm 0,42$ mg.l⁻¹. Os aquários eram abastecidos com fluxo constante de água com renovação total 20 vezes ao dia. No final do experimento, os peixes passaram 24 horas em jejum e depois foram coletados, pesados e medidos. Amostras de tecido corporal coletadas foram armazenadas a -80°C para posteriores análises. O ensaio foi aprovado pelo Comitê de Ética em Uso de Animais do Centro Universitário da Grande Dourados (protocolo número 003/14).

3.2. Dieta Experimental

Foram selecionadas três dietas comerciais da mesma empresa contendo distintos níveis de lipídeos, 3, 10 e 14%. A composição da dieta foi analisada como estabelecido pela Association of Official Analytical Chemists (A.O.A.C. 2000) (Tabela 1). O teor de umidade foi determinado submetendo as amostras a 105 °C em um forno até massa constante. O teor de proteína bruta foi determinado pelo método de Kjeldahl, onde o teor de nitrogênio obtido é multiplicado pelo fator 6,25. Os níveis de extrato etéreo foram determinados usando o aparelho de extração Soxhlet e éter de petróleo como solvente (por exemplo, 30 - 60 °C) e refluxo contínuo por 6 horas. A concentração de cinzas foi determinada incinerando a amostra em um mufla a 600 ° C até a massa constante ser obtida.

Tabela 1. Composição química das dietas experimentais.

Composição (%)	Dietas		
	3%	10%	14%
Matéria Seca	98,0	96,1	95,7
Proteína bruta	42,5	41,3	42,0
Lipídeo	3,1	9,8	13,6
Carboidrato*	49,9	43,6	38,6
Materia Mineral	2,5	1,4	1,6
Energia Bruta (Kcal.kg ⁻¹)**	4975,44	5151,37	5217,82

*carboidrato = matéria seca- (proteína - lipídeo bruto - fibra bruta - matéria mineral).

** Energia bruta = $\frac{P-P' \times 100}{\text{Peso da amostra em g}}$ onde, P= peso do balão; P'=peso do balão vazio.

3.3 Desempenho de crescimento

Após 60 dias, os peixes foram transferidos para um banho de benzocaína (100mg·L⁻¹) por 30 segundos (INOUE et al., 2003), medidos e ponderados. O crescimento foi medido como: 1) Ganho em peso (GP) = (peso corporal final - peso corporal inicial) peixe⁻¹; 2) Ganho em comprimento (GC) = (comprimento do corpo final - comprimento do corpo inicial) peixe⁻¹; 3) Taxa de crescimento específico (FCR) = (100 [(ln peso corporal final - ln peso corporal inicial) x número de dias experimentais⁻¹]); 4) Dieta consumida (DC) = consumo de ração (g) x dias⁻¹; 5) Taxa de conversão alimentar (FCR) = consumo de ração (g) x ganho em peso⁻¹ (g); 6) Razão de eficiência proteica (PER) = ganho em peso (g) x ingestão de proteína bruta (g)⁻¹. O fator de condição (K) do peixe foi calculado pelo método alométrico, a partir da expressão $K = W/L^b$, onde W representa a massa total, L o comprimento padrão dos indivíduos e b o coeficiente de regressão. Para estimar o valor do coeficiente b, foi ajustada uma única equação da razão peso-comprimento ($W = aL^b$), a partir do conjunto de todos os indivíduos coletados, utilizando o método dos mínimos quadrados aplicado aos dados convertidos em seus respectivos logaritmos naturais, conforme à metodologia sugerida por LIMA-JUNIOR et al. (2002).

Antes do ensaio de crescimento, um conjunto inicial de dez peixes foi amostrado para determinar a eficiência da retenção de nutrientes. Após o teste, nove peixes por tratamento (três por tanque) foram amostrados para determinar a eficiência da retenção de nutrientes. Os peixes foram secados a 65°C por 16h para determinação

de matéria seca e proteína bruta (A.O.A.C., 2000). A eficiência da retenção de nutrientes foi determinada da seguinte forma: Valor Produtivo da Proteína (PPV) = [(proteína corporal final x peso corporal final) - (proteína corporal inicial x peso corporal inicial)] x 100 x ingestão total de proteínas⁻¹ e Proporção de Proteína Bruta no ganho em peso (PPWG) = (proteína corporal final - proteína corporal inicial) x 100 x ganho em peso⁻¹.

3.4. Análise enzimática

Quinze peixes por tratamento (cinco por tanque) foram amostrados para determinar as enzimas, sendo elas: amilase, lipase, fosfatase alcalina e protease não específica. O trato digestivo e o fígado foram excisados. Os extratos para medir a atividade enzimática foram produzidos individualmente para cada peixe, totalizando 15 amostras por tratamento. Os homogenatos do intestino foram feitos em tampão fosfato Tris 0,02 M / 0,01 M pH 7,0, misturado com glicerol anidro v / v sob banho de gelo, com um homogeneizador Potter-Elvehjem. Os homogenatos foram centrifugados a 12.000 × g por 3 minutos e os sobrenadantes (homogenatos brutos) foram utilizados como fonte enzimática. As enzimas digestivas são: protease inespecífica, lipase, amilase e fosfatase alcalina.

A atividade proteolítica inespecífica foi testada com caseína a 1% como substrato (WALTER, 1984). Os valores de pH foram previamente otimizados para o intestino e Tris - HCl 0,1 M (pH 9,0) para o meio. As reações foram realizadas a 25 ° C por 1 h, interrompidas com TCA a 15%, e a densidade óptica do sobrenadante registrada a 280 nm contra a tirosina como padrão. Um controle livre de substrato e um controle livre de enzimas foram executados. A atividade específica foi expressa em micromole da proteína do substrato hidrolisado (U/mg de proteína).

