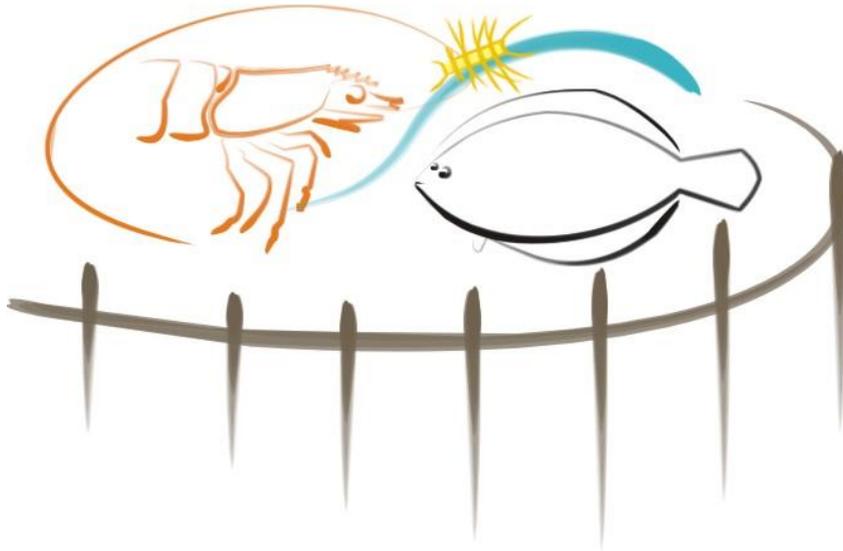


UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE
INSTITUTO DE OCEANOGRAFIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AQUICULTURA



Níveis de energia digestível e proteína bruta em rações para juvenis de
Leporinus macrocephalus (Garavello & Britski, 1988).

DANIEL DE SÁ BRITTO PINTO

RIO GRANDE, RS

2015

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE
INSTITUTO DE OCEANOGRAFIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AQUICULTURA

Níveis de energia digestível e proteína bruta em rações para juvenis de
Leporinus macrocephalus (Garavello & Britski, 1988).

DANIEL DE SÁ BRITTO PINTO

ORIENTADOR: PROF. DR. MARIO ROBERTO CHIM FIGUEIREDO

Dissertação apresentada como parte dos requisitos para a obtenção do grau de mestre em Aquicultura no Programa de Pós Graduação em Aquicultura da Universidade Federal do Rio Grande.

RIO GRANDE, RS

JULHO DE 2015

Índice

Agradecimentos.....	3
Resumo.....	4
Abstract	7
1. Introdução geral.....	9
1.1 Aquicultura no Brasil	9
1.2 A espécie <i>Leporinus Macrocephalus</i>	10
1.3 Relação energia / proteína (ED/PB)	12
1.4 Avaliação dos efeitos de uma dieta para peixes	14
1.4.1 Desempenho zootécnico.....	14
1.4.2 Parâmetros sanguíneos	15
1.4.3 Composição Corporal.....	16
1.4.4 Excreção de amônia	17
2. Objetivos	18
2.1 Objetivos Específicos:.....	18
3. Referências Bibliográficas	20
4. Capítulo I.....	29
5. Conclusões Gerais	60

Agradecimentos

A Deus, pela vida, saúde, força e determinação para encarar os desafios sempre com alegria e coragem.

Aos meus pais Carla e Jurandir, e demais familiares pelo amor, incentivo e compreensão.

A minha noiva Rafaele, pelo apoio carinho e incentivo em todas as etapas enfrentadas durante este período e por todas que virão.

Ao professor Mario Chim (orientador), pela amizade, orientação, auxílio, dedicação e ensinamentos.

Aos amigos do Laboratório de aquicultura continental: (Baiano, Gio, Lucão, Lilian, Diogão e o “estagiário” Iuri) pela amizade, convivência, ajuda na preparação das instalações, condução deste trabalho; (Aldemar e Claudinha) pela presença no dia-dia, a água quente para o chimarrão e o café forte e sem açúcar) e ao Professor Luciano pela amizade, incentivo, conselhos e ensinamentos e aos demais amigos pelo apoio e incentivo.

Ao pessoal do Laboratório de tecnologia de alimentos e do Laboratório de Cianobactérias e ficotoxinas por me ajudarem com as análises e interpretação dos resultados.

Ao corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Aquicultura - FURG pela contribuição na minha formação.

Obrigado! Que um dia eu possa retribuir.

Resumo

Este estudo avaliou os efeitos de rações formuladas com diferentes níveis de energia digestível e proteína bruta, mantendo-se a relação de energia:proteína em 10 kcal de energia digestível : g proteína bruta, sobre o desempenho zootécnico, composição proximal, taxa de

excreção de amônia e variáveis hematológicas de juvenis de Piavuçu *Leporinus macrocephalus* (Garavello & Britski, 1988). Foram utilizados 180 juvenis de piavuçu ($22,23 \pm 0,31$ g) distribuídos em 12 tanques, em dois sistemas de recirculação (15 animais por tanque). Os animais foram alimentados com 4 diferentes rações definidas pela relação energia digestível (ED): proteína bruta (PB), como segue: $2300 \text{ kcal ED kg}^{-1}$: 230 g PB kg^{-1} , $2800 \text{ kcal ED kg}^{-1}$: 280 g PB kg^{-1} , $3300 \text{ kcal ED kg}^{-1}$: 330 g PB kg^{-1} e $3800 \text{ kcal ED kg}^{-1}$: 380 g PB kg^{-1} . O experimento durou 60 dias e o arraçoamento foi realizado 2 vezes ao dia (9 e 16h). Para a obtenção dos dados de desempenho zootécnico, todos os animais foram anestesiados com cloridrato de benzocaína (50 ppm) e submetidos à biometria nos tempos 0, 30 e 60 dias. Para as demais coletas realizadas ao final do experimento , 9 animais de cada tratamento (3 animais por repetição) foram utilizados para coleta de sangue. Logo após os animais foram eutanasiados com Cloridrato de benzocaína (250 ppm), seguido de secção da medula, para a realização da coleta de tecidos (fígado, músculo e carcaça). As amostras de tecidos foram utilizadas para a análise de glicogênio no fígado e no músculo, composição proximal das carcaças e o sangue para determinação dos parâmetros bioquímicos resultantes dos diferentes tratamentos alimentares. Para a determinação da taxa de excreção de amônia, 9 peixes por tratamento foram distribuídos, individualmente, em aquários de 6L de água. A taxa de excreção de amônia foi estimada a cada 2 h durante as 12 primeiras horas e a cada 4 h nas 12 horas restantes. Foi estimada também a taxa de excreção basal dos animais, submetidos a um jejum de 24 h. O desempenho zootécnico dos animais alimentados com as rações $3300 \text{ kcal ED kg}^{-1}$: 330 g PB kg^{-1} e $3800 \text{ kcal ED kg}^{-1}$: 380 g PB kg^{-1} foi significativamente superior aos demais tratamentos. A deposição de glicogênio no fígado foi significativamente maior nos animais alimentados com a ração contendo $3800 \text{ kcal ED kg}^{-1}$: 380 g PB kg^{-1} , enquanto que a deposição de glicogênio no músculo foi significativamente maior nos animais que foram alimentados com a ração $2300 \text{ kcal ED kg}^{-1}$: 230 g PB kg^{-1} . O teor de cinzas e a

umidade foram significativamente menores enquanto que a deposição de lipídios na carcaça foi significativamente maior nos animais alimentados com a ração 3800 kcal ED kg⁻¹: 380 g PB kg⁻¹. A deposição de proteína na carcaça foi significativamente menor nos animais alimentados com a ração contendo 2300 kcal ED kg⁻¹: 230 g PB kg⁻¹. A taxa de excreção de amônia foi significativamente superior em todos os animais alimentados quando comparados ao metabolismo basal, sendo superior nos animais alimentados com as rações 3300 kcal ED kg⁻¹: 330 g PB kg⁻¹ e 3800 kcal ED kg⁻¹: 380 g PB kg⁻¹. Os resultados demonstraram que rações formuladas com níveis a partir de 3300 kcal ED e 330 g PB por kg de ração propiciam efeito positivo no desempenho de juvenis de piavuçu.

Palavras chave: composição proximal, crescimento, ganho de peso, peixe, dietas.

Abstract

This study evaluated the effects of diets with different levels of digestible energy and crude protein, maintaining the energy: protein ratio in 10 kcal of digestible energy: g crude protein on the growth performance, proximal composition, ammonia excretion rate and hematological variables of the juveniles piavuçu *Leporinus macrocephalus* (Garavello & Britski, 1988). We used 180 juvenile piavuçu (22.23 ± 0.31 g) distributed in 12 tanks in recirculation system (15 fish per tank). The animals were fed four different diets defined by the ratio of digestible energy (DE): crude protein (CP), as follows: 2300 kcal ED kg⁻¹ : 230 g PB kg⁻¹, 2800 kcal ED kg⁻¹ : 280 g PB kg⁻¹, 3300 kcal ED kg⁻¹ : 330 g PB kg⁻¹ e 3800 kcal ED kg⁻¹ : 380 g PB kg⁻¹. The experiment lasted 60 days and the feeding was done twice a day (9 and 16 h). To obtain the data of growth performance, all fish were anaesthetized with benzocaine hydrochloride (50 ppm) and underwent biometrics at 0, 30 and 60 days. To collect other data, nine fish of each treatment (three fish per replicate) were used for blood collection. After the animals were euthanized with benzocaine hydrochloride (250 ppm), followed by the cord section, for sampling tissues (liver, muscle and carcass). Tissue samples were used for analysis of glycogen in the liver and muscle and proximal composition of carcasses. Blood was used to determine the biochemical parameters resulting from different dietary treatments. For the determination of ammonia excretion rate, 9 fish per treatment were distributed individually in aquariums 6L of water. The ammonia excretion rate was estimated every 2 h during the first 12 hours and after 4 h the remaining 12 hours. It was also estimated the basal excretion rate of animals, fasted 24 hr. The growth performance of fish fed diets 3300 kcal ED kg⁻¹ : 330 g PB kg⁻¹ e 3800 kcal ED kg⁻¹ : 380 g PB kg⁻¹ was significantly higher than the other treatments. The deposition of glycogen in liver was higher in animals fed with 3800 kcal ED kg⁻¹ : 380 g PB kg⁻¹ while the deposition of glycogen in muscle was higher in the animals fed with 2300 kcal ED kg⁻¹ : 230 g PB kg⁻¹. The ash content and moisture were significantly lower while the

deposition of lipids in the carcass was significantly higher in animals fed the diet 3800 kcal ED kg⁻¹: 380 g PB kg⁻¹. The deposition of protein in carcass was significantly lower in the animals fed the diet containing 2300 kcal ED kg⁻¹: 230 g PB kg⁻¹. The ammonia excretion rate was significantly higher in all animals fed when compared to basal metabolism, being higher in animals fed diets 3300 kcal ED kg⁻¹: 330 g PB kg⁻¹ and e 3800 kcal ED kg⁻¹: 380 g PB kg⁻¹. The results showed that diets with levels of 3800 kcal ED and 380 g PB 3800 kcal DE of diet provide positive effect over the growth performance of juvenile piavuçu.

Keywords: diets, fish, growth performance, proximal composition, weight gain.

1. Introdução geral

1.1 Aquicultura no Brasil

As atividades relacionadas à aquicultura no Brasil apresentam-se em constante crescimento anual. Segundo o 1º Anuário Brasileiro da Pesca e Aquicultura (ACEB, 2014) o país apresenta uma grande porção de terras disponíveis, clima favorável, um mercado interno crescente e também conta com uma grande diversidade de espécies de organismos aquáticos que podem ser criados em cativeiro. Estes fatores indicam que a produção de peixes pode ser aumentada, porém há a necessidade de maiores investimentos para o desenvolvimento de pacotes tecnológicos direcionados às espécies e também às diferentes regiões de criação (Ostrensky *et al.*, 2008). Segundo o Ministério da Pesca e Aquicultura (MPA, 2011), o Brasil possui condições extremamente favoráveis para incrementar a sua produção aquícola. Existem mais de 5,5 milhões de hectares de lâmina d'água em reservatórios de usinas hidrelétricas e propriedades particulares no interior do país, além de mais de 8 mil km de costa litorânea. De acordo com a Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO, 2012), o Brasil poderá se tornar um dos maiores produtores de pescado do mundo até 2030, ano em que a produção nacional terá condições de atingir 20 milhões de toneladas (MPA, 2011). De acordo com a FAO (2014), em 2012 o Brasil produziu 611 mil toneladas de pescado em cativeiro, complementando a produção de pescado proveniente da captura, que alcançou 843 mil toneladas (FishStat-dataset/FAO, 2014). Parte desta produção, em torno de 266 mil toneladas, foram provenientes da captura em águas interiores, o que totalizou 1.454 milhões de toneladas de pescado. A Pesquisa da Pecuária Municipal (PPM), realizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2013) incluiu, pela primeira vez, dados provenientes de atividades da aquicultura brasileira, e divulgou que em todas as 27 Unidades da Federação e em 2.618 municípios foram apresentadas informações sobre algum dos

produtos da aquicultura. Os dados revelaram que a criação de peixes representou 66,1% do valor total de produção que foi estimado em R\$ 3,055 bilhões, provenientes de todos os produtos investigados, sendo produzidas diferentes espécies de peixes (IBGE, 2013).

Na escolha de uma espécie para piscicultura, para que sua produção seja economicamente vantajosa, devem-se considerar fatores como potencial natural de crescimento, qualidade e rendimento de filé (sem a presença de espinhos em forma de “Y”), aceitação no mercado, entre outros (Hilsdorf & Orfão, 2011). Por outro lado, é necessário conhecer os hábitos alimentares dos peixes criados, para a adequação da ração a ser fornecida (Hertrampf & Piedad-Pascual, 2003) e para atender as necessidades nutricionais da espécie escolhida.

1.2 A espécie *Leporinus Macrocephalus*

Dentre as diversas espécies nativas de peixes de água doce com potencial para intensificação da produção no Brasil (Baldisseroto & Gomes, 2005) destacam-se os animais pertencentes à família *Anastomidae*, do gênero *Leporinus*, que apresentam uma ampla distribuição na América Central e do Sul, compreendendo 87 espécies (Nelson, 2006). A estimativa de produção deste gênero em 2013 foi de 3.793 toneladas (ton), sendo destacadas as espécies: *Leporinus friderici* - piau, *Leporinus elongatus* - piapara, *Leporinus macrocephalus* - piavuçu e *Leporinus obtusidens*- piava (IBGE, 2013).

