

FRANCISCO OLIVEIRA DE MAGALHÃES JÚNIOR

DIGESTIBILIDADE APARENTE DE NUTRIENTES E ENERGIA DE  
INGREDIENTES CONVENCIONAIS PARA JUVENIS DE CARAPEBA,

*Diapterus rhombeus*

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciência Animal da Universidade Estadual de Santa Cruz, para obtenção do grau de Mestre em Ciência Animal.

Área de concentração: Produção Animal

Orientador: Prof. DSc. Luís Gustavo Tavares Braga

ILHÉUS – BAHIA

2013

M188 Magalhães Júnior, Francisco Oliveira de.  
Proteína digestível e redução do uso de farinha de peixe em dietas para o pirarucu, Arapaima gigas / Francisco Oliveira de Magalhães Júnior. – Ilhéus, BA: UESC, 2017.  
xi, 75 f. : il. ; anexos.

Orientador: Luis Gustavo Tavares Braga.  
Tese (Doutorado) – Universidade Estadual de Santa Cruz. Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal.  
Inclui referências e apêndice.

1. Pirarucu (Peixe). 2. Peixe – Alimentos e rações. 3. Nutrição animal. 4. Aquicultura. 5. Peixes – Viveiros. I. Título.

CDD 597

FRANCISCO OLIVEIRA DE MAGALHÃES JÚNIOR

DIGESTIBILIDADE APARENTE DE NUTRIENTES E ENERGIA DE  
INGREDIENTES CONVENCIONAIS PARA JUVENIS DE CARAPEBA,  
*Diapterus rhombeus*

Ilhéus-BA, 27/02/2013.

---

Luís Gustavo Tavares Braga - DSc  
UESC/DCAA  
(Orientador)

---

Leandro Batista Costa - DSc  
UESC

---

Ricardo Castelo Branco Albinati - DSc  
UFBA

ILHÉUS – BAHIA  
2013

Aos meus pais Francisco e Zilene - cheguei até aqui porque acreditaram, oraram e me apoiaram durante todos esses 2 anos de pós-graduação. É uma honra ser filho de vocês.

Aos meus irmãos Francis e Franklei e minha cunhada Dina - vocês me deram força e são exemplos de perseverança e humildade que tanto precisei durante esse mestrado.

Vocês todos são o meu maior "título"! Tenho certeza de que o laço de amor que nos une jamais será enfraquecido, mesmo que, muitas vezes, à distância nos separe.

**Com Orgulho, DEDICO.**

## AGRADECIMENTOS

A Deus por acompanhar todos os meus passos dando força, paciência e determinação em todos os momentos e, principalmente nas horas mais difíceis - que não foram poucas!

Ao meu orientador, "meu querido" Prof. Dr. Luís Gustavo Braga, obrigado pela confiança, por ter acreditado em mim e em minha capacidade, pela orientação e amizade durante esses dois anos que estivemos juntos - Você sempre será um grande exemplo de profissional para minha vida.

Ao meu amigo, "patrão" Willian Tonini, pela amizade, pelos ensinamentos, pelos conselhos e pelas resenhas (todas elas) – Nossa amizade não acaba com o fim do mestrado, obrigado mesmo.

À minha querida Érica B. Passinato, você chegou em minha vida quando eu mais precisava encontrar forças para continuar a caminhar na pós - Seu carinho, suas orações, sua alegria e seu companheirismo foram muito importantes e essenciais para alcançar o final dessa fase. Muito Obrigado "Rosa"!

Ao "Licuri" Ricardo Bastos, pela ajuda nas engenharias, nos consertos de bomba, nas limpezas pesadas, no trabalho braçal em geral e pelas resenhas. Ahhh... e pela estatística! – aprendi muito contigo.

À "Dri" Driele Ventura, pela amizade, conselhos e conforto em momentos difíceis – Obrigado amiga.

Aos amigos do Aquanut, agregados et al., que viveram comigo de perto esses anos de batalha e muito trabalho, obrigado pela cumplicidade e convívio: Filipe Cipriano, Kauana Lima, Danielle Ferreira, Hortência Mazzo, Fernanda Borges, Milane Ribeiro, Flavia Viana, Vitor Rezende, Vinicius Gallo, John Mayke, Bruno Laurindo, Laís Leal, ... – Sem vocês não teria graça rsrsrs.

Aos amigos que fiz nessa fase e levarei sempre na lembrança: Rita Tonini, Aline Dias, Camila e Lorena Andrade, Roberto e Cinthia Moraes, "Deca" Andreson, Karen Martins, Jorge Zaidan, Juliana Mendonça - Vocês fizeram bons até os momentos ruins nesses 2 anos.