A amilase foi testada de acordo com BERNFELD (1955) ligeiramente modificada. Resumidamente, as reações foram realizadas em tampão citrato/fosfato 0,2 M, pH 7,0, com solução de amido a 5% como substrato e NaCl a 0,5% como cofator. A quantidade de homogenatos bruto foi previamente ajustada. As reações foram realizadas a 25°C por 35 min e interrompidas pela adição de 5% de ZnSO₄ e 0,3 N Ba(OH)₂. O precipitado foi descartado após centrifugação a 1000×g por 3 minutos e o produto da reação foi lido em espectrofotômetro a 690 nm (PARK E JOHNSON, 1949).

A determinação da lipase foi adaptada de Albro et al. (1985). As reações foram incubadas com miristato de r-nitrofenil 0,4 mM em bicarbonato de amônio 24

mM (pH 7,8) com Triton X-100 a 0,5%. As reações de controle foram realizadas sem enzima e sem substrato. A reação foi parada por adição de NaOH a uma concentração final de 10 mM e a densidade óptica foi registrada a 405 nm por 30 min. Uma unidade foi definida como micromole de substrato hidrolisado por minuto e expresso por miligrama de proteína (U/mg de proteína).

Proteína: A proteína solúvel de homogenatos de tecidos foi determinada de acordo com o método de BREADFORD et al. (1976), usando albumina de soro bovino (Sigma) como padrão.

A fosfatase alcalina foi mensurada por métodos colorimétricos (fosfatase alcalina OSR6004), análise por espectrofotometria (espectrofotômetro semiautomático Bioplus S-200),

As subamostras do fígado foram homogeneizadas em tampão como descrito anteriormente. Os homogenatos foram centrifugados a 600g por 3 min, e os sobrenadantes centrifugados a 6000g por 8 min a 3°C. Os sobrenadantes resultantes foram utilizados como fonte de enzima bruta. Os ensaios do protocolo enzimático foram: ensaios de alanina aminotransferase (ALT) e aspartato aminotransferase (AST) foram do tipo ponto final, lidos a 430 nm seguindo o protocolo: ALAT - 222 mM de alanina ou ASAT - 44,4 mM de aspartato, 11,6 mM de a-cetoglutarato, 0,22 arseniato mM, fosfato piridoxal 0,27 mM e tampão fosfato pH 7,0 (REITMAN E FRANKEL, 1957).

3.5. Análise histopatológica intestinal

Após o julgamento, quinze peixes por tratamento (cinco por tanque) foram amostrados para determinar a análise histopatológica. Para a coleta intestinal foram selecionados do intestino anterior três peças de 1 cm, para posterior processamento. Os fragmentos intestinais foram imersos em solução de Bouin por 24 horas e subsequentemente lavados em álcool a 70%. Após a fixação, os fragmentos foram desidratados em soluções graduadas de etanol (70%, 80%, 90% e 100%), diafonizados e incorporados em parafina com polímero plástico. A microtomia foi realizada com o objetivo de obter lâminas com 5µm de espessura, coradas por hematoxilina-eosina (HE). A análise microscópica e a documentação do material foram realizadas utilizando um microscópio óptico (Olympus, BX41). O tamanho dos hepatócitos e a altura das vilosidades intestinais foram mensurados.

3.6. Procedimento estatístico

As análises estatísticas foram realizadas no software RStudio (versão 1.1.423 - © 2009-2018 RStudio, Inc.). A normalidade dos dados e a homogeneidade da variância dos parâmetros gastroprotetores e hepáticos foram verificadas pelo teste de Shapiro-Wilk, utilizando o software Bioestat (versão 5.0). Foi realizada uma análise de variância (ANOVA); e quando as diferenças foram significativas ($p < 0,05$), as médias foram comparadas pelo teste de Tukey. Os resultados foram expressos como média \pm desvio padrão (DP).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Resultados

Não houve diferença significativa nos parâmetros de ganho em peso, ganho em comprimento, conversão alimentar, taxa de crescimento específico e sobrevivência. Peixes alimentados com dietas com 10% de lipídeos (LP) apresentaram melhores taxa de eficiência proteica. A uniformidade do lote foi de 88,5% para os peixes alimentados com a dieta 10% de lipídeos e de 78,3 para os alimentados com 14% de lipídeos. O fator de condição foi três vezes maior para os peixes alimentados com 10% de lipídeos. (Tabela 2).

Tabela 2 – Índices de crescimento, fator de condição e homogeneidade de juvenis de acará disco alimentados com níveis crescentes de lipídeos.

Índices	Dietas		
	3%	10%	14%
GP (g·peixe ⁻¹)	1,97 ± 0,83	2,10 ± 0,51	2,07 ± 0,66
GC (cm·peixe ⁻¹)	0,40 ± 0,34	0,53 ± 0,19	0,42 ± 0,20
CA	1,05 ± 0,34	1,11 ± 0,21	1,11 ± 0,26
TEP (%)	1,21 ± 0,60 a	1,24 ± 0,33 a	0,90 ± 0,29 b
TCE (% dia ⁻¹)	2,97 ± 1,67	2,09 ± 0,74	2,36 ± 0,79
Sobrevivência (%)	84,10 ± 9,40	90,90 ± 4,50	88,60 ± 5,10
Fator de condição (K)	13 c	22,3 a	7,7 b
Homogeneidade (%)	80,6	88,8	78,3

GP: Ganho em peso; GC: Ganho em comprimento; CA: conversão alimentar; TEP: Taxa de eficiência proteica; TCE: Taxa de crescimento específico.

Medias seguidas de letras distintas reportam diferença estatística pelo teste de Tukey (p <0,05)

Com relação as enzimas digestivas, a amilase não apresentou diferença estatística entre os tratamentos. A protease se mostrou indutiva ao aumento de lipídeos na ração. Concomitantemente a lipase digestiva mostrou-se responsiva até o nível de 10% de lipídeos. Associado a isso houve aumento da atividade da fosfatase alcalina no trato digestório (Tabela 3).