O Piavuçu *Leporinus macrocephalus* (Figura 1), proveniente da bacia do rio Paraguai (Garavello, 1979; Garavello e Britski, 1988), é conhecido por diversos nomes vulgares: Piavuçu, Piavussu, Piau-açu ou Piauçu. É muito apreciado na pesca esportiva (Soares *et al.*, 2000, Rodrigues *et al.*, 2006), o que lhe conferiu uma maior importância econômica no Pantanal mato-grossense, onde esta atividade é constantemente praticada (Rodrigues *et al.*,

2006). Destaca-se dentro do gênero *Leporinus* por apresentar maior porte, possuindo um corpo alongado e fusiforme, crescimento rápido nas fases iniciais (Garavello e Britski, 1988), apresentando bons índices zootécnicos e rusticidade ao manejo (Feiden *et al.*, 2009). Assim, é considerada uma espécie com grande potencial para a piscicultura comercial (Soares *et al.*, 2000), podendo atingir até 7,5 kg de peso (Silva, 1988).



Figura 1: Piavuçu *Leporinus macrocephalus* (Arquivo pessoal)

Devido à diversidade e à sazonalidade dos ambientes onde se encontra, dispõe de uma alimentação diversificada e variável, incluindo vegetais e sementes como componentes frequentes (Navarro *et al.*, 2007). A partir disso, na composição de sua dieta, podem ser utilizados uma grande diversidade de alimentos devido ao seu hábito alimentar onívoro (Garavello & Britski, 1988), o que lhe confere uma grande capacidade de metabolizar proteína e energia de origem vegetal, desde a fase pós-larval (Navarro *et al.*, 2006; Rodrigues *et al.*, 2006), fator de grande importância econômica para sua criação em sistemas intensivos. Desta forma, é possível alimentar o piavuçu com rações para peixes tropicais onívoros, contendo soja e milho como base da sua composição (Gonçalves & Furuya, 2004).

Para aproveitar o potencial do piavuçu de forma racional na piscicultura, é necessário o conhecimento dos aspectos biológicos e produtivos, principalmente quanto às exigências nutricionais e ao valor biológico dos alimentos, para que sejam formuladas rações que proporcionem bom desempenho a estes animais (Boscolo *et al.* 2005). A seletividade e hábito

alimentar de pós-larvas de piavuçu foram observados por Ribeiro *et al.* (2001) que constataram que a espécie possui o hábito alimentar onívoro com comportamento alimentar diurno e na ausência de rações artificiais tem preferência por zooplâncton. De acordo com Jomori *et al.* (2013), as larvas de Piavuçu são tolerantes a salinidade de 2 a 4, podendo se utilizar náuplios de *Artemia* como alimento vivo na fase larval, resultando em otimização do potencial de crescimento.

A anatomia do tubo digestório do piavuçu em relação ao seu hábito alimentar foi analisada por Rodrigues *et al.* (2008), e comprovaram que possuem capacidade funcional para digerir alimentos de origem vegetal e animal. Devido ao alto custo da farinha de peixe no mercado brasileiro, o que eleva o custo das rações e conseqüentemente o custo de produção, outros alimentos, de origem vegetal e animal têm sido testadas para substituir parcial ou totalmente este insumo na composição das rações comerciais (Furuya, 2010). Entretanto, de acordo com Craig & Helfrich (2002), as rações para peixes, confeccionadas a partir de alimentos de origem animal, podem apresentar maior valor biológico, se comparadas às de origem vegetal, devido à qualidade e ao balanço dos aminoácidos que a compõem.

1.3 Relação energia / proteína (ED/PB)

Energia e proteína são nutrientes de grande importância na composição de dietas para peixes e estes devem ser mantidos em equilíbrio, evitando que a deficiência ou excesso de ambos possa prejudicar o desempenho zootécnico dos peixes (Navarro *et al.*, 2006; Nogueira *et al.*, 2005). A determinação da concentração ótima de proteína em rações para peixes pode ser influenciada pela relação entre esses dois nutrientes na dieta (Cho 1992). Devido as diferenças, entre as espécies de peixes, quanto à digestibilidade de ingredientes, hábito alimentar, características anatômicas e morfológicas e utilização dos nutrientes presentes nas

rações, torna-se necessário o conhecimento dos coeficientes de digestibilidade de fontes energéticas e proteicas presentes na dieta (Boscolo *et al.*, 2011).

O balanceamento desses nutrientes deve ser otimizado para que a proteína, utilizada para o crescimento e para atender às necessidades energéticas, não seja utilizada no metabolismo energético para manutenção fisiológica e sim para promover o crescimento. Da mesma forma, o excesso de energia promove a saciedade e reduz a ingestão de proteína e outros nutrientes essenciais para o crescimento máximo, podendo levar à deposição de grandes quantidades de gordura corporal, o que é indesejável (Colin & Young, 1993; Ribeiro *et al.*, 2007). Porém, se o fornecimento de energia nas rações não satisfizer as necessidade fisiológica do animal, pode resultar no aumento do catabolismo proteico para compensar essa deficiência energética, podendo provocar diminuição na taxa de crescimento (Piedras *et al.*, 2004). Pezzato *et al.* (2004), citam que a energia fornecida nas rações deve ser suficiente para que as funções bioquímicas e fisiológicas realizadas, a partir desta fonte de energia não sejam prejudicadas. Boscolo *et al.* (2011) relataram que os requerimentos energéticos para espécies nativas não estão bem estabelecidos sendo que o maior enfoque está na determinação dos níveis proteicos. Segundo Jobling (1993), rações com níveis elevados de proteínas, excedendo as necessidades para crescimento, podem ocasionar gasto dos aminoácidos excedentes como componente energético, o que não é desejável para os índices de conversão alimentar e para os aspectos econômicos.

De acordo com Bicudo *et al.* (2009), o fornecimento de uma dieta que apresente adequada relação energia/proteína torna-se fundamental para que a produção de peixes obtenha um elevado desempenho, com mínima contaminação de efluentes, pois o aumento da excreção do nitrogênio amoniacal pode ser resultado de níveis excessivos de proteína. Furuya (2001) relata que independente do hábito alimentar dos animais, a relação energia:proteína, em dietas para peixes, pode variar de 8,55 até 12,35 kcal ED (energia digestível).g⁻¹ PB

(proteína bruta). A relação destes nutrientes na composição das rações exerce uma grande influência na determinação das necessidades nutricionais, o que contribui para a grande diversidade de resultados encontrados dentro de uma mesma espécie (Boscolo *et al.* 2011). Esta relação, energia: proteína na dieta, para alevinos de Piavuçu deve ser em torno de 10 kcal ED : g PB utilizando-se 2800 kcal ED : 280 g PB (Pezzato *et al.* 2000) ou 3500 kcal ED : 350 g PB (Bittencourt *et al.* (2010).

1.4 Avaliação dos efeitos de uma dieta para peixes

1.4.1 Desempenho zootécnico

Para que se possa verificar a resposta dos peixes ao alimento fornecido em caráter experimental, são utilizados principalmente os índices de crescimento como comprimento e ganho de peso, pois são práticos e possuem estreita relação com a produtividade e lucratividade (Fracalossi *et al.*, 2013), porém, os fatores de desempenho como taxa de crescimento específico, taxa de eficiência dos nutrientes, também devem ser avaliados.

Na piscicultura, os aspectos relacionados com a alimentação devem ser amplamente discutidos, uma vez que representam cerca de 60 a 70% dos custos de produção, principalmente nos sistemas intensivos (Logato, 2012; Rodrigues *et al.*, 2013). Ao fornecer uma dieta para os animais, a quantidade e a qualidade do alimento fornecido são importantes para o sucesso econômico da piscicultura (Hertrampf & Piedad-Pascual, 2000), uma vez que os parâmetros de desempenho dos animais estão estreitamente relacionados com a produtividade e a lucratividade (Fracalossi *et al.*, 2013). Considerando que a expressão dos dados de desempenho sobre a quantidade de alimento ingerido é a mais clara descrição da resposta a determinado tratamento alimentar, os índices de desempenho permitem a avaliação da eficiência alimentar dos peixes criados, destacando o ganho de peso e o crescimento,

relacionados com o registro de consumo de ração e o período de criação (Jobling, 2001; Rodrigues *et al.*, 2013).

Segundo Fracalossi *et al.* (2013), os parâmetros de crescimento podem ser considerados como os critérios mais importantes para medir o desempenho e avaliar a resposta dos peixes às dietas experimentais.

1.4.2 Parâmetros sanguíneos

Informações precisas quanto à saúde dos peixes, relacionadas a situações de estresse ou enfermidades, são fundamentais para se assegurar as condições de higiene dos animais (Ranzini-Paiva *et al.*, 2013). Essas situações podem ser identificadas e diagnosticadas através da avaliação dos parâmetros sanguíneos, que também podem ser uma ferramenta de monitoramento do estado fisiológico ou nutricional dos peixes, possibilitando estabelecer uma padronização das condições ideais para o cultivo de cada espécie (Svetina *et al.*, 2002; Tavares-Dias *et al.*, 2004, 2007).

A alimentação pode influenciar o estado de saúde dos peixes e as alterações na dieta podem refletir nas características hematológicas. Portanto, parâmetros séricos dos componentes sanguíneos como proteínas totais, colesterol e triglicerídeos podem ser indicativos da resposta fisiológica do animal a composição da dieta (Higuchi *et al.*, 2011).

Gerhanovich & Kiselev (1993) citaram em seu trabalho que diferentes dietas podem alterar algumas respostas hematológicas, o que poderia ser útil para formular novas rações. A qualidade do alimento também pode influenciar nos parâmetros sanguíneos. Vieira *et al.* (2006), observaram que dietas para *Rhamdia quelen* contendo aflatoxinas acarretam na diminuição da taxa de hematócrito, hemoglobina e glicose. Lovatto *et al.* (2013) observaram que a fonte de amido utilizado na composição das dietas para *Rhamdia quelen* podem influenciar nos níveis de triglicerídeos e glicose sanguínea.

Torna-se necessário realizar experimentos nutricionais com a finalidade de avaliar o desempenho, levando em consideração as condições ambientais e relacionando-se os resultados de desempenho com os parâmetros sanguíneos.

1.4.3 Composição Corporal

A composição corporal dos peixes resulta da dieta consumida pelo animal e, por conseguinte, a manipulação dos nutrientes que compõem a dieta pode influenciá-la, afetando o crescimento dos animais (Vargas *et al.*, 2008; Signor *et al.*, 2007; Furuya & Portz, 2013). Jobling & Savolainen (1998) citam que os parâmetros comumente observados são referentes à deposição proteica e energética na carcaça. Esta deposição pode ser observada a partir dos fatores que podem interferir na composição corporal dos peixes, as quais podem estar relacionadas a fatores genéticos, morfológicos e fisiológicos, ou até mesmo às condições ambientais e de alimentação Jacquot (1961). Ainda, é necessário estabelecer precisamente as exigências nutricionais dos peixes durante as diferentes fases de criação, objetivando a formulação de dietas adequadas que maximizem o crescimento e mantenham o seu estado sanitário, observando também que o consumo de uma ração desbalanceada pode resultar em diferenças nos níveis de nutrientes que compõem a massa corporal (Vargas *et al.*, 2008; Signor *et al.*, 2007).

Os peixes são capazes de compor sua massa corporal com reservas energéticas, podendo armazenar energia na forma de glicogênio no tecido muscular e mais concentrado no fígado, porém as quantidades totais praticamente são iguais (Steffens, 1989; Lima-Silva *et al.*, 2007). As reservas ainda podem ser na forma de lipídeos, que podem se acumular nas vísceras, para o desenvolvimento dos gametas, ou na musculatura, em peixes sexualmente imaturos (Furuya & Portz, 2013). O pescado é uma excelente fonte de nutrientes importantes

para a alimentação humana possuindo proteína de alta digestibilidade, rica em aminoácidos essenciais; baixo teor de gordura saturada; elevada quantidade de ácidos graxos poli-insaturados; vitaminas e minerais (De Lima & Kirschnik, 2013). Porém, o conhecimento da composição proximal do pescado permite o uso racional deste alimento considerando o rendimento das partes comestíveis e otimizando o produto final, através da escolha da tecnologia que será utilizada no seu beneficiamento, processamento e conservação (Sales & Sales, 1990; Machado & Foresti, 2009).

Para a indústria e o mercado consumidor, é necessária a maximização da produção, resultando em um produto final de alta qualidade. O manejo nutricional e o sistema de confinamento imposto aos peixes deve prevenir um aumento na deposição de gordura corporal, o que diminuiria a qualidade do produto e afetaria a aceitação pelo mercado consumidor (Arbelez-Rojas, 2002). Shearer (1994) cita que o estudo da composição proximal pode permitir avaliar a transferência de nutrientes do alimento para o peixe, ajudando na formulação de dietas mais eficientes.

1.4.4 Excreção de amônia

Dentre os diversos fatores que podem interferir e limitar a produtividade na piscicultura pode-se citar a qualidade do ambiente de criação, principalmente pelo acúmulo de compostos nitrogenados que podem chegar a níveis crônicos e letais nos sistemas de criação intensiva. A amônia é um dos principais compostos resultantes do catabolismo proteico em peixes e sua excreção, realizada através das brânquias, é um dos principais fatores responsáveis pelo aumento da concentração destes compostos na água (Van Waarde *et al.*, 1983; Dabrowski, 1986; Baldisseroto, 2009). Essa concentração pode ser potencializada pelo manejo utilizado, levando a situações de estresse. Seu impacto pode ser elevado quando utilizadas altas densidades de estocagem, rações com altos níveis de proteína e manejo

constante (Urbinati & Carneiro, 2004; Ciryno *et al.*, 2010). A excreção dos compostos nitrogenados realizada pelos peixes, através das brânquias ocorre logo após a absorção dos aminoácidos no trato digestório e mobilização dos compostos tóxicos para o fígado. (Dabrowski & Guderley, 1993). Silva *et al.*, 2015 observaram que o excesso de proteína fornecida na dieta de juvenis de *Trachinotus marginatus* tende a aumentar a taxa de excreção de amônia após a alimentação. A otimização da qualidade proteica das rações também pode influenciar no melhor aproveitamento da proteína e na taxa de excreção de amônia como observado por Brandão *et al.* (2009), onde a suplementação de aminoácidos (lisina e metionina) e a diminuição do teor de proteína bruta em rações para juvenis de *Colossoma macropomum* resultou na diminuição na concentração de amônia total excretada.