Aos pescadores "Zé carapeba", "Boca", "Negão", "Tim" – sem vocês seria bem mais difícil.

À Dona Antônia pela atenção e cafezinho, e as meninas da limpeza Jamiliane e Alda, por tentarem organizar nosso laboratório, muitas vezes sem sucesso.

Ao CNPq e CAPES, pela bolsa de estudo – com ela, tornou possível a realização deste trabalho – e financiamento do projeto de pesquisa.

A FAPESB e a UESC, pela colaboração quando necessária.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização desse trabalho – Obrigado!

**DIGESTIBILIDADE APARENTE DE NUTRIENTES E ENERGIA DE  
INGREDIENTES CONVENCIONAIS PARA JUVENIS DE CARAPEBA,  
*Diapterus rhombeus***

**RESUMO**

O conhecimento do valor nutritivo de alimentos é um passo importante na formulação de dietas para maximizar a produtividade animal. Foi realizado um estudo para determinar os coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) da matéria seca (CDAMS), da proteína bruta (CDAPB), da energia bruta (CDAEB) e dos aminoácidos (CDAAA) de ingredientes convencionais para juvenis de carapeba ( $13 \pm 3,23$  g). O estudo foi realizado no Laboratório de Nutrição e Alimentação de Peixes (AQUANUT), utilizando 60 exemplares de carapeba, coletados na natureza, que foram mantidos em aquários de digestibilidade no período de 32 dias. Foram avaliados os seguintes ingredientes: farinha de peixe, farelo de soja, fubá de milho, farelo de glúten de milho, farelo de arroz, farelo de trigo e amido, que substituíram 30% de uma dieta referência peletizada com 32% de proteína bruta e 3.700 Kcal/Kg de energia bruta, utilizando 0,1% óxido de cromo como marcador. As excretas foram obtidas utilizando três repetições para cada ingrediente testado, e após a secagem foram realizadas as análises laboratoriais. O farelo de soja apresentou o melhor resultado para o CDAMS (67,45%) seguido pelos demais ingredientes. Para o CDAPB não houve diferença significativa entre o farelo de soja (95,16%), a farinha de peixe (92,97%) e o fubá de milho (91,90%) que apresentaram os melhores coeficientes. Em relação ao CDAEB os resultados do farelo de soja e fubá de milho foram 65,23 e 60,31%, respectivamente, seguidos pela farinha de peixe (51,85%). A carapeba demonstrou que consegue aproveitar a proteína tanto de origem animal quanto de origem vegetal, demonstrando capacidade para ambas às fontes proteicas, evidenciando também eficiência de digerir e absorver alguns dos principais aminoácidos para peixes como a lisina, metionina e treonina, para os mesmos ingredientes estudados.

**Palavras chave:** Acará-peba. Valor nutritivo. Piscicultura. Maricultura.

## APPARENT DIGESTIBILITY OF NUTRIENTS AND CONVENTIONAL ENERGY INGREDIENTS FOR JUVENILES FROM CARAPEBA, *Diaapterus rhombeus*

### ABSTRACT

The knowledge of the nutritional value of food is an important step in the formulation of diets to maximize animal productivity. A study was conducted to determine the apparent digestibility coefficients (ADC) of dry matter (ADCDM), crude protein (ADCCP), gross energy (ADC GE) and amino acids (ADCAA) conventional ingredients for juvenile carapeba ( $13 \pm 3.23$  g). The study was conducted at the Laboratory of Nutrition and Feeding of Fish (AQUANUT), using 60 juvenile of carapeba collected in nature, which were kept in aquariums digestibility in the period of 32 days. We evaluated the following ingredients: fish meal, soybean meal, corn meal, corn gluten meal, rice bran, wheat bran and starch, which replaced 30% of a reference pelleted diet with 32% crude protein and 3,700 kcal / kg gross energy using 0.1% chromium oxide as a marker. The excreta were obtained using three replicates for each ingredient tested, and after drying were carried out laboratory tests. Soybean meal showed the best result for ADCDM (67.45%) followed by the remaining ingredients. To ADCCP no significant difference between the soybean meal (95.16%), fish meal (92.97%) and corn meal (91.90%) showed the best coefficients. Regarding ADCGE the results of soybean meal and corn meal were 65.23 and 60.31%, respectively, followed by fish meal (51.85%). The carapeba showed that can take advantage of both animal protein as vegetable origin, demonstrating the capacity for both protein sources and demonstrates the efficiency digest and absorb some of the major fish such as amino acids lysine, methionine and threonine for the same ingredients studied.