Não foram observadas diferenças significativas na atividade da Alanina Aminotransferase e Aspartato, Aminotransferase. Houve diminuição dos valores de albumina nos peixes alimentados com a dieta 14% de lipídeos, mas não foram observados diferença significativas entre o nível de 3% de lipídeos e o 10% de lipídeos (Tabela 3).

Tabela 3 – Atividade das enzimas digestivas e enzimas do metabolismo hepático de juvenis de acará disco alimentados com níveis de lipídeos.

	Dietas		
	3%	10%	14%
Enzimas digestivas (UI/mg proteína)			
Protease não específica	34,3 ± 1,68	32,2 ± 1,70	34,9 ± 2,30
Lipase	94,9 ± 10,11 B	128,4 ± 11,18 A	127,7 ± 11,48 A
Amilase	1932,3 ± 306,67	1674,3 ± 402,76	1259,8 ± 203,50
Fosfatase Alcalina	258,4 ± 82,83 C	311,0 ± 62,95 B	478,5 ± 70,56 A
Enzimas metabólicas Hepáticas (UI/mg proteína)			
Alanina Aminotransferase	75 ± 6,9	73,98 ± 8,9	67,9 ± 17,5
Aspartato Aminotransferase	541 ± 67,7	421,8 ± 89,94	346,6 ± 17,5
Albumina (g.dl-1)	0,85 ± 0,1 A	0,75 ± 0,1 A	0,40 ± 0,1 B

Os valores representam a média (± DP). Médias seguidas de letras distintas reportam diferença estatística pelo teste de Tukey (p <0,05).

As avaliações morfométricas das vilosidades intestinais revelaram que houve aumento dessa estrutura conforme aumentou o nível de lipídeos na dieta, sendo a maior altura observada para os peixes alimentados com 14% de lipídeos (Figura 1). O tamanho do hepatócito não apresentou diferença significativa entre os tratamentos (Tabela 4)

Tabela 4 – Altura das vilosidades intestinais e tamanho do hepatócitos de acará disco alimentados com níveis de lipídeos.

Parâmetros	Dietas		
	3%	10%	14%
Altura das vilosidades (μm)	20,17 \pm 6,03b	26,08 \pm 6,41b	32,50 \pm 6,4a
Tamanho do hepatócito (μm)	121,43 \pm 28,69	187,50 \pm 33,47	146,17 \pm 36,93

Os valores representam a média (\pm DP). Médias seguidas de letras distintas reportam diferença estatística pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

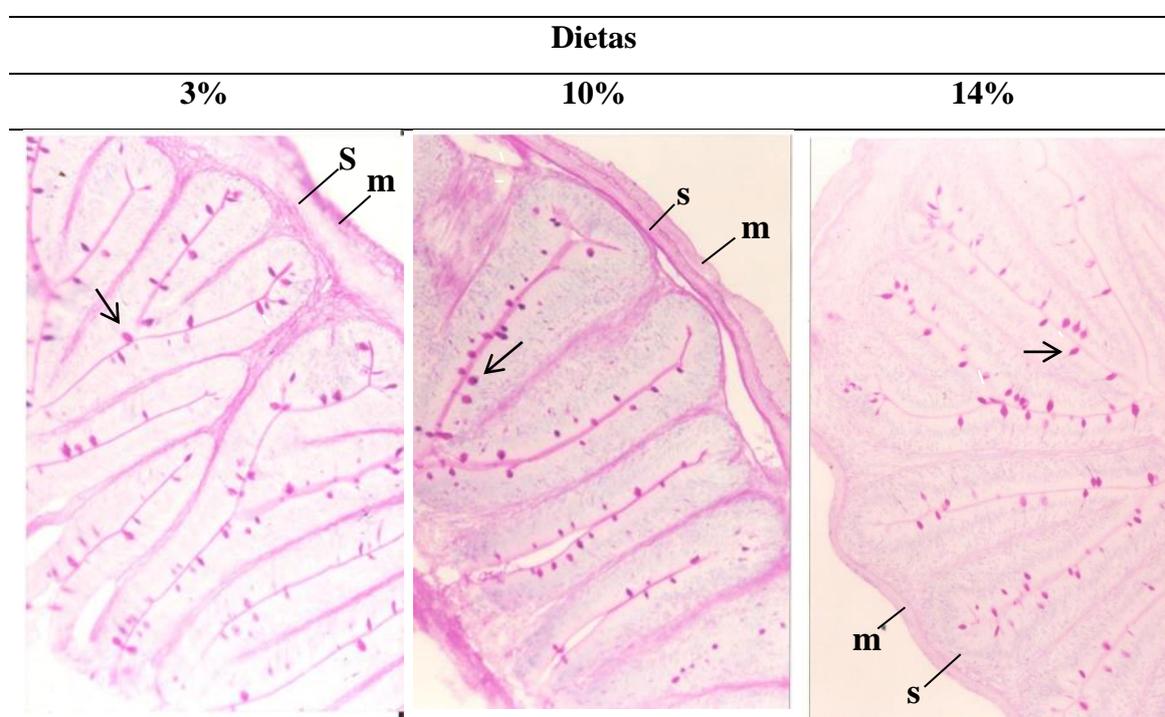


Figura 1 – Fotomicrografia do intestino posterior de acará disco mostrando células caliciformes (SETA), submucosa (s) e muscular (m), H/E. 200x; (D).

A histologia do fígado de peixes submetidos à dieta com 3% lipídeos mostrou tamanho reduzido dos hepatócitos com pequenos vacúolos lipídicos e menor espaço sinusoidal (Figura 2A). Os peixes alimentados com dieta 10% de lipídeos apresentaram hepatócitos com núcleo centralizado e arranjo cordonal (Figura 2B). Peixes alimentados com 14% lipídeos apresentaram hepatócitos vacuolizados com núcleo deslocado para a periferia da célula e aumento do espaço sinusoidal. Foi evidenciada necrose hepatocelular, esteatose com discreta reação inflamatória e fibrose septal (Figura 2C).