Bicudo *et al.* (2009) citam que o equilíbrio adequado entre energia digestível e proteína bruta pode melhorar a eficiência da alimentação, com um melhor aproveitamento da proteína, diminuindo a excreção de resíduos nitrogenados.

Portanto, quantificar a taxa de excreção de amônia pelos peixes pode contribuir para otimização do manejo empregado e elevação da produtividade nos sistemas de criação intensivo de peixes.

2. Objetivos

Avaliar, em juvenis de Piavuçu *Leporinus macrocephalus* (Garavello & Britski 1988), os efeitos de rações formuladas com diferentes níveis de energia digestível e proteína bruta, mantendo-se a relação de energia:proteína em 10 kcal ED : g PB.

2.1 Objetivos Específicos:

- a) Verificar o desempenho zootécnico de juvenis Piavuçu alimentados com rações formuladas com diferentes níveis de energia digestível (ED) e proteína bruta (PB).

- b) Avaliar a variação da composição proximal das carcaças dos juvenis de Piavuçu em função da alimentação com rações formuladas com diferentes níveis de energia digestível (ED) e proteína bruta (PB).
- c) Verificar a excreção de amônia na água, pelos juvenis de Piavuçu, após a alimentação com rações formuladas com diferentes níveis de energia digestível (ED) e proteína bruta (PB).
- d) Quantificar a deposição de glicogênio no músculo e no fígado de juvenis Piavuçu, após 60 dias de alimentação com rações formuladas com diferentes níveis de energia digestível (ED) e proteína bruta (PB).
- e) Avaliar os níveis de glicose, proteínas totais, triglicerídeos e colesterol no sangue de juvenis Piavuçu, após 60 dias de alimentação com rações formuladas com diferentes níveis de energia digestível (ED) e proteína bruta (PB).

3. Referências Bibliográficas

ARBELEZ-ROJAS, G.A., FRACALOSSO, D.M. & FIM, J.D.I. (2002). Composição corporal de tambaqui, *Colossoma macropomum*, e matrinxã, *Brycon cephalus*, em sistemas de cultivo intensivo em igarapé, e semi-intensivo em viveiros. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 31(3):1059-1069

Associação Cultural E Educacional Brasil – ACEB. (2014). **1º anuário brasileiro da pesca e aquicultura – ABPA**. Ed. RIC. Florianópolis. 136p

BALDISSEROTTO, B. & GOMES, L.C. (2005). **Espécies nativas para piscicultura no Brasil**. Editora da UFSM, Santa Maria,RS. 468p

BALDISSEROTTO, B. (2009). **Fisiologia de peixes aplicada à piscicultura**. 2. Ed. Editora da UFSM, Santa Maria,RS. 352p

BICUDO, A.J.A., SADO, R.Y., & CYRINO, J.E.P. (2009). Growth and haematology of pacu, *Piaractus mesopotamicus*, fed diets with varying protein to energy ratio. **Aquaculture Research**, 40(4): 486-495.

BITTENCOURT, F., FEIDEN, A., SIGNOR, A.A., BOSCOLO, W.R. & FREITAS, J. (2010). Proteína e energia em rações para alevinos de piavuçu. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 39(12):2553-2559

BOSCOLO, W.R., SIGNOR, A., FEIDEN, A., SIGNOR, A.A., SCHAEFER, L.A. & REIDEL, A.F. (2005). Farinha de Resíduo da filetagem de tilápia em rações para alevinos de piavuçu, *Leporinus macrocephalus*. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 34(6): 1819-1827.

BOSCOLO, W.R., SIGNOR, A., FREITAS, J.M.A., BITTENCOURT, F. & FEIDEN, A. (2011). Nutrição de peixes nativos. **Revista Brasileira de Zootecnia** 40:145-154.

- BRANDÃO, L.V., PEREIRA-FILHO, M., GUIMARÃES, S.F. & DA FONSECA, F.A. (2009). Suplementação de metionina e/ou lisina em rações para juvenis de tambaqui (*Colossoma macropomum* Cuvier, 1818). **Acta amazônica**, 69(3), 675-680.
- CHO, C.Y.(1992). Feeding of rainbow trout and other salmonids, with reference to current estimates of energy and protein requeriment. **Aquaculture**, 100:107-123
- COLIN, B.C. & YOUNG C.Y. (1993). Nutritional requirements of fish. In: **Nutrient requeriments of fish - NRC**. Proceedings nutrition society of London: Cambridge University Press. 128p
- CRAIG, S., & HELFRICH, L.A. (2002). Understanding fish nutrition, feeds, and feeding. **Virginia cooperative extension**, 63:256-270.
- CYRINO, J.E.P., BICUDO, A.J.A., SADO, R.Y., BORGHESI, R. & DAIRIKI, J.K. (2010). A piscicultura e o ambiente – o uso de alimentos ambientalmente corretos em piscicultura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 39, 68-87.
- DABROWSKI, K. (1986). Active metabolism larval and juvenile fish: ontogenetic changes, effect of water temperature and fasting. **Fish Physiology and Biochemistry** 1:125–144.
- DABROWSKI, K. & GUDERLEY, H. (2002) Intermediary Metabolism In: HALVER, J.E., & HARDY, R.W. (Eds.). **Fish nutrition**. 3rd ed. Academic press.839p
- DE LIMA, L.K.F. & KIRSCHINIK, P.G. (2013). Composição, alterações pós-morte e métodos de conservação do pescado – in :RODRIGUES, A.P.O.; LIMA, A.F., ALVES, A.L., ROSA, D.K., TORATI, L.S. & DOS SANTOS, V.R.V. **Piscicultura de agua doce multiplicando conhecimentos**. Brasilia – DF, Embrapa 440p

FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS.
(2012). **The State of World Fisheries and Aquaculture 2012**. Rome, 230p.

FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS.
(2014). **The State of World Fisheries and Aquaculture - Opportunities and challenges**.
Rome, 244p.

FISHSTAT-DATASET/FAO (2014). Disponível em: <http://data.fao.org> Acessado em:
09/01/2015.

FEIDEN, A., SIGNOR, A.A., BOSCOLO, W.R., SIGNOR, A., & REIDEL, A. (2009).
Exigência de proteína de alevinos de piavuçu. **Ciência Rural**, 39(3):859-865.

FURUYA, W.M. (2001). Alimentos ambientalmente corretos para piscicultura. In: Reunião
anual da sociedade brasileira de zootecnia. **Anais...: Sociedade Brasileira de Zootecnia**.
38:515-527, Piracicaba, SP.

FURUYA, W.M.F. (2010). **Tabelas brasileiras para a nutrição de tilápias**. Ed. GFM,
Toledo, PR. 100p.

FURUYA, W.M. & PORTZ, L. Energia, Proteína e Aminoácidos In: FRACALOSSO, D.M. &
CYRINO, J.E.P. (2013). **Nutriaqua: Nutrição e alimentação de espécies de interesse para
a aquicultura brasileira**. Sociedade Brasileira de Aquicultura e Biologia Aquática.
Florianópolis,SC. 375p

FRACALOSSO, D.M., RODRIGUES, A.P.O., SILVA, T.S.C. & CYRINO, J.E.P. (2013).
Técnicas experimentais em nutrição de peixes In: FRACALOSSO, D. M. & CYRINO, J.E.P.
Nutriaqua: nutrição e alimentação de espécies de interesse para a aquicultura brasileira.
Sociedade Brasileira de Aquicultura e Biologia Aquática. Florianópolis, SC. 375p

- GARAVELLO, J.C. (1979). **Revisão taxonômica do gênero *Leporinus* Sp, 1829** (*Ostariophysi, Anostomidae*). Tese (Doutorado em Zoologia) - USP. 451p.
- GARAVELLO, J.C. & BRITSKI, H.A. (1988). *Leporinus macrocephalus* sp. da Bacia do Rio Paraguai (*Ostariophysi, Anostomidae*). **Revista Naturalia**. 13:67-74.
- GERSHANOVICH, A.D. & KISELEV, G.A. (1993). Growth and hematological response of sturgeon hybrids Russian sturgeon (*Acipenser guldenstadti*) x beluga (*Huso huso* L.) to protein and lipid contents in the diet. **Comparative Biochemistry Physiology Part A**. 106(3):581-586,
- GONÇALVES, G.S. & FURUYA W.M. (2004). Digestibilidade aparente de alimentos pelo piavuçu, *Leporinus macrocephalus*. **Acta Scientiarum**, 26(2):165-169
- HIGUCHI, L.H., FEIDEN, a. MALUF, M. DALLAGNOL, J.M., ZAMINHAN,M. & BOSCOLO, W.R. (2011). Avaliação eritrocitária e bioquímica de jundiás (*Rhamdia quelen*) submetidos à dieta com diferentes níveis protéicos e energéticos. **Ciência Animal Brasileira**, 12(1):70-75
- HILSDORF, A.W.S. & ORFÃO, L.H. (2011). Aspectos gerais do melhoramento genético em peixes no Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia** 40:317-324
- HERTRAMPF, J.W. & PIEDAD-PASCUAL, F. (2003). **Handbook on ingredients for aquaculture feeds**. Springer Science & Business Media. 573p.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. (2013). **Produção da Pecuária Municipal 2013**. Rio de Janeiro, 108p.
- JACQUOT, R., (1961). Organic constituents of fish and other aquatic foods. In: BORGSTROM, G. - **Fish as food**. New York, Academic Press, 1: 145-209.

JOBLING, M. (1993). Bioenergetics: feed intake and energy partitioning. In: RANKIN, J.F. & JENSEN, F.B. **Fish ecophysiology**. Chapman & Hall, London 448p.

JOBLING, M., KOSKELA, J. & SAVOLAINEN, R. (1998). Influence of dietary fat level and increased adiposity on growth and fat deposition in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum). **Aquaculture Research**, 29(8): 601-607.

JOBLING, M. (2001). Feed composition and analysis. In: HOULIHAN, D., BOUJARD, T., & JOBLING, M. **Food intake in fish**. John Wiley & Sons, Inc. New Jersey. 448p.

JOMORI, R.K., LUZ, R.K., TAKATA, R., FABREGAT, T.E.H.P. & PORTELLA, M.C. (2013). Água levemente salinizada aumenta a eficiência da larvicultura de peixes neotropicais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 48(8): 809-815.

LIMA-SILVA, A.E., FERNANDES, T.C., DE-OLIVEIRA, F.R., NAKAMURA, F.Y. & GEVAERD, M.D.S. (2007). Metabolismo do glicogênio muscular durante o exercício físico: mecanismos de regulação. **Revista de Nutrição**, 20(4): 417-429

LOGATO, P.V.R. (2012). Nutrição e alimentação de peixes de água doce. Ed. Aprenda Fácil. Viçosa, MG. 130p.

LOVATTO, N. D. M., Goulart, F. R., Correia, V., & COSTENARO, C. (2013). Inclusão de diferentes fontes de amido na dieta de jundiás (*Rhamdia quelen*): parâmetros metabólicos e bioquímicos. **Ciência Animal Brasileira**, 14(3): 299-304.

MACHADO, M.R.F., & FORESTI, F. (2009). Rendimento e composição química do filé de *Prochilodus lineatus* do Rio Mogi Guaçu, Brasil. **Archivos de zootecnia**, 58(224), 663-670.

MINISTÉRIO DA PESCA E AQUICULTURA – MPA. (2011). **O potencial brasileiro para a aquicultura**. Brasília, DF. Disponível em: <http://www.mpa.gov.br/aquiculturampa/informações/potencial-brasileiro>. Acesso em: 17 -02- 2015.

NAVARRO, R.D., MATTA, S.L.P., LANNA, E.A.T., DONZELE, J.L., RODRIGUES, S.S., SILVA, R.F. & RIBEIRO FILHO, O. (2006). Níveis de energia digestível na dieta de piaçu (*Leporinus macrocephalus*) no desenvolvimento testicular em estágio pós-larval. **Zootecnia Tropical**, 24(2):153-163.

NAVARRO, R.D., LANNA, E.A.T., DONZELE, J.L., DA MATTA, S.L.P. & DE SOUZA, M.A. (2007). Níveis de energia digestível da dieta sobre o desempenho de piaçu (*Leporinus macrocephalus*) em fase pós-larval. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, 29(1):109-114.

NELSON, J.S. 2006. **Fishes of the World**. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey. 622p.

NOGUEIRA, G., SALARO, A.L., LUZ, R.K., ZUANON, J.A.S., LAMBERTUCCI, D.M., SALERNO, R.A. & DE ARAUJO, W.A.G. (2005). Desempenho produtivo de juvenis de trairão (*Hoplias lacerdae*) alimentados com rações comerciais. **Revista Ceres**, 52:491-497.

OSTRENSKY, A., BORGHETTI J.R. & CHAMMAS, M.A. (2008). Potencial para o desenvolvimento da aquicultura no Brasil. In: OSTRENSKY, A, BORGHETTI, JR & SOTO, D. **Aquicultura no Brasil: o desafio é crescer**. Secretaria Especial de Aquicultura e Pesca: FAO. 276p

PEZZATO, L.E., BARROS, M.M., PEZZATO, A.C., MIRANDA, E.C., QUINTERO, P.L. & FURUYA, W.M. (2000). Relacion energia/proteína en la nutrición de alevinos de piaçu (*Leporinus macrocephalus*). **Revista de Medicina Veterinária y Zootecnia**, 47:2-6

PEZZATO, L.E., BARROS, M.M., FRACALOSSO, D.M. (2004). Nutrição de peixes. In: CYRINO, J.E.P., URBINATI, E.C., FRACALOSSO, D.M. **Tópicos especiais em piscicultura de água doce tropical intensiva**. TecArt, São Paulo. 533p.

PIEDRAS, S.R.N., POUHEY, J.L.O. & RUTZ, F. (2004). Efeito de diferentes níveis de proteína bruta e de energia digestível na dieta sobre o desempenho de alevinos de peixe-rei. **Revista Brasileira de Agrociência**, 10(1):97-101.