Keywords: Acara-peba. Nutritive value. Fishfarm. Mariculture.

## LISTA DE TABELAS

	Página
Tabela 1 Teores de proteína bruta (%) e de aminoácidos essenciais (%) de ingredientes proteicos e energéticos utilizados na ração para peixes (na matéria natural).....	21
Artigo: Digestibilidade aparente de nutrientes e energia de ingredientes convencionais para juvenis de carapeba, <i>Diapterus rhombeus</i>	
Tabela 1 Composição alimentar da dieta referência.....	31
Tabela 2 Valores médios dos coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca (CDAMS), proteína bruta (CDAPB), energia bruta (CDAEB) para juvenis de carapeba.....	33
Tabela 3 Valores de coeficientes de digestibilidade aparente de aminoácidos dos ingredientes.....	35
Tabela 4 Comparação dos valores dos CDA's da MS, PB e EB dos ingredientes avaliados com os valores encontrados na literatura consultada.....	37

## SUMÁRIO

	Página
1. Introdução.....	11
2. Revisão de literatura.....	12
2.1. Situações da aquicultura no mundo e no Brasil.....	12
2.2. Carapeba, <i>Diapterus rhombeus</i> .....	13
2.3. Estudo de digestibilidade.....	14
2.3.1. Digestibilidade de ingredientes proteicos e energéticos.....	15
2.4. Ingredientes utilizados na alimentação de peixes.....	17
2.4.1. Alimentos energéticos.....	17
2.4.2. Alimentos proteicos.....	19
3. Referências.....	23
4. Artigo - Digestibilidade aparente de nutrientes e energia de ingredientes convencionais para juvenis de carapeba, <i>Diapterus rhombeus</i> .....	28
5. Introdução.....	29
6. Material e métodos.....	30
6.1. Peixes e Infraestrutura.....	30
6.2. Preparações das dietas.....	31
6.3. Manejo experimental e coleta de fezes.....	32
6.4. Determinações da digestibilidade.....	32
6.5. Análise estatística.....	33
7. Resultados.....	33
8. Discussão.....	36
8.1. Coeficientes de digestibilidade da matéria seca.....	36
8.2. Coeficientes de digestibilidade da proteína bruta.....	37
8.3. Coeficientes de digestibilidade da energia bruta.....	38
8.4. Coeficientes de digestibilidade dos aminoácidos.....	39
9. Referências.....	42
10 Anexo .....	46

## 1. Introdução

A aquicultura, cultura que abrange as criações de peixes (piscicultura), rãs (ranicultura), camarões (carcinicultura), algas (algicultura) e moluscos (malacocultura) é a principal responsável pela redução do déficit entre a demanda e a oferta de pescado no mercado mundial nos últimos anos. No Brasil está se firmando como atividade pecuária, onde atualmente é praticada em todos os estados (CAVALLI, 2011).

Para obtenção de melhor eficiência alimentar na piscicultura é necessário integrar fatores como características fisiológicas, hábito alimentar e exigência nutricional da espécie cultivada, além da composição química e disponibilidade de nutrientes dos ingredientes utilizados para formulação da ração (LANNA, 2004).

As diferentes espécies aproveitam de forma distinta os ingredientes que estão presentes na ração (ANDRIGUETTO et al., 1982) e apresentam diferentes exigências nutricionais, fazendo com que aumente a demanda por estudos relacionados à avaliação de ingredientes usados para fabricação de rações de peixes.

Uma das ferramentas para avaliar a qualidade de um ingrediente ou dieta é a determinação do coeficiente de digestibilidade, que possibilita avaliar o seu valor nutricional, bem como os níveis de nutrientes que não foram digeridos e que serão eliminados no meio ambiente como resíduos (FURUYA et al., 2001a).

Visando a utilização de novas espécies com interesse zootécnico para maricultura, a carapeba, *Diapterus rhombeus*, está sendo estudada não só pela apreciação dos pescadores costeiros, mas por ser uma espécie marinha, onívora e facilmente encontrada em regiões costeiras do Brasil, com diferentes salinidades, favorecendo sua produção.

## **2. Revisão de literatura**

### **2.1 Situações da aquicultura no mundo e no Brasil**

A produção da aquicultura mundial tem apresentado crescimento anual de 3,2% entre 1961 e 2009, saindo de menos de 1 milhão de toneladas em 1950 para 63,6 milhões de toneladas em 2011. A América Latina tem se destacado como a região de maior crescimento médio anual no período de 1970 a 2008, seguido pelo Oriente Médio com 14,1%. Tendo o Chile apresentado o maior produtor da América Latina seguida pelo Brasil (FAO, 2012).

De acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS) o consumo anual de pescado recomendado é de pelo menos 12 kg/habitante/ano, que é superior ao verificado no Brasil, embora tenha apresentado crescimento de 40% entre os anos de 2003 a 2010, com consumo de 9,03 kg/habitante/ano. Em 2010, a aquicultura colaborou com 47% do pescado destinado ao consumo nacional, com 479.398 mil de toneladas produzidas, onde 85 mil toneladas (17,7%) foram resultantes da maricultura (FAO, 2012).

Atualmente o Brasil produz cerca de 1,25 milhões de toneladas de pescado, sendo 38% cultivado. Segundo levantamento estatístico divulgado pelo Ministério da Pesca e Aquicultura (MPA) em 2012 a atividade apresentou significativo crescimento, passando de 278 mil toneladas em 2003 para 479 mil em 2010 (72% de incremento), sendo a produção que mais cresceu no mercado nacional de carnes no período. Já a produção oriunda da piscicultura é ainda mais expressiva, atingindo 87,2% de crescimento apenas entre 2007 e 2010 (MPA, 2012).

Entre os vários campos da aquicultura, a piscicultura marinha é uma das áreas que mostra as mais altas taxas de crescimento em todo o mundo, mantendo-se superior a 10% ao ano no período de 1990 a 2010 (CAVALLI, 2011; FAO, 2012). Em 2010, a Região Nordeste do Brasil foi responsável pela maior parcela da produção nacional, com 195.842 t. A Região Sul ficou em segundo lugar, com 156.574 t, embora este valor tenha sido menor do que nos dois anos anteriores (173.636 t em 2009 e 159.015 t em 2008). A produção pesqueira marinha de peixes, em 2010 foi de 465.455 t representando redução

de 8,8% em relação a 2009, quando foram pescadas 510.524 t de peixes (MPA, 2012).

Visando o crescimento da atividade e do consumo da produção de peixes, procura-se a utilização de novas espécies com potencial de produção, como bom rendimento de carcaça, boa conversão alimentar, rusticidade, facilidade de reprodução em cativeiro, adaptação à alta densidade e à ração comercial. Uma boa alternativa para maricultura é a produção de espécies da região litorânea que se adaptam em ambientes com variações de salinidade.

## 2.2 Carapeba, *Dapterus rhombeus*

A carapeba, acará-peba, caratinga ou mojarra prateada, *Dapterus rhombeus*, pertencente à família Gerreidae é encontrada nos ambientes costeiros das regiões Sul e Sudeste do Brasil. Os adultos desovam em regiões de maior profundidade, mas os jovens utilizam as águas rasas de praias e canais de mangue como criadouro (MENEZES; FIGUEIREDO, 1980).

É uma espécie de águas tropicais e subtropicais, possui hábito alimentar onívoro, alimentando-se de algas e pequenos invertebrados. Pode ser encontrada desde mar aberto até áreas de estuários onde se verifica teores variáveis de salinidade (CHAVES; OTTO, 1998), o que representa função importante tanto na ictiofauna estuarina quanto na pesca de subsistência de algumas regiões (CHEN et al., 2007).

A carapeba possui cabeça pequena em relação ao corpo, coloração prateada escura no dorso com nadadeiras anal e pélvica amareladas. O corpo é alto, podendo atingir até 40 cm de comprimento e pesar 8 kg quando adulta (SZPILMAN, 2000), sendo uma espécie gregária, encontrada em cardumes (COSTA et al., 2012) o que facilita a obtenção de exemplares na natureza.

Embora seja uma espécie nativa no litoral brasileiro e apresente características vantajosas para o cultivo em cativeiro, trabalhos focados na espécie ainda são escassos, a exemplo dos que foram conduzidos sobre os aspectos biológicos (ETCHEVERS, 1978; CHAVES; OTTO, 1998; SILVA et al., 2011), sobre a distribuição espacial (ARAÚJO; SANTOS, 1999; AYALA-PEREZ et al., 2001; COSTA et al., 2012) e o ciclo reprodutivo (BEZERRA et al., 2001). Estudos sobre a nutrição da espécie, a exemplo da digestibilidade de

ingredientes ainda não foram realizados, sendo o passo primordial para a confecção de rações eficientes.