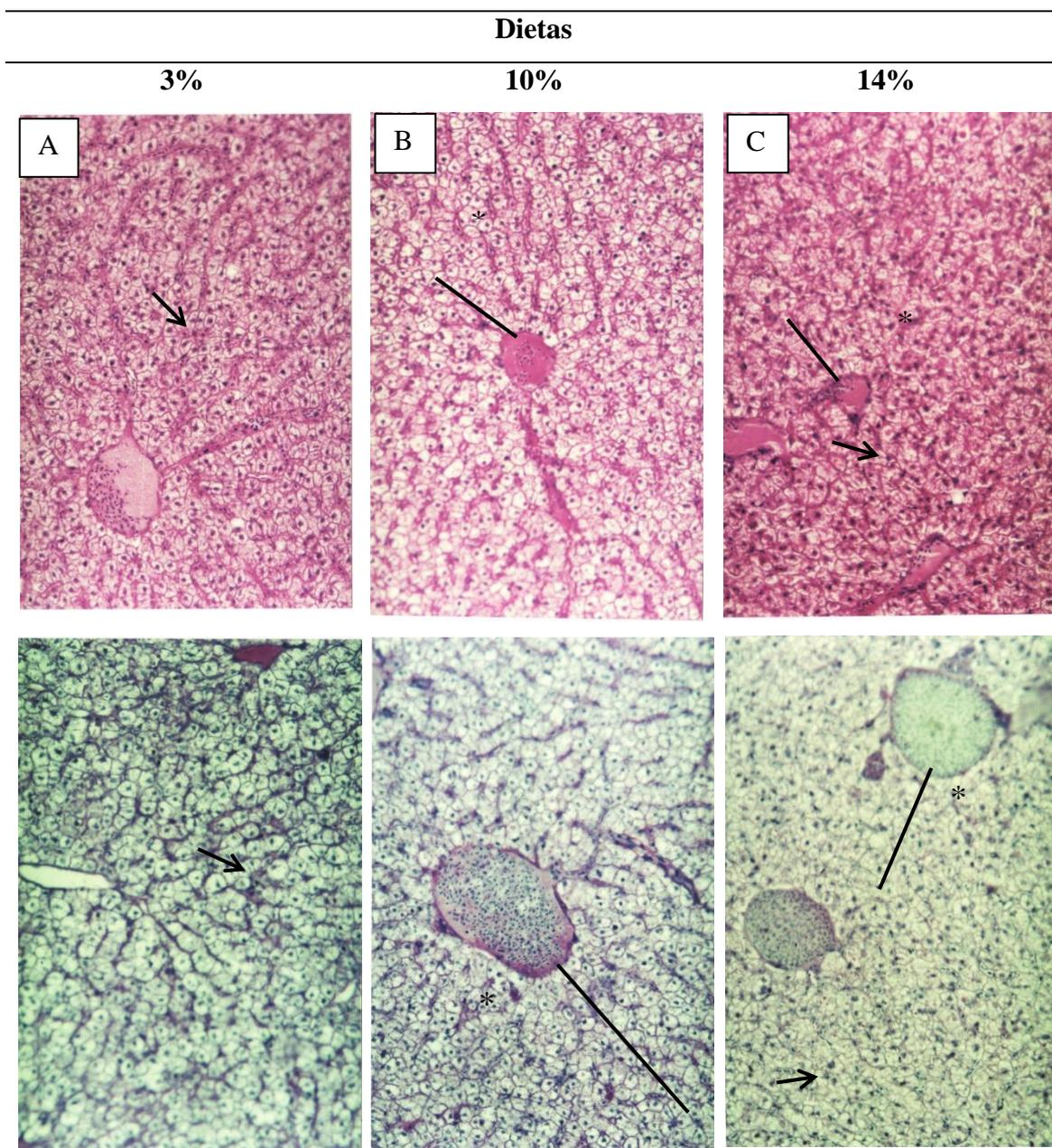


Figura 2 - Morfologia do fígado de acará disco submetida a diferentes dietas, 400x. O tratamento dietético contendo 3% de lipídeos mostrou vacúolo citoplasmático reduzido (ponta de seta); O 10% mostrou núcleo centralizado (*) e arquitetura cordonal (traço fino). O 14% lipídeo mostrou perda do arranjo cordonal das células hepáticas evidenciada (traço fino), deslocamento do núcleo para a periferia da célula (ponta de seta) e células vacuolizadas (*);

HE = hematoxilina-eosina; PAS = ácido periódico Schiff hematoxilina.

4.2 Discussões

Nos últimos anos, tem havido uma tendência de aumento de lipídeos na dieta em formulações comerciais de ração para peixes, com o objetivo de aumentar o efeito poupador de proteína e resultar em maiores índices de desenvolvimento e produtividade (LU *et al.*, 2014). O desenvolvimento dos peixes alimentados com dietas com alto conteúdo de lipídeo não é satisfatório (AKPINAR *et al.*, 2012; LIU *et al.*, 2019; LUO *et al.*, 2010).

No presente estudo, a TCE diminuiu significativamente com o aumento dos lipídios na dieta, podendo ser atribuído à diminuição do consumo devido os altos níveis de lipídios na dieta. Nossos resultados mostraram que a TEP dos peixes foi aumentada pelos níveis de lipídeos na dieta até a proporção de 10% , indicando que a proteína da dieta foi usada com mais eficiência para a síntese de proteínas em vez do consumo de energia em uma dieta rica em lipídios e confirmou um efeito poupador de proteína, porém a dieta com 14% de lipídeos ocorreu uma diminuição na TEP, sugerindo que o alto teor do lipídio na dieta pode influenciar o tempo de permanência do alimento no sistema gastrointestinal, corroborando com Honorato *et al.*, (2014a), que reportaram que o aumento de lipídio na dieta diminui o tempo de permanência do alimento no sistema gastrointestinal. Estes resultados são consistentes e respaldados para outras espécies de peixes *Larimichthys polyactis* (MA *et al.*, 2020), *Colossoma macropomum* (DE ALMEIDA *et al.*, 2011) e *Umbrina cirrosa* (AKPINAR *et al.*, 2012).