RANZANI-PAIVA, M.J.T., PÁDUA, S.B., TAVARES-DIAS, M. & EGAMI, M.I. (2013). **Métodos para análise hematológica em peixes**. Maringá,PR: EdUEM. 140p

RIBEIRO, R.P., HAYASHI, C., MARTINS, E.N., NIETO, L.M. & SUSSEL, F.R. (2001). Hábito e seletividade alimentar de pós-larvas de piavuçu, *Leporinus macrocephalus* (Garavello & Britski 1988), submetidas a diferentes dietas em cultivos experimentais. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, 23:829-834.

RIBEIRO, F.D.A.S., RODRIGUES, L.A. & FERNANDES, J.B.K. (2007). Desempenho de juvenis de acará-bandeira (*Pterophyllum scalare*) com diferentes níveis de proteína bruta na dieta. **Boletim do Instituto de Pesca**, 33(2):195-203.

RODRIGUES, S.S., NAVARRO, R.D. & MENIN, E. (2006). Adaptações anatômicas da cavidade bucofaringiana de *Leporinus macrocephalus* Garavello & Britski, 1988 (*Pisces, Characiformes, Anostomidae*) em relação ao hábito alimentar. **Biotemas**, 19(1): 51-58.

RODRIGUES, S.S., NAVARRO, R.D. & MENIN, E. (2008). Anatomia do tubo digestório de *Leporinus macrocephalus* Garavello & Britski, 1988 (*Characiformes, Anostomidae*) em relação ao seu hábito alimentar. **Bioscience Journal**, 24(3):86-95

RODRIGUES, A.P.O., BERGAMIN, G.T. & DOS SANTOS, V.R.V. (2013). Nutrição e alimentação de Peixes. In: RODRIGUES, A.P.O., LIMA, A.F., ALVES, A.L., ROSA, D.K.,

SALES, R.O. & SALES, A.M. (1990). Estudo da composição química e rendimento de dez espécies de água doce de interesse comercial nos açudes do nordeste brasileiro. **Ciências Agronômicas**. 21: 27-30.

SHEARER, K.D. (1994). Factors affecting the proximate composition of cultured fishes with emphasis on salmonids. **Aquaculture**, 119(1), 63-88.

SIGNOR, A.A., BOSCOLO, W.R., FEIDEN, A., REIDEL, A., SIGNOR, A., GROSSO, I.R. (2007). Farinha de vísceras de aves na alimentação de alevinos de piavuçu (*Leporinus macrocephalus*). **Ciência Rural**, 37(3):828-834.

SILVA, AC. 1988. Alimentação natural de quatro espécies de peixes da família Anostomidae (Ostariophysi, Characiformes) do Rio Araguari, Bacia do Parnaíba, MG. In: Encontro anual de aquicultura de Minas Gerais, **Anais...** Associação Mineira de Aquicultura 6:1.

SILVA, E.M., MONSERRAT, J.M., SAMPAIO, L.A. & TESSER, M.B. (2015). Crescimento e metabolismo do nitrogênio em juvenis de *Trachinotus marginatus* alimentados com diferentes níveis proteicos. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, 67(1):131-139.

SOARES, C.M., HAYASHI, C., FURUYA, V.R.B., FURUYA, W.M. & GALDIOLI, E.M. (2000). Substituição parcial e total da proteína do farelo de soja pela proteína do farelo de canola na alimentação de alevinos de piavuçu (*Leporinus macrocephalus*, L.). **Revista Brasileira de Zootecnia**, 29(1):15-22.

STEFFENS, W. (1989). **Principles of fish nutrition**. Chichester-UK: Ellis Horwood Limited. 384 p

- SVETINA, A., MATASIN, Z., TOFANT, A., VUCEMILO, M., FIJAN, N. (2002). Haematological and some blood chemical parameters of young carp till the age of three years. **Acta Veterinaria Hungarica**, 50:459-467
- TAVARES-DIAS, M. & DE MORAES, F.R. (2004). **Hematologia de peixes teleósteos**. Ribeirão Preto, SP. Villipress. 144p
- TAVARES-DIAS, M., DE MORAES, F.R., ONAKA, E. M., REZENDE, P.C.B. (2007). Changes in blood parameters of hybrid tambacu fish parasitized by *Dolops carvalhoi* (*Crustacea, Branchiura*), a fish louse. **Veterinarski Arhiv**, 77(4), 355-363.
- URBINATI, E.C., CARNEIRO, P.C.F. (2004). Práticas de manejo e estresse dos peixes em piscicultura. In: CYRINO, J.E.P.; URBINATI, E.C.; FRACALLOSSI, D.M. **Tópicos especiais em piscicultura de água doce tropical intensiva**. Sociedade Brasileira de Aquicultura e Biologia Aquática, Jaboticabal p.171-193.
- VAN WAARDE, A. (1983). Aerobic and anaerobic ammonia production by fish. **Comparative Biochemistry and Physiology Part B**, 74(4): 675-684.
- VARGAS, R.J., SOUZA, S.M.G., KESSLER, A.M. & BAGGIO, S.R. (2008). Replacement of fish oil with oils in diets for jundiá (*Rhamdia quelen* Quoy and Gaimard, 1824): effects on performance and whole body fatty acid composition. **Aquaculture Research**, 39:657- 665.
- VIEIRA, V.L.P., NETO, J.R., LOPES, P.R.S., LAZZARI, R., DA FONSECA, M.B. & MENEZES, C.C. (2006). Alterações metabólicas e hematológicas em jundiás (*Rhamdia quelen*) alimentados com rações contendo aflatoxinas. **Ciência Animal Brasileira**, 7(1): 49-55.

4. Capítulo I

Energia e proteína na ração e seus efeitos nos parâmetros zootécnicos e bioquímicos do piavuçu

Daniel de Sá Britto Pinto¹, Giovanna Rodrigues Stringhetta¹, Lucas Campos Maltez¹, Iuri
Moraes Neyrão², Carlos Prentice-Hernández³, João Sarkis Yunes⁴, Luciano de Oliveira
Garcia¹ e Mario Roberto Chim Figueiredo¹

¹Universidade Federal do Rio Grande (FURG), Instituto de Oceanografia (IO), Laboratório de Aquicultura Continental (LAC), BR 392 Km 21, Rio Grande, RS. E-mail: danielpinto@zootecnista.com.br, gstringhetta@gmail.com, lucasmaltez@gmail.com, garcia_log@hotmail.com e docchim@furg.br

²Universidade Estadual Paulista (Unesp) – Centro de Aquicultura da Unesp, Via de Acesso Prof. Paulo Donato Castellane, s/n Jaboicabal, SP iuri_neyrao@yahoo.com.br

³Universidade Federal do Rio Grande (FURG), Escola de Química de Alimentos (EQA), Laboratório de Tecnologia de Alimentos (LTA) Av. Itália, Km 8, Campus Carreiros dqmprent@furg.br

⁴Universidade Federal do Rio Grande (FURG), Instituto de Oceanografia (IO), Laboratório de Cianobactérias e Ficotoxinas (LFF) Av. Itália, Km 8, Campus Carreiros jsyunes@furg.br

Artigo redigido de acordo com as normas da revista Pesquisa Agropecuária Brasileira.

Resumo

Foram avaliados os efeitos da alimentação sobre os parâmetros zootécnicos e bioquímicos de juvenis de piavuçu *Leporinus macrocephalus*. Foram testadas 4 rações com a relação Energia Digestível(ED) : Proteína Bruta(PB) fixada em 10 kcal ED.g⁻¹ PB (2300:230, 2800:280, 3300:330 e 3800:380) em triplicata. Juvenis de piavuçu (n = 180; 22,23±0,31g) foram distribuídos (n = 15) em 12 tanques de 250 L e alimentados 2 vezes ao dia até a saciedade aparente, durante 60 dias. Os peixes alimentados com as rações 3300:330 e 3800:380 obtiveram melhores resultados para crescimento, embora a ração 3800:380 tenha proporcionado uma melhor conversão alimentar e taxa de eficiência proteica. A deposição de proteína foi significativamente menor com a ração 2300:230. O teor de cinzas na carcaça foi significativamente menor com a ração 3800:380 em relação aos demais tratamentos, enquanto que na ração 3300:330 foi significativamente menor que na ração 2800:280. A umidade foi significativamente menor com a ração 3800:380 e a deposição de lipídios na carcaça foi significativamente maior com a ração 3800:380. A taxa de excreção de amônia foi significativamente maior com as rações 3300:330 e 3800:380. De acordo com estes resultados pode-se concluir que rações com níveis de 3800 kcal ED: 380g PB promoveram melhores resultados para desempenho de juvenis de piavuçu.

Termos para indexação: aquicultura, *Leporinus macrocephalus*, nutrição, peixes, dietas.

Abstract

Were evaluated the effects of food on the growth performance and biochemical parameters of juvenile piavuçu *Leporinus macrocephalus*. Four diets were tested with respect digestible energy (DE): Crude Protein (CP) set at 10 kcal ED.g⁻¹ PB (2300: 230, 2800: 280, 3300: 330 and 3800: 380) in triplicate. Juvenile piavuçu (n = 180; 22,23 ± 0,31g) were distributed (n = 15) in 12 tanks (250 L) and fed twice a day until satiation for 60 days. Fish fed diets 3300:

330 and 3800: 380 performed better for growth, although the diet 3800: 380 has provided a better feed conversion and protein efficiency rate. The protein deposition was significantly lower with the diet 2300: 230. The ash content in the carcass was significantly lower with the diet 3800: 380 compared to the other treatments, while the diet 3300: 330 was significantly lower than in the diet 2800: 280. The humidity was significantly lower with the diet 3800: 380 and the deposition of fat in the carcass was significantly higher with diet 3800: 380. The ammonia excretion rate was significantly higher with diets 3300: 330 and 3800: 380. According to these results it can be concluded that diets with levels of 3800 kcal DE: 380g PB promoted better results for piavuçu juvenile performance.

Index terms: aquaculture, feed, fish, *Leporinus macrocephalus*, nutrition.

Introdução

Na aquicultura, um dos principais limitantes para o desenvolvimento da atividade é o custo com as rações que, muitas vezes, são inespecíficas para as espécies criadas. Para que uma ração seja eficiente, é necessário que esta atenda as necessidades nutricionais dos animais sem comprometer a água do sistema de criação (Cyrino & Fracalossi, 2013). De acordo com Cyrino *et al.* (2010), o valor biológico das dietas pode variar desde a qualidade e fontes de ingredientes até as técnicas de processamento e interação entre os nutrientes e suplementos da dieta.

O piavuçu *Leporinus macrocephalus*, proveniente da bacia do rio Paraguai (Garavello, 1979; Garavello & Britski, 1988) é considerado um peixe com potencial para a piscicultura comercial pois, além de ser muito apreciado na pesca esportiva (Soares *et al.*, 2000; Rodrigues *et al.*, 2006), no gênero *Leporinus* é o que apresenta maior porte. Possui um corpo alongado e fusiforme, crescimento rápido nas fases iniciais (Garavello & Britski, 1988; Soares *et al.*, 2000) e apresenta bons índices zootécnicos e rusticidade ao manejo (Feiden *et*

al., 2009). Outra característica interessante que favorece sua criação é o seu hábito alimentar onívoro, que permite utilizar rações com uma grande variedade de ingredientes de origem animal e vegetal (De Faria *et al.*, 2001; Galdioli *et al.*, 2001; Ribeiro *et al.*, 2001; Gonçalves & Furuya, 2004; Navarro *et al.*, 2006; Rodrigues *et al.*, 2006, 2008; Nagaie *et al.*, 2008).

Os nutrientes presentes na dieta podem influenciar o desempenho zootécnico dos animais. Assim, a concentração desses nutrientes, sobretudo energia e proteína, devem estar presentes nas rações numa proporção equilibrada, evitando que a deficiência ou excesso de nutrientes possa prejudicar o desempenho zootécnico dos peixes (Nogueira *et al.*, 2005; Navarro *et al.*, 2006; Furuya & Portz, 2013). O balanceamento deve ser otimizado para que a proteína, que pode ser utilizada tanto para o crescimento quanto para satisfazer as necessidades energéticas, não seja utilizada no metabolismo energético para manutenção fisiológica e sim para promover o crescimento. Da mesma forma, o excesso de energia promove a saciedade e reduz a ingestão de proteína e outros nutrientes essenciais para o máximo crescimento, podendo levar à deposição de grandes quantidades de gordura corporal, o que é indesejável (Colin & Young, 1993; Ribeiro *et al.*, 2007). No setor de produção de rações para organismos aquáticos, dentre os problemas enfrentados, a grande diversidade de espécies e os variados ambientes onde se encontram propiciam inviabilidade técnica e econômica na produção de rações específicas, pois as diferentes espécies necessitam de formulações específicas de dietas para um melhor desenvolvimento (Ostrensky *et al.*, 2008).

O desenvolvimento de rações com níveis energia digestível e proteína bruta definidos de acordo com as espécies que apresentem potencial para criação comercial é fundamental para o desenvolvimento da piscicultura.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de rações formuladas com diferentes níveis de energia digestível e proteína bruta, mantendo-se a relação de energia:proteína em 10

kcal ED : g PB sobre o desempenho zootécnico e a composição proximal em juvenis de Piavuçu *Leporinus macrocephalus* (Garavello & Britski, 1988).

Material e métodos

Os juvenis de Piavuçu foram adquiridos em uma piscicultura comercial (Piscicultura Águas do Vale[®], Mato Leitão, RS), e transportados para o Laboratório de Aquicultura Continental - LAC (32° 5' 11"S, 52° 13' 9"O) do Instituto de Oceanografia da Universidade Federal do Rio Grande (FURG). No LAC, os animais ficaram em quarentena em um tanque com capacidade de 7 m³, em sistema de recirculação de água, passando por filtração mecânica e filtro biológico, com aeração constante e controle de temperatura (27,04 ± 1,02°C). Nesse período foram alimentados duas vezes ao dia (9 e 16 h) com ração comercial Supra[®] 42% PB.

Após este período, foram selecionados 180 juvenis de piavuçu (22,23 ± 0,31 g) e distribuídos aleatoriamente 15 animais por tanque (0,94 g L⁻¹) em sistema de recirculação, composto por 12 tanques (250 L) com filtro mecânico-biológico, com aeração constante, temperatura controlada e foto período artificial 12 h claro 12 h escuro. Os animais passaram por um período de aclimação sendo alimentados com ração experimental de menores níveis de energia digestível e proteína bruta (2300 kcal ED e 23%PB) durante 15 dias, antes do início do experimento, que teve duração de 60 dias. Os tanques foram sifonados diariamente para a retirada dos resíduos sólidos após a primeira alimentação, com renovação imediata do volume de água (5 a 10%). A água de reposição foi estocada em tanques no mesmo ambiente e nas mesmas condições da água dos tanques onde os animais permaneceram.