A atividade das enzimas digestivas é um aspecto importante para determinar a capacidade dos peixes em utilizar os nutrientes dietéticos. Neste estudo com acará disco, a atividade da lipase digestiva aumentou acentuadamente até o nível de 10 % LP, podendo ser atribuído a responsividade da lipase frente ao substrato específico (CAMILO *et al.*, 2020) estando de acordo com demais trabalhos com outras espécies de peixes (MA *et al.*, 2020). A atividade da amilase não foi afetada pelas variações na dieta, o que pode ser resposta do nível constante de carboidrato das dietas (TRENZADO *et al.*, 2018). A atividade da protease não foi alterada neste estudo o que demonstra que o conteúdo proteico foi digerido independente dos níveis de lipídeos. Alguns estudos demonstram que o aumento de lipídeos podem prejudicar a funções das proteases (LUO *et al.*, 2010; MA *et al.*, 2020; TRENZADO *et al.*, 2018). Ressalta-se que o aumento da atividade da fosfatase alcalina (FA) corresponde à uma maior absorção de nutrientes pelo trato digestório (BONVINI *et al.*, 2018; ÖNAL *et al.*, 2010). O aumento da atividade da FA intestinal durante o período máximo de alimentação foi reportado

em *Ciprinus carpio* (PENTTINEN;HOLOPAINE, 1992) e para tilápia (DO CARMO OTA *et al.*, 2019). Estudos revelam que esta enzima está envolvida na absorção de nutrientes tais como lipídeos, glicose, cálcio e fosfato inorgânico (TENGGAROEK *et al.*, 2000).

Estes resultados estão em consonância com os dados da histologia do trato digestivo. Ressalta-se que houve aumento da atividade fosfatase alcalina no trato digestório dos peixes alimentados com altos níveis de lipídeos na dieta, concomitante com a melhora na arquitetura das vilosidades intestinal (Tabela 4). A alteração na arquitetura do intestino como adaptação para melhorar a absorção de nutrientes foi reportada para tilápia do Nilo não suplementadas com levedura (HASSAAN *et al.*, 2018), e níveis de lipídeos na alimentação de *Oncorhynchus mykiss* (TRENZADO *et al.*, 2018).

No presente estudo não foram observados diferença das atividades de AST e ALT, o que demonstra que a relação entre proteína e lipídeos foram adequadas para esta espécie de peixe. O aumento da atividade desta enzima é indicativo de uso indevido da proteína para fins energéticos (MENG *et al.*, 2018), promovendo lesões hepáticas (MA *et al.*, 2020; RODRIGUES *et al.*, 2017). Os resultados de albumina demonstram diminuídas nos peixes alimentados com 14% lipídeo. A hipoalbuminemia tem estado diretamente associada com estado nutricional, mais precisamente com desnutrição protéico-calórica (DOS SANTOS *et al.*, 2004; PTERIDIUM *et al.*, 2020) e quando submetidos a intoxicação (MONTANHA; PIMPÃO, 2012).

No entanto, o uso de dietas de alta energia diretamente influencia a deposição de gordura no fígado, que, nos peixes, tem implicações para a saúde (LU *et al.*, 2014; PAULINO *et al.*, 2020; ZHOU *et al.*, 2020b, 2020a). O fígado cumpre inúmeras funções, algumas das quais estão relacionadas com metabolismo, desintoxicação, digestão e excreção (DO CARMO OTA *et al.*, 2019; HONORATO *et al.*, 2014b). O acúmulo de lipídios em longo prazo nos hepatócitos induz disfunção hepática, que se desenvolve em mudanças microscópicas e, eventualmente, lesões macroscópicas. No presente estudo, o exame ultra estrutural do fígado mostrou que o acúmulo excessivo de gordura no citoplasma foi geralmente acompanhado por atrofia nuclear (Figura 2C).

A localização do núcleo em um hepatócito é frequentemente mencionado ao descrever o acúmulo de gotículas de lipídeos (LU *et al.*, 2014). O acúmulo patológico de lipídeos é sugerido quando o núcleo não ocupa o centro da célula (HONORATO *et al.*, 2014c; HONORATO *et al.*, 2017). Além disso, o fígado gorduroso também está

intimamente relacionado com os baixos desempenhos zootécnicos. Apesar de o acará disco manter seus níveis de crescimento, as alterações nos níveis de albumina e as alterações hepáticas revelam que esta condição nutricional não poderia perdurar por longos períodos.

5. CONCLUSÃO

O acará disco demonstra uma plasticidade em adaptar seu perfil enzimático e morfológico do trato digestório frente a dietas com altos níveis de lipídeos, melhorando sua eficiência na utilização de proteínas alimentares.

O excesso de fontes energéticas na dieta prejudica a homeostase lipídica e leva ao acúmulo excessivo de lipídios no fígado. Portanto, o nível de lipídio adequado para manter o desenvolvimento de acará disco é de 10%.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AKPINAR, Z., *et al.* Effects of dietary lipid levels on growth, nutrient utilization, and nitrogen and carbon balances in shi drum (*Umbrina cirrosa* L.). **Aquac. Int.** **20**, 131–143, 2012. <https://doi.org/10.1007/s10499-011-9447-7>

ALBRO, P, W. *et al.* Activation of nonspecific lipase by bile salts. **Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Lipids and Lipid Metabolism**, v. 835, n. 3, p. 477-490, 1985. [https://doi.org/10.1016/0005-2760\(85\)90117-1](https://doi.org/10.1016/0005-2760(85)90117-1).

AOAC - Association of Official Analytical Chemists. Official methods of analysis of the Association of the Analytical Chemists. 17th ed. **Virginia**, 2000.

ARAÚJO, J. G.; SANTOS, M. A. S.; REBELLO, F. K.; ISAAC, V. J. Cadeia comercial de peixes ornamentais do Rio Xingu, Pará, Brasil. **Boletim do Instituto de Pesca**, v.43, n.2, p.297-307, 2017.

BERNFELD, P. Amylases, alpha and beta. **Methods in enzymology**, p. 149-158, 1955.

BLEHER, H. Bleher's discus. **Aquapress publishers**, Pávia, Itália, p. 671, 2006^a.

BLEHER, H. Natural habitats of discus & collecting. *In*: Bulla R (ed.). Definitive guide to discus. Miradolo Terme (Italy): **Aquapress**, v.1, p. 16–21, 2006b.

BONVINI, E. *et al.* Feeding European sea bass with increasing dietary fibre levels: Impact on growth, blood biochemistry, gut histology, gut evacuation. **Aquaculture** **494**, p. 1–9, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2018.05.017>

BREADFORD, M, M. *et al.* A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. **Analytical biochemistry**, v. 72, n. 1-2, p. 248-254, 1976. [https://doi.org/10.1016/0003-2697\(76\)90527-3](https://doi.org/10.1016/0003-2697(76)90527-3).

CAMPECHE, D, F, B. *et al.* Dietary protein:lipid ratio changes growth, digestive enzyme activity, metabolic profile and haematological parameters in hybrid surubim (*Pseudoplatystoma fasciatum* X *Leiarius marmoratus*). **Aquaculture Research**, v.49, n.7, p.2486-2494, 2018.

CHONG, A. *et al.* Assessme'nt of soybean meal in diets for discus (*Symphysodon aequifasciata* HECKEL) farming through a fishmeal replacement study. **Aquac. Res.** **34**, 913–922, 2003. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2109.2003.00945.x>

CHONG, A, S, C. *et al.* Dietary protein requirements for discus (*Symphysodon* spp.). **Aquac. Nutr.** **6**, 275–278, 2000. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2095.2000.00151.x>

CRAMPTON, W. G. R. Ecology and life history of an Amazon floodplain cichlid: the discus fish *Symphysodon* (Perciformes: Cichlidae). **Neotropical Ichthyology**, v.6, n.4, p.599-612, 2008.

DE ALMEIDA, L, C., *et al.* 2011. Growth and metabolic responses of tambaqui (*Colossoma macropomum*) fed different levels of protein and lipid. **Aquac. Nutr.** 2011. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2095.2010.00759.x>

DO CARMO OTA, E., *et al.* 2019. Hepatic and gastroprotective activity of *Serjania marginata* leaf aqueous extract in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Fish Physiol. Biochem**, 2019. <https://doi.org/10.1007/s10695-019-00622-9>

DOS SANTOS, N, S, J. *et al.* Serum albumin as nutritional marker of hemodialysis patients. **Rev. Nutr.** **17**, 339–349, 2004. <https://doi.org/10.1590/s1415-52732004000300007>

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. The ornamental fish trade. Production and commence of ornamental fish: technical-managerial and legislative aspects. **Globefish Research Programme**, v. 102, p. 134, 2010.

GROSS, M. C. **Citogenética comparativa das variedades selvagens de acará-disco (*Symphysodon* spp., Cichlidae, Perciformes) endêmicos da Amazônia: uma**

abordagem molecular dos cromossomos mitóticos e meióticos. 2009. 137f. Tese (Doutorado em Genética, Conservação e Biologia Evolutiva) – Universidade Federal do Amazonas – UFAM, Manaus, 2009.

GUIMARÃES, A. M. **Manual para Elaboração de um Projeto de empreendedorismo com estudo de viabilidade econômica, apresentando como exemplo um Projeto para a implantação de um cultivo de Acará disco (*Symphysodon spp.*) em residência urbana localizado na Barra da Lagoa, Florianópolis - SC.** 2013. 111f. Dissertação (Bacharelado em Engenharia de Aquicultura) – Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, Florianópolis, 2013.

GUO, J. *et al.* Effect of dietary lipid level on growth, lipid metabolism and oxidative status of largemouth bass, *Micropterus salmoides*. **Aquaculture** **506**, 394–400, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.04.007>

HANSON, D, C. Some theoretical considerations regarding the effects of steric hindrance and intrinsic global coupling on the flexibility of Fc-anchored immunoglobulins. **Molecular immunology**, v. 22, n. 3, p. 245-250, 1985.

HASSAN, A. *et al.* Triploidy induction by electric shock in red hybrid tilapia. **Aquaculture**, v. 495, p. 823-830, 2018.

HONORATO, C, A. *et al.* Histology liver in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fed diets with fish silage. **Pesqui. Vet. Bras.** 2014.

HONORATO, C, A. *et al.* Jatropha cake (*Jatropha curcas*): Hepatotoxic implications. **Brazilian J. Vet. Res. Anim. Sci**, 2017. <https://doi.org/10.11606/issn.1678-4456.bjvras.2017.79390>

HONORATO, C, A. *et al.* Níveis de proteína digestível para surubim (*Pseudoplatystoma sp.*) criados em tanque-rede. **Semin. Agrar.** 35, 2781–2792, 2014. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2014v35n5p2781>

IBAMA – **Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis**. Exploração de peixes ornamentais no Brasil com ênfase sobre a introdução de espécies exóticas. 2006. Disponível em: <http://www.mma.gov.br>>Acesso em: 16 jan. 2020.

INOUE, L. A. K. A. *et al.* Clove oil as anaesthetic for juveniles of matrinxã *Brycon cephalus* (Gunther, 1869). **Ciência Rural, Santa Maria**, v. 33, n. 5, p. 943-947, 2003.

JATOBÁ, A. *et al.* Isolamento e caracterização de bactérias hemolíticas de Acará Disco e Neon Arco-Íris. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 33, n. 2, p. 763-768, 2012.