As rações experimentais foram elaboradas no LAC, após serem formuladas de acordo com os ingredientes e nutrientes disponíveis na Tabela 1. Os ingredientes utilizados para compor as rações foram analisados na Escola de Química e Alimentos (EQA) estimando-se a composição proximal no Laboratório de Tecnologia de Alimentos (LTA) e o poder energético no Laboratório de Físico-química (LFQ) ambos na FURG. Os ingredientes foram misturados manualmente, de acordo com a formulação de cada dieta. Após a homogeneização, as dietas foram peletizadas e secas a 50°C, em estufa de circulação de ar forçado, durante 24 h, para

posteriormente serem armazenadas em freezer (-20°C) sendo descongelada apenas a quantidade correspondente ao consumo previsto por dia.

Os peixes foram submetidos a quatro diferentes tratamentos com três repetições definidos pelos diferentes níveis de energia digestível (ED) e proteína bruta (PB) nas rações, de forma que a relação energia proteína fosse mantida em 10 kcal ED.g⁻¹ PB (2300 kcal kg⁻¹:230 g kg⁻¹, 2800 kcal kg⁻¹:280 g kg⁻¹, 3300 kcal kg⁻¹:330 g kg⁻¹ e 3800 kcal kg⁻¹:380 g kg⁻¹). O arraçoamento foi realizado duas vezes ao dia (09 e 16 h) até a saciedade aparente dos animais, ou seja, quando deixavam de ir ao encontro do alimento ofertado. No momento da alimentação as bombas foram desligadas e os registros individuais de cada caixa foram fechados, mantendo-se apenas a aeração em funcionamento, por 30 min após a alimentação.

A determinação dos parâmetros de qualidade da água foi realizada diariamente antes da primeira alimentação, verificando-se a temperatura e o oxigênio dissolvido (Oxímetro digital - YSI EcoSense[®] DO200A) e pH (pHmetro digital Hanna Instruments[®] HI 8424). Foram analisados duas vezes por semana: concentração de amônia total (Unesco, 1983), nitrito (Bendschneider & Robinson 1952) e alcalinidade total (Eaton *et al.* 1995).

A biometria foi realizada no tempo 0, 30 e 60 dias, registrando-se o peso dos animais (g) obtido com balança eletrônica digital (BIOPRECISA[®] - JH2102 – precisão de 0,01 g), e o comprimento total (cm) e padrão (cm), medidos com ictiômetro graduado (mm). Para estes procedimentos, 24 h antes a alimentação foi suspensa e os animais foram anestesiados individualmente com cloridrato de benzocaína (50 ppm). Ao final do experimento, nove animais de cada tratamento foram anestesiados para coleta de sangue e eutanasiados com dose letal de benzocaína (250 mg.L⁻¹) seguida de secção da medula espinhal para a coleta de fígado e músculo. Para a determinação da relação hepássomática (IHS), relação viscerossomática (RVS) e rendimento de carcaça (RC) foram pesados o fígado, as vísceras e a carcaça eviscerada, sem cabeça, de cada animal, em uma balança eletrônica de precisão (MARTE[®]

AD200 – precisão de 0,001 g). Logo após a coleta do sangue, através de punção da veia caudal, foi realizada a análise de glicose sanguínea utilizando-se um glicosímetro digital (Roche® - Accu Check). A contagem percentual de hematócritos foi realizada através da utilização de uma centrifuga de micro hematócrito (Microspin® MH24) e medida com régua hematimétrica. As amostras de sangue (aproximadamente 1,0 mL) foram acondicionadas em microtubos e centrifugadas a 2500 rpm, durante 5 min, para a separação do plasma, o qual foi utilizado para quantificação dos níveis plasmáticos de proteínas totais, colesterol e triglicerídeos, analisados em um laboratório comercial (Lunav–Análises Clínicas), utilizando o equipamento de espectrofotometria em clínica bioquímica para a análise automática (Autoanalisador Metrolab 2300 Plus-Wiener lab Group). As amostras de fígado e músculo foram acondicionadas em microtubos e congeladas (-20°C) para posterior análise de percentual de glicogênio (VAN DER VIES, 1954), no Laboratório de Cianobactérias e Ficotoxinas (LCF) do Instituto de Oceanografia (IO) – FURG. As carcaças foram acondicionadas em coletor universal e congeladas (-20°C) para posterior análise de composição proximal (AOAC, 2005), no LTA- FURG.

Os parâmetros utilizados para estimar o desempenho zootécnico foram: ganho de peso (peso final – peso inicial), ganho de peso médio diário (ganho de peso/ período experimental), crescimento total (comprimento total final – comprimento total inicial) e crescimento padrão (comprimento padrão final – comprimento padrão inicial), fator de condição corporal [$\text{peso} \times (\text{comprimento total})^{-3}$] x 100, taxa de crescimento específico [$(\ln \text{ peso final} - \ln \text{ peso inicial}) \times \text{período experimental}^{-1}$] x 100, taxa de eficiência proteica (ganho de peso x proteína consumida⁻¹), conversão alimentar aparente (ração fornecida x ganho de peso⁻¹), consumo de ração (somatório da ração fornecida diariamente), relação hepatossomática (peso do fígado x peso total⁻¹) x 100, relação viscerossomática (peso das vísceras x peso total⁻¹) x 100 e rendimento de carcaça (peso da carcaça x peso total⁻¹) x 100.

Para a análise da taxa de excreção de amônia total (TAN mg L⁻¹) após a alimentação, foram utilizados 45 juvenis de piavuçu (18,34g ± 1,26). Os animais foram alocados recipientes com capacidade usual de 250 L, em uma sala com temperatura e fotoperíodo controlado, onde ficaram em aclimatação por 2 semanas (27°C de temperatura, fotoperíodo 12 h claro e 12 h escuro e a ração correspondente a cada tratamento). Após a aclimatação foram distribuídos em aquários individuais (6 L), divididos em 5 tratamentos (sem alimentação e alimentados com as 4 diferentes rações testadas anteriormente) sendo 9 peixes por tratamento.

Ao início do experimento foram verificadas a temperatura (27°C) e oxigênio dissolvido (6,58 mg/L) - Oxímetro digital - YSI EcoSense[®] DO200A; pH (7,34) - pHmetro digital Hanna Instruments[®] HI 8424. A quantificação da amônia na água coletada ao longo do período experimental, para estimativa da taxa de excreção, foi realizada sempre em triplicata (Unesco, 1983). O cálculo da taxa de excreção de amônia total (TAN) = mg TAN kg⁻¹ h⁻¹, seguiu a seguinte fórmula: $(TAN_f - TAN_0) \times V/P \times h$, onde: TAN_f = concentração final de TAN (mg L⁻¹); TAN₀ = concentração inicial de TAN (mg L⁻¹); V = volume de água no aquário (L); P = peso do peixe (kg) e h = horas. Foi estabelecido um tratamento basal, no qual os peixes não foram alimentados para que se estimasse a média da taxa de excreção de amônia dos animais a nível basal. Os animais foram colocados em recipientes individuais com capacidade usual de 6 litros, com aeração constante, e permaneceram 24 h em jejum para determinação da taxa de excreção de amônia. Para a determinação da média da excreção de amônia basal, foi coletada água no início (tempo zero) e no final do tratamento (tempo 24 h). Nos tratamentos alimentados a taxa de excreção foi estimada a cada 2 h, durante 12 h, e a cada 4 horas nas 12 horas restantes. Para os tratamentos alimentados, a ração foi fornecida apenas no início do experimento (tempo zero), na proporção de 3% da biomassa.

Os resultados foram submetidos ao teste de normalidade de Kolmogorov–Smirnov e homogeneidade (Teste de Levene) e, quando normais e homogêneos, foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Os resultados da taxa de excreção horária de amônia não apresentaram normalidade e homogeneidade, sendo submetidos ao teste não paramétrico de Kruskal-Wallis para avaliar a variância e ao teste de Mann-Whitney para comparação das médias.

Resultados e discussão

Os resultados dos parâmetros de qualidade de água observados durante os 60 dias de experimento estão dispostos na tabela 2. Pode-se afirmar que esses parâmetros não influenciaram no desempenho dos animais, estando de acordo com BOYD (1982) para o desenvolvimento de peixes de água doce, Maltez *et al.* (2014) e Stringhetta *et al.* (2014) para a espécie estudada.

Os resultados de desempenho zootécnico dos juvenis de piavuçu *Leporinus macrocephalus* (tabela 3) indicam que houve diferença significativa entre os tratamentos para os parâmetros de crescimento, exceto para o fator de condição corporal (K). As relações morfométricas (IHS, IVS e RC) e o rendimento de carcaça dos animais não apresentaram diferenças, demonstrando que as rações não propiciaram acúmulos de gordura indesejáveis no fígado ou nas vísceras.

As rações formuladas com níveis de energia digestível e proteína bruta superiores a 3300 kcal e 330 g PB, respectivamente, por kg de ração, foram as que expressaram melhores resultados para PF, CTF e TCE (tabela 3). Os resultados observados para CPF, TEP e CAA foram superiores nos animais que foram alimentados com a ração 3800 kcal ED e 330 g PB por kg de ração, demonstrando que os maiores níveis de ED e PB testados no experimento foram mais eficientes. O ganho de peso (GP e GMD) dos animais (tabela 3) e se assemelha aos resultados observados nos parâmetros de crescimento (PF, CTF e TCE). O consumo de

ração foi menor nos tratamentos com níveis inferiores a 3300 kcal ED e 330g PB por kg de ração. Outros fatores relevantes são a sobrevivência dos animais, que ficou em 100% em todos os tratamentos. Percebe-se que, os animais tratados com as rações com 3300 kcal e 330 g PB e 3800 kcal e 380 g PB apresentaram ganho de peso (GP) de 261,95% e 299,87% respectivamente, significativamente superiores aos observados para os animais tratados com as rações com 2300 kcal e 230 g PB (128,66%) e 2800 kcal e 280 g PB (170,71%), demonstrando um melhor desempenho com a utilização das rações formuladas com níveis mais elevados de energia digestível e proteína bruta (tabela 3). O GP e o GMD foram significativamente superior nos peixes alimentados com rações contendo níveis acima de 3300 kcal ED e 330 g PB, mas não foram observadas diferenças significativas entre os dois menores níveis testados (2300 kcal ED:230 g PB e 2800 kcal ED:280 g PB) e entre os dois maiores níveis (3300 kcal ED:330 g PB e 3800 kcal ED:380 g PB).

Pezzato *et al.* (2000) e Bittencourt *et al.* (2010) estudaram a influência da relação ED:PB sobre o desempenho de alevinos de piavuçu, e obtiveram diferentes conclusões quanto aos níveis utilizados nas dietas, porém chegaram a mesma conclusão de relação ED:PB em 10 kcal ED:g PB sendo 2800 kcal ED:280 g PB e 3500 kcal ED:350 g PB, respectivamente. As diferenças encontradas podem estar relacionadas ao ambiente, uma vez que as temperaturas eram de aproximadamente 23 (Pezzato *et al.* (2000) e 27°C (Bittencourt *et al.* 2010) que, de acordo com Boyd (1997), está dentro dos padrões para o desenvolvimento dos peixes tropicais. De Freitas *et al.* (2011) concluiu que a relação ED:PB em 10 kcalED:g PB, sendo 3500 kcal ED:350 g PB, foi a melhor para CAA, entretanto ressalta que, para promover melhoras no ganho de peso, no mínimo devem ser utilizadas 3250 kcal ED:300 g PB na relação ED:PB. Feiden *et al.* (2009), ao definir as necessidades de proteína para alevinos de piavuçu encontrou melhores resultados para desempenho, utilizando uma relação de 9,41 kcal ED: g PB (3200 kcal ED:340g PB), concluindo que a inclusão mínima de proteína deve ser de

34%. Considerando a proteína, que é o nutriente de maior custo na fabricação de rações, foi possível observar um menor consumo de ração resultando em uma concentração de proteína similar na carcaça dos animais alimentados com as rações experimentais com 2800 kcal ED: 280 g PB e 3300 kcal ED: 330g PB (tabela 4) que apresentaram maior taxa de CAA em relação à ração com 3800 kcal ED: 380g PB, e um maior crescimento em termos de CP (tabela 3), que representa a parte de maior interesse na comercialização do pescado. A melhor taxa de CAA observada com ração com 3800 kcal ED: 380g PB (tabela 3) pode estar associada à interação entre os níveis de ED e PB, como observados por De Freitas *et al.* (2010), considerando que níveis mais elevados de proteína resultam em melhor crescimento dos animais. Além disso, deve ser considerada a não inclusão de celulose na ração com ração com 3800 kcal ED: 380g PB, como ingrediente inerte. Rodrigues *et al.* (2010) observaram resultados negativos para GP, TCE, CAA e TEP mostrando uma relação negativa desses parâmetros com a inclusão crescente dos teores de celulose em rações para juvenis de pacu, assim como redução na ingestão de ração. Da mesma forma, Braga *et al.* (2014) verificaram que a inclusão de celulose na ração em níveis acima de 2% pode interferir negativamente no GP, CAA e CR e assim prejudicar o desenvolvimento de juvenis de tambacu (híbrido de tambaqui e pacu). Seixas Filho (2004), cita que, níveis de fibra entre 10 e 20% na dieta de peixes com hábito alimentar carnívoro e onívoro podem provocar alterações no desenvolvimento dos animais devido à redução da ingesta. Isso também foi observado nos tratamentos da ração com 2300 kcal ED: 230g PB e 2800 kcal ED: 280g PB, com 33,49% e 20,06% de inclusão de celulose, respectivamente, que resultou em uma redução no consumo de ração de 39,88% e 33,45%, respectivamente, em relação à ração com ração com 3800 kcal ED: 380g PB, esta sem inclusão de celulose. Meurer *et al.* (2003), quando incluíram celulose na dieta de alevinos revertidos de tilápia do Nilo, perceberam que houve diminuição no tempo de trânsito do bolo alimentar o que pode diminuir a absorção de nutrientes da dieta, no trato

gastrointestinal. O fator de condição corporal K (tabela 3) não apresentou diferenças entre os tratamentos, indicando que as rações podem não ter promovido alterações no estado fisiológico dos animais, mantendo-os em boas condições de sanidade, apresentando crescimento e ganho de peso positivo.