KAMALAM, B. S. *et al.* Utilisation of dietary carbohydrates in farmed fishes: New insights on influencing factors, biological limitations and future strategies. **Aquaculture**, v. 467, p. 3-27, 2017.

KODAMA, G. *et al.* Viabilidade econômica do cultivo do peixe palhaço, *Amphiprion ocellaris*, em sistema de recirculação. **Boletim do Instituto de Pesca**, v.37, n.1, p.61-72, 2011.

LI, A. *et al.* Adaptations of lipid metabolism and food intake in response to low and high fat diets in juvenile grass carp (*Ctenopharyngodon idellus*). **Aquaculture**, v.457, n.1, p.43–49, 2016.

LIGAI, W. *et al.* Effect of Different Dietary Protein and Lipid Levels on the Growth, Body Composition, and Intestinal Digestive Enzyme Activities of Juvenile Yellow Drum *Nibea albiflora* (Richardson). **Journal of Ocean University of China**, v.17, n.5, p.1261-1267, 2018.

LIM, C.; WEBSTER, C, D. 2001. Nutritional and Fish Health. The Howorth Press, Inc, **Binghamton, New York**, 2001.

LIMA-JUNIOR S, E. *et al.* Determination of a method for calculation of Allometric Condition Factor of fish. *Acta Scientiarum: Biological and Health Sciences*, p. 397-400, 2002. <http://dx.doi.org/10.4025/actascibiolsci.v24i0.2311>.

LIN, S, M. *et al.* 2018. Effect of dietary phospholipid levels on growth, lipid metabolism, and antioxidative status of juvenile hybrid snakehead (*Channa argus*×*Channa maculata*). **Fish Physiol. Biochem.** 44, 401–410, 2018. <https://doi.org/10.1007/s10695-017-0443-3>

LING, S.; HASHIM, R.; KOLKOVSKI, S.; CHONG SHU-CHIEN, A.. Effect of varying dietary lipid and protein levels on growth and reproductive performance of female swordtails *Xiphophorus helleri* (Poeciliidae). **Aquaculture Research**, v.37, n.13, p.1267-1275, 2006.

LIU, H, P. *et al.* Effects of dietary vitamin C and vitamin E on the growth, antioxidant defence and digestive enzyme activities of juvenile discus fish (*Symphysodon haraldi*). **Aquac. Nutr.** 25, 176–183, 2019.

LIU, X. *et al.* Effect of carotenoids on body colour of discus fish (*Symphysodon aequifasciatus axelrodi* Schultz, 1960). **Aquac. Res.** 47, 1309–1314, 2016.

LIVENGOOD, E, J. *et al.* Candidate Species for Florida Aquaculture: *Discus Symphysodon* spp., a Profitable but Challenging Species for Florida Aquaculture. **Fisheries and Aquatic Sciences Department. The Institute of Food and Agricultural Sciences (IFAS) US**, p.1-8, 2009.

LIVENGOOD, Elisa J. C. L. Candidate Species for Florida Aquaculture : *Discus Symphysodon* spp ., a Profitable but Challenging Species for **Florida Aquaculture. Univ. Florida** 1–7, 2009.

LOVELL, R.T. Nutrition of ornamental fish. **Kirk's current veterinary therapy XIII: small animal practice**, p.1191-1196, 2000.

LU, K. *et al.* Hepatic β -oxidation and regulation of carnitine palmitoyltransferase (CPT) I in blunt snout bream *Megalobrama amblycephala* fed a high fat diet. **PLoS One** 9, 2014. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0093135>

LUO, G. *et al.* 2010. Effects of dietary lipid levels on the growth, digestive enzyme, feed utilization and fatty acid composition of Japanese sea bass (*Lateolabrax japonicus* L.) reared in freshwater. **Aquac. Res.** 41, 210–219, 2010. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2009.02319.x>

MA, *et al.* ., Dietary protein and lipid levels affect the growth performance, intestinal digestive enzyme activities and related genes expression of juvenile small yellow croaker (*Larimichthys polyactis*). **Aquac. Reports** 17, 100403, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2020.100403>

MENG, X.L., Li, S., Qin, C. Bin, Zhu, Z.X., Hu, W.P., Yang, L.P., Lu, R.H., Li, W.J., Nie, G.X., 2018. Intestinal microbiota and lipid metabolism responses in the common carp (*Cyprinus carpio* L.) following copper exposure. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 160, 257–264. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2018.05.050>

MONTANHA, F.P., Pimpão, C.T., 2012. Efeitos toxicológicos de piretróides (cipermetrina e deltametrina) em peixes. **Rev. Científica Eletrônica Med. Veterinária** 9, 58.

ÖNAL, U., Çelik, I., Çirik, Ş., 2010. Histological development of digestive tract in discus, *Symphysodon* spp. larvae. **Aquac. Int.** 18, 589–601. <https://doi.org/10.1007/s10499-009-9278-y>

PARK, James T.; JOHNSON, Marvin J. Accumulation of labile phosphate in *Staphylococcus aureus* grown in the presence of penicillin. **Journal of Biological Chemistry**, v. 179, n. 2, p. 585-592, 1949.

PAULINO, R.R., Fortes-Silva, R., Prieto-Guevara, M.J., Rodrigues, E.J.D., Costa, L.S., Alves, A.P. do C., Oliva Teles, A., Rosa, P.V., 2020. Dietary lipid level and source affect metabolic responses in hybrid catfish (*Pseudoplatystoma reticulatum* × *Leiarius marmoratus*). **Aquac. Res.** 51, 1567–1583. <https://doi.org/10.1111/are.14504>

PENTTINEN, O-P, Holopainen, I.J., 1992. Seasonal feeding activity and ontogenetic dietary shifts in crucian carp, *Carassius carassius*. **Environ. Biol. Fish.**, 33, 215-221. <https://doi.org/10.1007/BF00002566>.

PTERIDIUM, B., Doutor, P., Universit, C., E-mail, M.-U., Federal, U., E-mail, M.G.-U., 2020. 2 * 90–107.

RAMÍREZ, A. P. 2005. Utilização de carboidratos digestíveis em dietas para pacu, *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg, 1887). Tese (Doutorado), **Centro de Aquicultura, Universidade Estadual Paulista**, Jaboticabal, Brasil.

REITMAN S, Frankel S, 1957. A colorimetric method for determination of serum glutamic oxaloacetic and glutamic pyruvic transaminase. *Am. J. Clin. Pathol.*, v.28, p56,. <https://doi.org/10.1093/ajcp/28.1.56>.

RODRIGUES, R.A., Saturnino, K.C., Fernandes, C.E., 2017. Liver histology and histomorphometry in hybrid sorubim (*Pseudoplatystoma reticulatum* × *Pseudoplatystoma corruscans*) reared on intensive fish farming. **Aquac. Res.** 48, 5083–5093. <https://doi.org/10.1111/are.13325>

SALARO, A.L.; SOUTO, E.F.; SAKABE, R. Manejo de viveiros. Brasília: **SENAR**, 2003. 96p.

SALES, J. & JANSSENS, G.P.J. Nutrient requirements of ornamental fish. **Aquatic Living Resources**, v.16, n.1, p.533-540, 2003.

SALES, J., Janssens, G.P.J., 2003. Nutrient requirements of ornamental fish. **Aquat. Living Resour.** 16, 533–540. <https://doi.org/10.1016/j.aquativ.2003.06.001>

SANTOS, Elisângela. Brasil é 13º na exportação de peixes ornamentais. Embrapa, 2018. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/37829679/brasil-e-13-na-exportacao-de-peixes-ornamentais>>. Acesso em: 16 agosto de 2020.

SCHULTZ, L.P. A review of the pompadour or discus fishes, genus *Symphysodon* of South America, **Tropical Fish Hobbyist**, v. 8, p.5-17, 1960.

SECEX – SISTEMA DE ANÁLISE DE INFORMAÇÕES DO COMÉRCIO EXTERIOR, 2016 – ALICEWEB. Disponível em: <http://www.aliceweb.gov.br> Acesso em: 15 jan. 2020.

TENGJAROENKUL, B., Smith, B.J., Caceci, T., Smith, S.A., 2000. Distribution of intestinal enzyme activities along the intestinal tract of cultured Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* L. **Aquaculture** 182, 317–327. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(99\)00270-7](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(99)00270-7)

TLUSTY, Michael. The benefits and risks of aquacultural production for the aquarium trade. **Aquaculture**, v. 205, n. 3-4, p. 203-219, 2002.

TRENZADO, C.E., Carmona, R., Merino, R., García-Gallego, M., Furné, M., Domezain, A., Sanz, A., 2018. Effect of dietary lipid content and stocking density on digestive enzymes profile and intestinal histology of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Aquaculture** 497, 10–16. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2018.07.031>

VELASCO-SANTAMARÍA, Y. & CORREDOR-SANTAMARÍA, W. Nutritional requirements of freshwater ornamental fish: a review. **Revista MVZ Córdoba**, v.16, n.2, p.2458-2469, 2011.

VELASCO-SANTAMARÍA, Y., Corredor-Santamaría, W., 2011. Nutritional requirements of freshwater ornamental fish: A review. **Rev. MVZ Cordoba** 16, 2458–2469. <https://doi.org/10.21897/rmvz.283>

WALTER, H. E. Proteinases: methods with hemoglobin, casein and azocoll as substrates. In: Bergmeyer, H. U. (Ed). *Methods of enzymatic analysis*. Verlag Chemie, Weinheim. v. 5, p. 270-277, 1984.

WANG, Yan-ping., G.J.Y., n.d. The effect of dietary fat levels on growth and digestibility in juvenile discus *Symphysodon aequifasciata*.pdf.

WELENGANE, E., Sado, R.Y., Bicudo, Á.J. de A., 2019. Protein-sparing effect by dietary lipid increase in juveniles of the hybrid fish tambatinga (♀*Colossoma macropomum* × ♂*Piaractus brachypomus*). **Aquac. Nutr.** 25, 1272–1280. <https://doi.org/10.1111/anu.12941>

WEN, B., Jin, S.R., Chen, Z.Z., Gao, J.Z., Wang, L., Liu, Y., Liu, H.P., 2017. Plasticity of energy reserves and metabolic performance of discus fish (*Symphysodon aequifasciatus*) exposed to low-temperature stress. **Aquaculture** 481, 169–176. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2017.09.002>

ZHAO, P.F., Li, F.J., Chen, X.R., Chen, Y.J., Lin, S.M., Zhang, L., Li, Y., 2016. Dietary lipid concentrations influence growth, liver oxidative stress, and serum metabolites of juvenile hybrid snakehead (*Channa argus* × *Channa maculata*). **Aquac. Int.** 24, 1353–1364. <https://doi.org/10.1007/s10499-016-9993-0>

ZHOU, Y.L., Guo, J.L., Tang, R.J., Ma, H.J., Chen, Y.J., Lin, S.M., 2020a. High dietary lipid level alters the growth, hepatic metabolism enzyme, and anti-oxidative capacity in juvenile largemouth bass *Micropterus salmoides*. *Fish Physiol. Biochem.* 46, 125–134. <https://doi.org/10.1007/s10695-019-00705-7>

ZHOU, Y.L., Guo, J.L., Tang, R.J., Ma, H.J., Chen, Y.J., Lin, S.M., 2020b. High dietary lipid level alters the growth, hepatic metabolism enzyme, and anti-oxidative capacity in juvenile largemouth bass *Micropterus salmoides*. **Fish Physiol. Biochem.** 46, 125–134. <https://doi.org/10.1007/s10695-019-00705-7>

ZUANON, J. A. S.; SALARO, A. L.; FURUYA, W. M. Produção e nutrição de peixes ornamentais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.1, p.165-174, 2011.