Os resultados das análises de composição proximal das carcaças dos animais experimentados estão dispostos na Tabela 4 e pode-se perceber que as dietas influenciaram significativamente nas variações encontradas. Estes resultados demonstram que, conforme os níveis de ED e PB cresceram, a concentração de lipídios na carcaça foi crescendo, enquanto que a umidade diminuiu nos animais alimentados com ração contendo 3800 kcal ED: 380g PB (tabela 4). Contudo, os níveis de energia encontrados, independente das dietas, não indicam animais gordos, de acordo com a classificação de Jacquot (1961), na matéria natural, mantendo os teores de lipídios abaixo de 10%.

A concentração de proteína na carcaça de piavuçu foi menor significativamente quando utilizada a ração com 2300 kcal ED: 230g PB, em relação aos demais tratamentos. Os níveis de cinzas presentes na composição da carcaça dos animais variaram de forma inversamente proporcional aos níveis de ED e PB testados no experimento (tabela 4).

A variação encontrada nos teores de umidade na carcaça do piavuçu, em função das dietas testadas, foi dependente da variação da concentração de lipídeos. Dessa forma, é possível considerar que, quando os peixes aumentam a concentração de lipídeos na composição corporal, a umidade diminui. Este fato está relacionado com o comportamento anfifílico que ocorre entre os lipídeos e a água. Esse mesmo comportamento com relação a esses constituintes foi observado por diversos autores (De Menezes Sampaio *et al.*, 2000; Ai *et al.*, 2004; Bittencourt *et al.*, 2010; Santos *et al.*, 2010; Li *et al.*, 2010; Abdel-Tawwab *et al.*, 2010; Deng *et al.*, 2011). Os teores de proteína na carcaça encontrados no presente experimento demonstram que rações com 2300 kcal ED:230 g de PB, resultaram em um

menor teor deste nutriente na composição corporal. Ao contrário desses resultados, Feiden *et al.* (2009), quando definiram a exigência de proteína para o piavuçu, variando de 22 a 38% PB, não encontraram diferenças entre os tratamentos. A alta concentração de celulose que compõe a ração com 2300 kcal ED: 230g PB (tabela 1) pode ter interferido negativamente na digestibilidade dos nutrientes, entre eles a proteína, piorando a taxa de eficiência proteica corroborando com resultados de Rodrigues *et al.* (2010), trabalhando com *Piaractus mesopotamicus*; e Lanna *et al.* (2004), trabalhando com *Oreochromis niloticus*. Nas rações formuladas com menores teores de ED e PB foi necessário corrigir os teores de cálcio, utilizando-se calcário calcítico (tabela 1), o que pode ter refletido na composição proximal das carcaças observada na tabela 4, com o aumento dos teores de cinzas de forma inversamente proporcional aos níveis de ED e PB testados.

Na tabela 5 pode-se observar os teores de glicogênio encontrados no fígado e no músculo dos animais testados neste experimento. Nota-se que as maiores diferenças encontradas foram no fígado, onde a deposição de glicogênio foi crescente, diretamente proporcional aos níveis de ED e PB das rações, resultando numa deposição significativamente mais elevada no tratamento com 3800 kcal ED: 380g PB (193,87% a mais que o menor valor observado, no tratamento com ração com 2300 kcal ED: 230g PB), enquanto que a deposição de glicogênio no músculo foi maior significativamente nos animais tratados com a ração contendo 2300 kcal ED: 230g PB, formulada com menores teores de ED e PB, chegando a 61,26% maior que a média dos outros tratamentos. A variação nos teores de glicogênio no fígado também foi observado por Melo *et al.* (2006) que, variando os teores de proteína na dieta para *Rhamdia quelen*, registraram menor valor no tratamento com menor nível de proteína (20% PB numa relação ED:PB = 22,81 kcal:g), ao contrário de Vieira *et al.* (2005) que registraram maior concentração no fígado e no músculo de juvenis de *Brycon cephalus*, utilizando dietas com 20% PB em uma relação ED:PB = 17,65 kcal:g. Gonçalves *et al.*

(2009) exploraram relações de ED:PB variando de 8,94 até 16,19 kcal ED :g PB, na dieta para *Oreochromis niloticus*, não encontrando diferenças nos teores de glicogênio tanto no músculo quanto no fígado. Debnath *et al.* (2007), utilizando diferentes níveis de proteína (25 a 40 % PB) em rações para *Labeo rohita*, registraram maior concentração de glicogênio no fígado de animais tratados com 25% PB, numa relação ED:PB = 16,03 kcal:g, e aumento da concentração no músculo inversamente aos níveis de PB testados, sendo o maior valor registrado numa ED:PB = 10,01 kcal:g. Aparentemente, os peixes deste experimento, que receberam a ração com 2300 kcal ED: 230g PB, modularam seu metabolismo de acordo com uma menor atividade de natação para capturar alimentos devido à rápida sensação de saciedade causada pela alta inclusão de celulose na dieta, acumulando um maior teor de glicogênio muscular e assim utilizando mais as suas reservas de glicogênio hepático para satisfazer as necessidades energéticas. Por outro lado, nos outros animais os maiores teores de glicogênio hepático podem estar relacionados com a energia fornecida na dieta, a qual, de forma crescente, promoveu um aumento diretamente proporcional nas reservas hepáticas.

Na tabela 6 estão dispostos os resultados dos parâmetros bioquímicos do sangue dos animais que foram submetidos aos tratamentos experimentais. Os resultados encontrados para os parâmetros do sangue dos animais utilizados neste experimento não diferiram entre si, podendo considerar que as rações testadas não provocaram alterações que pudessem interferir nestes parâmetros, mantendo todos os animais nas mesmas condições de higiene.

Na figura 1 estão dispostos os resultados para os níveis de excreção de amônia total pós-prandial dos juvenis de piavuçu, referentes aos níveis de ED e PB utilizados no experimento. Percebe-se que os níveis superiores a 2800 kcal ED e 280 g PB por kg de ração proporcionaram maior média de excreção diária de amônia, tanto em relação à taxa de excreção do metabolismo basal dos animais quanto aos outros níveis testados. A ração com 3800 kcal ED e 380 g PB proporcionou um aumento de 82,23% nos níveis de amônia total

excretada (TAN) em relação ao metabolismo basal e 45,17% em relação à ração com 2800 kcal ED e 280 g PB.

O comportamento de excreção pós-prandial dos juvenis de piavuçu ao longo de 24 h pode ser observado na figura 2. Nota-se que, comparado ao metabolismo basal, a partir de 2 h após a alimentação, os animais aumentaram a taxa de excreção de amônia total. Percebe-se que os picos de excreção diferem de acordo com os níveis de ED e PB utilizados na ração. A ração com 2300 kcal ED: 230g PB proporcionou uma elevada taxa de excreção logo após 2 h, retornando em 4 h, apresentando um novo pico às 10 h, enquanto que as rações com 2800 kcal ED: 280g PB e 3300 kcal ED: 330g PB proporcionaram elevada excreção de amônia até 6 h, retornando ao metabolismo basal. As rações com 3300 kcal ED: 330g PB e 3800 kcal ED: 380g PB promoveram um comportamento de excreção similar até 6 h após alimentação e a diminuição da taxa de excreção ocorreu 10 h após a alimentação. Ambas apresentaram um novo pico de excreção às 12 h, porém a ração com 3800 kcal ED: 380g PB apresentou um pico mais elevado. Decorridas 24 h após a alimentação, os peixes tratados com estas rações ainda apresentaram um novo pico de excreção.

A relação entre a dieta e a taxa de excreção de amônia tem sido estudada em diversas espécies de peixe e esta relação pode ser modulada pela composição do alimento ou até mesmo a velocidade de passagem pelo trato gastrointestinal (Cheng *et al.*, 2003; Tgn *et al.*, 2008; Abdel-Tawab *et al.*, 2010; Luo *et al.*, 2012). Assim como neste trabalho, Tgn *et al.* (2008) utilizando uma dieta rica em proteína (filés de *Gadus morhua*) observaram aumento da taxa de excreção após a alimentação com duração de 21h porém registrando apenas um pico de excreção entre 12 e 15 hs. Estas diferenças podem estar relacionadas com a composição da dieta utilizada uma vez que, a saciedade do animal pode ser modulada pelo enchimento do trato digestório, que no caso da utilização de filés, o volume é maior devido ao conteúdo de umidade com uma menor quantidade de proteína por peso de alimento. Assim como os níveis

de proteína influenciaram nos resultados deste trabalho, resultados semelhantes ao deste experimento foram encontrados por Abdel-Tawab *et al.* 2010 utilizando níveis de proteína entre 25 e 45% PB, Ruales *et al.* 2014 com níveis de proteína entre 25 e 35% PB e Silva *et al.* 2015 com níveis de proteína entre 43 e 64% PB, demonstrando que a excreção de amônia aumenta diretamente proporcional aos níveis de proteína testados. Yang *et al.* 2002 também constataram um aumento da taxa de excreção explorando níveis de proteína entre 13 e 55% de PB e conseguiram estabelecer uma regressão positiva entre os níveis de proteína e o acúmulo de amônia total na água. Devido ao tempo necessário para digestão, absorção e degradação das proteínas e aminoácidos, é pouco provável que as diferenças encontradas nas primeiras 2h pós prandial sejam decorrentes da alimentação. Assim, como sugere Tng *et al.* (2010), essas diferenças podem estar relacionadas com o ritmo circadiano do metabolismo antecedente a alimentação ou até mesmo uma situação de stress no momento do arrazoamento alterando seu comportamento e aumentando o catabolismo de proteínas endógenas. Alguns estudos sobre o tempo de passagem dos alimentos no trato gastrointestinal demonstram que, dependendo do hábito alimentar e do alimento consumido, a chegada do alimento ao intestino pode ocorrer em 4h (Tonini *et al.*, 2008; Dias *et al.*, 2010). Embora as rações com 38% PB tenham apresentado a mesma taxa de excreção que as rações com 33% PB, pode-se considerar a eficiência da ração refletida nos parâmetros de desempenho TEP e CAA (tabela 3), assim como a ração contendo 23%PB proporcionou uma taxa de excreção similar a da ração com 28% PB pode ter relação com a menor concentração de proteína observada na composição proximal das carcaças (tabela 4). De acordo com essas observações, pode-se considerar que o aumento da taxa de excreção de amônia reflete um aumento do catabolismo proteico quando aumentado os níveis de proteína de 23% para 33%, porém pode ser considerado que o catabolismo proteico reduziu nos níveis de 28% e 38% devido ao aproveitamento da energia

fornecida otimizando a utilização da proteína para o desempenho e reduzindo a excreção de compostos nitrogenados.

Conclusões

Rações formuladas com relação energia:proteína em 10 kcal ED: g PB utilizando níveis de 3.800 kcal de ED e 380 g de PB proporcionam melhores resultados para o desempenho de juvenis de piavuçu.

Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa e incentivo ao desenvolvimento deste trabalho.

Referências

ABDEL-TAWWAB, M., AHMAD, M. H., KHATTAB, Y. A., & SHALABY, A. M. (2010). Effect of dietary protein level, initial body weight, and their interaction on the growth, feed utilization, and physiological alterations of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.). **Aquaculture**, v. 298, n. 3, p. 267-274.

AOAC, (1995). **Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists**, Arlington. 16^a ed. 771p.

BITTENCOURT, F., FEIDEN, A., SIGNOR A.A., BOSCOLO W.R. & FREITAS, J. (2010). Proteína e energia em rações para alevinos de piavuçu. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, n. 12, p. 2553-2559.

BENDSCHNEIDER, K. & ROBINSON, R.J. (1952). A new spectrophotometric method for the determination of nitrite in sea water. **Journal of Marine Research**, v. 11, p. 87-96.

BOYD, C. **Manejo do solo e da qualidade da água em viveiro para aqüicultura**. (1997). Editora Mogiana Alimentos S.A., 55p.

BRAGA, L.G.T., AZEVEDO, R.V., CIPRIANO, F.S., MAGALHAES JUNIOR, F.O., TONINI, W.C.T. & SANTOS, D.F. (2014). Inclusão de celulose em rações para juvenis de tambacu. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 15, n. 4, p. 947-956

- CHENG, Z.J., HARDY, R.W. & USRY, J.L.(2003). Plant protein ingredients with lysine supplementation reduce dietary protein level in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) diets, and reduce ammonia nitrogen and soluble phosphorus excretion. **Aquaculture**, v. 218, p. 553–565
- COLIN, B.C. & YOUNG, C.Y. (1993). Nutritional requirements of fish. In:NRC. Proceedings nutrition society of London: Cambridge University Press. V. 52, p. 417-417.
- CYRINO, J.E.P., BICUDO, A.J.A., SADO, R.Y., BORGHESI, R. & DAIRIKI, J.K. (2010). A piscicultura e o ambiente – o uso de alimentos ambientalmente corretos em piscicultura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, p. 68-87.
- DEBNATH, D., PAL, A.K., SAHU, N.P., YENGGOKPAM, S., BARUAH, K., CHOUDHURY, D. & VENKATESHWARLU, G. (2007). Digestive enzymes and metabolic profile of *Labeo rohita* fingerlings fed diets with different crude protein levels. **Comparative Biochemistry and Physiology Part B**, v. 146, n. 1, p. 107-114.
- DE FARIA, A. C. E. A., HAYASHI, C., & SOARES, C. M. (2001). Substituição parcial e total da farinha de peixe pelo farelo de soja em dietas para alevinos de piavuçu, *Leporinus macrocephalus* (Garavello & Britski, 1988). **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 23, p. 835-840.
- DE FREITAS, J.M.A., SARY, C., LUCHESE, J.D., FEIDEN, A. & BOSCOLO, W.R. (2011). Proteína e energia na dieta de jundiás criados em tanques-rede. **Revista Brasileira de Zootecnia** v. 40, p. 2628-2633
- DE MENEZES SAMPAIO, A. M. B., KUBITZA, F., & CYRINO, J. E. P. (2000). Relação energia: proteína na nutrição do tucunaré. **Scientia Agrícola**, v. 57, n. 2, p. 213-219.
- DENG, D.F., JU, Z.Y., DOMINY, W., MURASHIGE, R. & WILSON, R. P. (2011). Optimal dietary protein levels for juvenile Pacific threadfin (*Polydactylus sexfilis*) fed diets with two levels of lipid. **Aquaculture**, v. 316, n. 1, p. 25-30.
- DIAS, J. YÚFERA, M., VALENTE, L.M., & REMA, P. (2010). Feed transit and apparent protein, phosphorus and energy digestibility of practical feed ingredients by Senegalese sole (*Solea senegalensis*). **Aquaculture**, v. 302, n. 1, p. 94-99.
- EATON, A.D, CLESCERI, L.S., RICE, E.W. & GREENBERG, A.E. (2005) **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 21st ed, Springfield: American Public Health Association.

- FEIDEN, A., SIGNOR, A.A., BOSCOLO, W.R., SIGNOR, A., & REIDEL, A. (2009). Exigência de proteína de alevinos de piavuçu. **Ciência Rural**, v. 39, n. 3, p. 859-865.
- FRACALOSSO, D.M. & CYRINO, J.E.P. (2013). **Nutriaqua: Nutrição e alimentação de espécies de interesse para a aquicultura brasileira**. Sociedade Brasileira de Aquicultura e Biologia Aquática. Florianópolis. 375p
- FURUYA, W.M. & PORTZ, L. (2013). Energia, Proteína e Aminoácidos In: FRACALOSSO, D. M., & CYRINO, J. E. P. **Nutriaqua: Nutrição e alimentação de espécies de interesse para a aquicultura brasileira**. Sociedade Brasileira de Aquicultura e Biologia Aquática. Florianópolis. 375p
- GALDIOLI, E. M., HAYASHI, C., DE FARIA, A. C. E. A., & SOARES, C. M. (2001). Substituição parcial e total da proteína do farelo de soja pela proteína dos farelos de canola e algodão em dietas para alevinos de piavuçu, *Leporinus macrocephalus* (Garavello & Britski, 1988). **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v.23, p. 841-847
- GARAVELLO, J.C. (1979). **Revisão taxonômica do gênero *Leporinus Sp*, 1829 (*Ostariophysi, Anostomidae*)**. Tese (Doutorado em Zoologia) - USP. 451p.
- GARAVELLO, J.C. & BRITSKI, H.A. (1988). *Leporinus macrocephalus sp.* da Bacia do Rio Paraguai (*Ostariophysi, Anostomidae*). **Naturalia**. V. 13, p. 67-74.
- GONÇALVES, G.S. & FURUYA, W.M. (2004). Digestibilidade aparente de alimentos pelo piavuçu, *Leporinus macrocephalus*. **Acta Scientiarum**, v. 26, n. 2, p. 165-169
- GONÇALVES, G.S., PEZZATO, L.E., BARROS, M.M., HISANO, H., & ROSA, M.J.S. (2009). Níveis de proteína digestível e energia digestível em dietas para tilápia do Nilo formuladas com base no conceito de proteína ideal. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 12, p. 2289-2298.
- JACQUOT, R., (1961). Organic constituents of fish and other aquatic foods. In: BORGSTROM, G.,ed. - **Fish as food**. New York, Academic Press, v. 1, p. 146-50.
- LANNA, E.A.T., PEZZATO, L.E., CECON, P.R., FURUYA, W.M., & BOMFIM, M.A.D. (2004). Digestibilidade aparente e trânsito gastrintestinal em tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), em função da fibra bruta da dieta. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, n. 6, p. 2186-2192.

- LI, X.F., LIU, W.B., JIANG, Y.Y., ZHU, H. & GE, X.P. (2010). Effects of dietary protein and lipid levels in practical diets on growth performance and body composition of blunt snout bream (*Megalobrama amblycephala*) fingerlings. **Aquaculture**, v. 303, n. 1, p. 65-70.
- LUO, Y., AI, Q., MAI, K., ZHANG, W., XU, W. & ZHANG, Y. (2012). Effects of dietary rapeseed meal on growth performance, digestion and protein metabolism in relation to gene expression of juvenile cobia (*Rachycentron canadum*). **Aquaculture**, v. 368, p. 109-116.
- MALTEZ, L.C.; PINTO, D.S.B.P.; STRINGHETTA, G.R.; PELLEGRIN, L.; NITIZ, L.F.; GARCIA, L.O.G. & FIGUEIREDO, M.R.C. (2014). Toxicidade aguda da amônia não-ionizada em piavuçu *Leporinus macrocephalus* In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AQUICULTURA E BIOLOGIA AQUÁTICA. **Anais...** Foz do Iguaçu, PR.
- MELO, J.F.B., TAVARES-DIAS, M., LUNDESTEDT, L.M. & MORAES, G. (2006). Efeito do conteúdo de proteína na dieta sobre os parâmetros hematológicos e metabólicos do bagre sul americano *Rhamdia quelen*. **Revista Ciência Agroambiental**, v. 1, p. 43-51.
- MEURER, F., HAYASHI, C., & BOSCOLO, W.R. (2003). Fibra bruta para alevinos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*, L). *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 32, n. 2, p. 256-261.
- NAGAE, M.Y., HAYASHI, C. & GALDIOLI, E.M. (2008). Inclusão do triticale em rações para alevinos de piavuçu, *Leporinus macrocephalus* (Garavello & Britski 1988). **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v. 23, p. 849-853.
- NAVARRO, R.D., MATTA, S.L.P., LANNA, E.A.T., DONZELE, J.L., RODRIGUES, S.S., SILVA, R.F. & RIBEIRO FILHO, O. (2006). Níveis de energia digestível na dieta de piavuçu (*Leporinus macrocephalus*) no desenvolvimento testicular em estágio pós-larval. **Zootecnia Tropical**, v. 24, n. 2, p. 153-163.
- NOGUEIRA, G.B, SALARO, A.L., LUZ, R.K., ZUANON, J.A.S., LAMBERTUCCI, D.M. SALERNO, R.A. & DE ARAUJO, W.A.G. (2005). Desempenho produtivo de juvenis de trairão (*Hoplias lacerdae*) alimentados com rações comerciais. **Revista Ceres**, v. 52, n. 302, po. 491.
- OSTRENSKY, A, BORGHETTI, J.R. & CHAMMAS, M.A. (2008). Potencial para o desenvolvimento da aquicultura no Brasil. In: OSTRENSKY, A.; BORGHETTI, J.R. & SOTO, D. 2008 **Aquicultura no Brasil: o desafio é crescer**. Secretaria Especial de Aquicultura e Pesca: FAO. 276p

- PEZZATO, L.E., BARROS, M.M., PEZZATO, A.C., MIRANDA, E.C., QUINTERO, P.L.G. & FURUYA, W.M. (2000). Relación energía/proteína en la nutrición de alevinos de piaucú (*Leporinus macrocephalus*). **Revista de Medicina Veterinaria y Zootecnia**, Bogotá. v. 1, p. 2-6.
- RIBEIRO, R. P., HAYASHI, C., MARTINS, E. N., NIETO, L. M., & SUSSEL, F. R. (2001). Hábito e seletividade alimentar de pós-larvas de piaçuçu, *Leporinus macrocephalus* (Garavello & Britski, 1988), submetidas a diferentes dietas em cultivos experimentais. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 23, p. 829-834.
- RIBEIRO, F.S., RODRIGUES L.A. & FERNANDES J.B.K. (2007). Desempenho de juvenis de acará-bandeira (*Pterophyllum scalare*) com diferentes níveis de proteína bruta na dieta. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 33, n. 2, p. 195-203.
- RODRIGUES, S.S., NAVARRO, R.D. & MENIN, E. (2006). Adaptações anatômicas da cavidade bucofaringiana de *Leporinus macrocephalus* Garavello & Britski 1988 (*Pisces, Characiformes, Anostomidae*) em relação ao hábito alimentar. **Biotemas**, v. 19, n. 1, p. 51-58.
- RODRIGUES, S.S., NAVARRO, R.D. & MENIN, E. (2008). Anatomia do tubo digestório de *Leporinus macrocephalus* Garavello & Britski, 1988 (*Characiformes, Anostomidae*) em relação ao seu hábito alimentar. **Bioscience Journal**, v. 24, n. 3, p. 86-95
- RODRIGUES, L.A., FERNANDES, J.B.K., FABREGAT, T.P. & SAKOMURA, N.K. (2010). Desempenho produtivo, composição corporal e parâmetros fisiológicos de pacu alimentado com níveis crescentes de fibra. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, n. 8, p. 897-902.
- RUALES, D., CARLOS, A. & VÁSQUEZ-TORRES, W. (2014). Dietary protein and body mass affect ammonium excretion in white cachama (*Piaractus brachypomus*). **Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias**, v. 27, n. 2, p. 121-132.
- SANTOS, L., PEREIRA FILHO, M., SOBREIRA, C., ITUASSÚ, D. & FONSECA, F.D. (2010). Exigência protéica de juvenis de tambaqui (*Colossoma macropomum*) após privação alimentar. **Acta Amazônica**, v. 40, n. 3, p. 597-604.
- SEIXAS FILHO, J.T. (2004). Uma revisão sobre o papel do carboidrato e da proteína no metabolismo de peixes com hábitos alimentar carnívoro e onívoro. **Revista Augustus**, v. 9, n. 18, p. 32-51

SILVA, E.M., MONSERRAT, J.M., SAMPAIO, L.A. & TESSER, M.B. (2015). Crescimento e metabolismo do nitrogênio em juvenis de *Trachinotus marginatus* alimentados com diferentes níveis proteicos. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 67, n. 1, p. 131-139.

SOARES, C.M., C HAYASHI C., FURUYA V.R.B., FURUYA W.M. & GALDIOLI E.M. (2000). Substituição parcial e total da proteína do farelo de soja pela proteína do farelo de canola na alimentação de alevinos de piavuçu (*Leporinus macrocephalus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, n. 1, p. 15-22.

STRINGHETTA, G.R., PINTO, D.S.B.P., NITZ, L.F., MALTEZ, L.C., PELLEGRIN, L., GARCIA, L.O., FIGUEIREDO, M.R.C. (2014). Toxicidade aguda do nitrito em piavuçu *Leporinus macrocephalus*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AQUICULTURA E BIOLOGIA AQUÁTICA. **Anais...** Foz do Iguaçu, PR.

TNG, Y.Y., WEE, N.L., IP, Y.K. & CHEW, S.F. (2008). Postprandial nitrogen metabolism and excretion in juvenile marble goby, *Oxyeleotris marmorata* (Bleeker, 1852). **Aquaculture**, v. 284, n. 1, p. 260-267.

TONINI, W.C.T., BRAGA, L.G.T. & NOVA, D.L.D. (2008). Esvaziamento gástrico e intestinal em robalo (*centropomus parallelus*). **Archivos de Zootecnia**, v. 57, n. 217, p. 75-78.

UNESCO, (1983). **Chemical methods for use in marine environmental monitoring. Manual and Guides 12**, Intergovernmental Oceanographic Commissiony. Paris, France.

VAN DER VIES, J. (1954). Two methods for the determination of glycogen in liver. **Biochemical Journal**, v. 57, n. 3, p. 410-416.

VIEIRA, V. P., INOUE, L. A. K., & MORAES, G. (2005). Metabolic responses of matrinxã (*Brycon cephalus*) to dietary protein level. **Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology**, v. 140, n. 3, p. 337-342.

YANG, S.D., LIOU, C.H. & LIU, F.G. (2002). Effects of dietary protein level on growth performance, carcass composition and ammonia excretion in juvenile silver perch (*Bidyanus bidyanus*). **Aquaculture**, v. 213, n. 1, p. 363-372.

Tabelas

Tabela 1. Formulação e composição das rações experimentais com diferentes níveis de Energia Digestível (ED) e Proteína Bruta (PB), mantendo-se a relação ED/PB igual a 10, fornecidas a juvenis de piavuçu *Leporinus macrocephalus*.

Composição das rações experimentais				
Ingredientes	T1(2300/230)	T2(2800/280)	T3(3300/330)	T4(3800/380)
Inerte (celulose) (%)	33,49	20,06	10	0
Farelo de soja (%)	10,18	10,3	20,1	32,3
Farinha de pescado (%)	27,74	36,39	35,2	33
Farelo de trigo (%)	5,07	9,07	8	5
Farelo de arroz desengordurado (%)	9,13	9,07	8,99	5,99
Farelo de arroz integral (%)	1,8	2,6	5	9,9
Milho moído (%)	10,15	10,08	10	10
Óleo de canola (%)	0,3	0,3	0,7	1,7
Sal comum (%)	0,1	0,1	0,1	0,1
Premix (%) ¹	0,01	0,01	0,01	0,01
Calcário calcítico	0,7	0,4	0,2	0
Melaço (%)	2,03	2,02	1,9	2
Energia Digestível (kcal/kg)	2337	2800	3300	3800
Proteína bruta (g/kg)	229,995	280	330	380
Relação ED/ PB	10,16	10	10	10
Total (%)	100	100	100	100

¹ -Premix M. Cassab, SP - Brazil :(Vit. A (500,000 UI kg⁻¹), Vit. D3 (250,000 UI kg⁻¹), Vit. E (5,000 mg kg⁻¹), Vit. K3 (500 mg kg⁻¹), Vit. B1 (1,000 mg kg⁻¹), Vit. B2 (1,000 mg kg⁻¹), Vit. B6 (1,000 mg kg⁻¹), Vit. B12 (2,000 mcg kg⁻¹), Niacin (2,500 mg kg⁻¹), Calcium pantothenate (4,000 mg kg⁻¹), folic acid (500 mg kg⁻¹), biotin (10 mg kg⁻¹), vit. C (10,000 mg kg⁻¹). Colin (100,000 mg kg⁻¹), Inositol (1,000 mg kg⁻¹). Trace elements: selenium (30 mg kg⁻¹), iron (5,000 mg kg⁻¹), copper (5,000 mg kg⁻¹), manganese (5,000 mg kg⁻¹), zinc (9,000 mg kg⁻¹), cobalt (50 mg kg⁻¹), iodine (200 mg kg⁻¹).

Tabela 2. Parâmetros de qualidade da água (média \pm desvio padrão) durante 60 dias de experimento, no sistema de criação de juvenis de piavuçu alimentados com rações com diferentes níveis de energia digestível (ED) e proteína bruta (PB) com relação ED:PB = 10 kcal ED g PB⁻¹

Parâmetro ¹	Valor médio (60 dias)
Temperatura (°C)	27,33 \pm 0,71
Oxigênio dissolvido (mg L ⁻¹)	6,88 \pm 0,47
pH	6,94 \pm 0,23
Amônia total (mg L ⁻¹)	0,22 \pm 0,15
Nitrito (mg L ⁻¹)	0,19 \pm 0,08
Alcalinidade (mg L ⁻¹ CaCO ₃)	37,87 \pm 13,44

Tabela 3. Parâmetros zootécnicos (média \pm desvio padrão) de juvenis de piavuçu alimentados com rações com diferentes níveis de energia digestível (ED) e proteína bruta (PB) com relação ED:PB = 10 kcal ED g⁻¹ PB.

Parâmetros observados	Tratamentos (kcal ED/g PB)			
	T1 (2300/230)	T2 (2800/280)	T3 (3300/330)	T4 (3800/380)
K	1,12 \pm 0,04	1,14 \pm 0,12	1,24 \pm 0,04	1,26 \pm 0,03
RHS (%)	0,713 \pm 0,07	0,714 \pm 0,17	0,778 \pm 0,11	0,790 \pm 0,16
RVS (%)	29,01 \pm 7,10	31,31 \pm 1,89	30,52 \pm 4,02	32,24 \pm 2,72
RC (%)	70,99 \pm 7,11	68,69 \pm 1,89	69,48 \pm 4,02	67,75 \pm 2,72
PF (g)	50,33 \pm 12,44 ^b	59,61 \pm 17,41 ^b	80,39 \pm 20,42 ^a	90,65 \pm 22,06 ^a
CTF (cm)	16,48 \pm 1,38 ^b	17,07 \pm 1,41 ^b	18,66 \pm 1,52 ^a	19,32 \pm 1,61 ^a
TCE (%)	1,38 \pm 0,09 ^b	1,66 \pm 0,18 ^b	2,18 \pm 0,08 ^a	2,35 \pm 0,04 ^a
CPF (cm)	13,62 \pm 1,06 ^c	14,26 \pm 1,08 ^c	15,51 \pm 1,17 ^b	16,19 \pm 1,37 ^a
TEP (%)	1,75 \pm 0,27 ^b	1,72 \pm 0,31 ^b	1,64 \pm 0,09 ^b	1,53 \pm 0,07 ^a
CAA	2,54 \pm 0,43 ^c	2,11 \pm 0,39 ^b	1,85 \pm 0,14 ^b	1,72 \pm 0,12 ^a
GP (g)	27,81 \pm 2,98 ^a	36,79 \pm 6,36 ^a	57,74 \pm 2,55 ^b	67,55 \pm 3,89 ^b
GMD (cm)	0,48 \pm 0,05 ^a	0,63 \pm 0,11 ^a	0,99 \pm 0,04 ^b	1,16 \pm 0,07 ^b
CR (g/dia)	18,04 \pm 0,93 ^b	19,67 \pm 0,64 ^b	27,59 \pm 1,99 ^a	30,01 \pm 0,39 ^a
S (%)	100%	100%	100%	100%

K= Fator de Condição Corporal; RHS= Relação hepatossomática; RVS= Relação viscerossomática; RC= Rendimento de carcaça; PF= Peso final; CTF= Comprimento total final; TCE= Taxa de Crescimento específico; CPF= Comprimento padrão final; TEP= Taxa de eficiência protéica; CAA= Conversão Alimentar Aparente; GP= Ganho de peso; GMD = Ganho médio diário; CR = consumo de ração; S= sobrevivência. Letras diferentes, na mesma linha, indicam diferenças significativas de acordo com o teste de Tukey (p < 0,05).

Tabela 4. Composição proximal (Médias \pm desvio padrão) dos juvenis de piavuçu alimentados com rações com diferentes níveis de energia digestível (ED) e proteína bruta (PB) com relação ED:PB = 10 kcal ED g⁻¹ PB.

Parâmetros	Tratamentos (kcal ED g ⁻¹ PB)			
	T1 (2300/230)	T2 (2800/280)	T3 (3300/330)	T4 (3800/380)
Umidade (%) ¹	73,83 \pm 1,19 ^a	74,02 \pm 0,83 ^a	72,37 \pm 0,81 ^a	70,65 \pm 0,33 ^b
Lipídeos (%) ¹	5,07 \pm 0,34 ^c	6,41 \pm 0,41 ^b	6,61 \pm 0,32 ^b	8,34 \pm 0,48 ^a
Proteínas (%) ²	67,86 \pm 3,99 ^b	71,19 \pm 3,61 ^a	70,28 \pm 0,57 ^a	69,21 \pm 2,26 ^a
Lipídeos (%) ²	19,85 \pm 0,39 ^c	21,95 \pm 0,79 ^c	24,51 \pm 0,91 ^b	28,15 \pm 0,81 ^a
Cinzas (%) ²	10,78 \pm 0,12 ^{ab}	11,59 \pm 0,46 ^a	10,41 \pm 0,42 ^b	9,23 \pm 0,14 ^c

⁽¹⁾ Composição matéria natural; ⁽²⁾ Composição em base seca;
 Letras diferentes, na mesma linha, indicam diferenças significativas de acordo com o teste de Tukey (p < 0,05)

Tabela 5. Teor de glicogênio (Médias \pm desvio padrão) no músculo (TGM) e no fígado (TGF) dos juvenis de piavuçu alimentados com rações com diferentes níveis de energia digestível (ED) e proteína bruta (PB) com relação ED:PB = 10 kcal ED g PB⁻¹.

Parâmetros Observados	Tratamentos (kcal ED/g PB)			
	T1 (2300/230)	T2 (2800/280)	T3 (3300/330)	T4 (3800/380)
TGM (%)	1,174 \pm 0,095 ^a	0,714 \pm 0,079 ^b	0,752 \pm 0,061 ^b	0,718 \pm 0,065 ^b
TGF (%)	1,094 \pm 0,161 ^c	2,343 \pm 0,783 ^b	2,02 \pm 0,265 ^b	3,215 \pm 0,719 ^a

Letras diferentes, na mesma linha, indicam diferenças significativas de acordo com o teste de Tukey ($p < 0,05$).

Tabela 6. Parâmetros hematológicos (Médias \pm desvio padrão) dos juvenis de piavuçu alimentados com rações com diferentes níveis de energia digestível (ED) e proteína bruta (PB) com relação ED:PB = 10 kcal ED g PB⁻¹.

Parâmetros	Tratamentos (kcal ED g ⁻¹ PB)			
	T1 (2300/230)	T2 (2800/280)	T3 (3300/330)	T4 (3800/380)
Hematócrito (%)	45,44 \pm 4,03	43,22 \pm 5,56	44,12 \pm 3,01	43,89 \pm 3,10
Glicose (mg/dl)	52,44 \pm 8,51	60,33 \pm 10,78	57,88 \pm 11,92	57,89 \pm 6,97
Colesterol (mg/dl)	205,22 \pm 19,70	201 \pm 22,06	197,44 \pm 20,57	182,11 \pm 18,24
Proteínas Totais (g/dl)	3,32 \pm 0,41	3,29 \pm 0,29	3,39 \pm 0,28	3,17 \pm 0,24
Triglicerídeos (mg/dl)	199,33 \pm 33,29	201,66 \pm 23,66	244,66 \pm 58,80	233,66 \pm 38,96

Letras diferentes, na mesma linha, indicam diferenças significativas de acordo com o teste de Tukey ($p < 0,05$); ausência de letras indica diferenças não significativas ($p > 0,05$).

Figuras

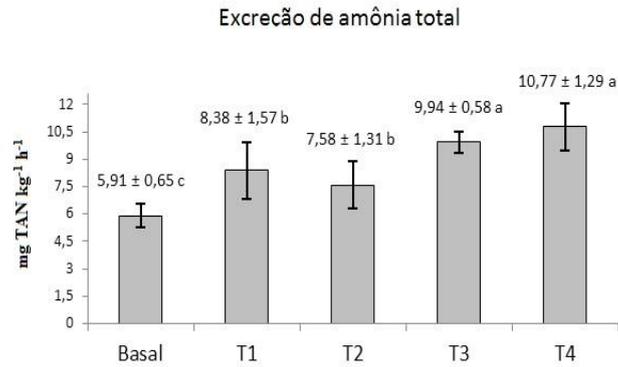


Figura 1. Média da excreção de amônia diária (TAN, mg L⁻¹) pelos juvenis de piavaçu alimentados com rações de diferentes níveis de energia digestível (ED) e proteína bruta (PB) com relação ED:PB = 10 kcal ED g PB⁻¹ (T1 = 2300 kcal ED 230 g⁻¹ PB; T2 = 2800 kcal ED 280 g⁻¹ PB; T3 = 3300 kcal ED 330 g⁻¹ PB; T4 = 3800 kcal ED 380 g⁻¹ PB, por kg de ração). Letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey (p>0,05).

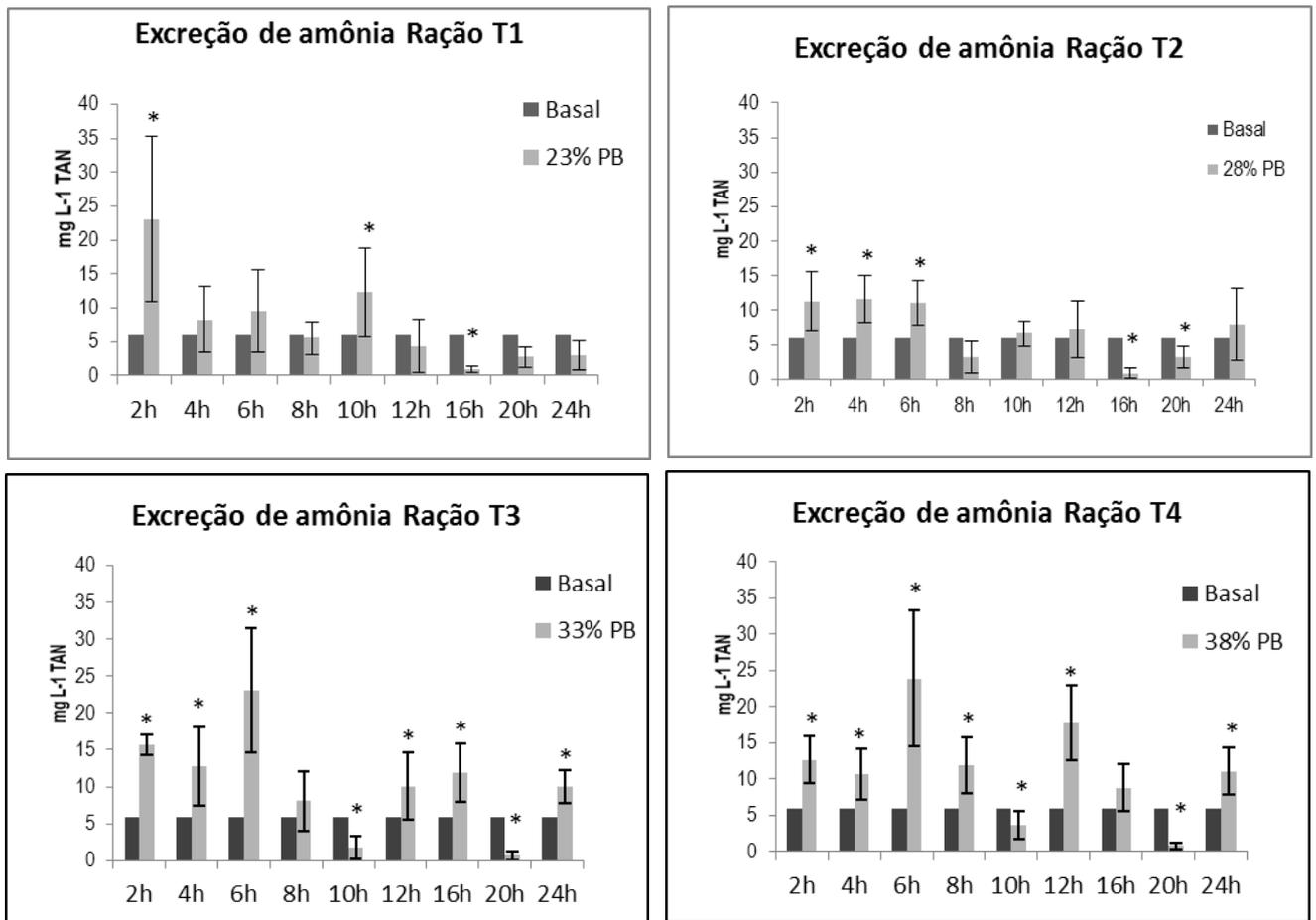


Figura 2. Padrão de excreção de amônia (TAN, mg L⁻¹) pós-prandial de juvenis de piavuçu, de 2 a 24 horas após a alimentação com rações com diferentes níveis de energia digestível (ED) e proteína bruta (PB) com relação ED:PB = 10 kcal ED g PB⁻¹ (T1 = 2300 kcal ED 230 g PB⁻¹; T2 = 2800 kcal ED 280 g PB⁻¹; T3 = 3300 kcal ED 330 g PB⁻¹; T4 = 3800 kcal ED 380 g PB⁻¹, por kg de ração).

*difere do metabolismo basal pelo teste não paramétrico de Mann-Whitney ($\alpha < 0,05$)

5. Conclusões Gerais

- De acordo com os resultados obtidos, as considerações sobre a relação ED:PB kg Ração⁻¹ = 10 estabelecidas para o piavuçu devem ser mantidas porém utilizando 3800 kcal ED: 380 g PB na fase de juvenis, pois proporcionaram um melhor desempenho zootécnico e também um melhor aproveitamento da proteína fornecida na ração.
- O alto nível de Energia digestível não resultou em peixes gordos e não alterou os parâmetros sanguíneos mantendo a higidez dos animais e pode ter propiciado a utilização correta da proteína na construção de tecido muscular, assim como a utilização das reservas energéticas do fígado e do músculo.
- O aumento dos níveis de proteína propiciou aumento na taxa de excreção de amônia.
- Os níveis de energia e proteína utilizados nas rações do presente estudo, (T1= 2300 kcal kg⁻¹: 230 g kg⁻¹, T2= 2800 kcal kg⁻¹: 280 g kg⁻¹, T3= 3300 kcal kg⁻¹: 330 g kg⁻¹ e T4= 3800 kcal kg⁻¹: 380 g kg⁻¹), podem alterar os parâmetros de desempenho zootécnico e parâmetros fisiológicos de juvenis de piavuçu *Leporinus macrocephalus*.