### **2.3 Estudo de digestibilidade**

Um alimento pode ser considerado excelente fonte de nutrientes quando sua composição nutricional é avaliada, mas para determinar seu verdadeiro valor nutricional é necessário que este alimento seja digerido e absorvido pela espécie em questão, ou seja, determinar sua digestibilidade (PLAKAS; KATAYAMA, 1981).

Determinar o coeficiente de digestibilidade dos nutrientes de um alimento é importante para a formulação de dietas que maximizem a produtividade e crescimento na piscicultura, fornecendo nutrientes que atendam as exigências nutricionais da espécie e diminuindo a carga de efluentes produzidos pelos peixes (SALIM et al., 2004).

Um dos maiores desafios da piscicultura é obter alta produtividade com o mínimo de resíduos excretados no ambiente. Isso é particularmente aplicado à excreção de nitrogênio (N) e fósforo (P) que limitam a produção primária de algas, sendo o P o mais impactante em água doce e o N em ambientes marinhos, podendo esses resíduos serem os responsáveis pela eutrofização da água dos sistemas de produção, que dependem de uma alimentação balanceada (FURUYA et al., 2005; CYRINO et al., 2010).

A disponibilidade dos nutrientes para os peixes deve ser determinada em termos de digestibilidade, que representa a fração dos nutrientes dos ingredientes usados na alimentação, que são digeridos e absorvidos (GODDARD; McLEAN, 2001; NRC, 2011). Assim, a determinação do coeficiente de digestibilidade dos alimentos é importante para avaliar os valores nutricionais dos alimentos que serão usados na formulação de dietas para peixes e é baseada no quanto do alimento o peixe utilizou da ração ingerida, dependendo das condições e dos métodos aplicados nos experimentos de digestibilidade (PORTZ, 2001).

Os métodos utilizados para determinar a digestibilidade em animais aquáticos são diferentes daqueles aplicados para suínos e aves, principalmente quanto à coleta de fezes. O método direto considera todo o

alimento consumido e a quantidade de fezes resultantes, sendo que a medida do coeficiente de digestibilidade é dada pela diferença da quantidade de nutrientes ingeridos e excretados pelas fezes.

Entretanto, utiliza-se com maior frequência o método indireto, que envolve o uso de um marcador inerte, como o óxido de cromo ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ), o qual é incluído na dieta em concentrações de 0,1 a 1,0%, sendo este marcador o mais comumente utilizado em estudos de digestibilidade. Considera-se que a quantidade do marcador no alimento e nas fezes permaneça constante durante o período experimental e que todo o marcador ingerido aparecerá nas fezes. Este método elimina a necessidade de coletar toda a excreta e permite que os peixes tenham acesso irrestrito à dieta (NRC, 2011).

Pesquisas foram realizadas buscando identificar as melhores metodologias para determinação dos coeficientes de digestibilidade (RICHE et al., 1995; VIDAL Jr. et al., 2004) entretanto, essa técnica de determinação da digestibilidade ainda não foi padronizada (VANDENBERG; DE LA NOUE, 2001; ABIMORAD; CARNEIRO, 2004).

De acordo com Pezzato et al. (2002), existem diferentes metodologias e estruturas para determinação da digestibilidade de ingredientes e rações para peixes. Os mais usuais são os tanques coletores, com captação das fezes por decantação no próprio recipiente, que são os sistemas Guelph e Guelph modificado. Entretanto, outras formas podem ser utilizadas como a extrusão do conteúdo final do intestino, dissecação da porção distal do intestino e sucção mecânica anal, sendo que a eficiência de cada um varia de acordo com a espécie de peixe (SAKOMURA; ROSTAGNO, 2007).

Os riscos de estressar os peixes devido à intensa manipulação é um dos problemas da coleta de material na água, além dos riscos de haver lixiviação dos nutrientes resultando em uma superestimação dos valores de digestibilidade (GLENCROSS et al., 2007; SAKOMURA; ROSTAGNO 2007).

### **2.3.1 Digestibilidade de ingredientes proteicos e energéticos**

Rações que são formuladas com base no conceito de proteína bruta podem não atender necessidades nutricionais dos peixes e, como consequência, a deficiência ou o excesso de aminoácidos podem ocorrer

(WILSON et al., 2002), levando a redução do crescimento, em virtude da degradação da proteína dos tecidos para manutenção das funções fisiológicas (MILLWARD, 1989). O excesso de aminoácido também acarreta em elevadas concentrações de compostos nitrogenados liberados no ambiente, oriundo das excretas e da matéria orgânica não assimilada pelo peixe (SIPAÚBA-TAVARES et al., 2003).

Buscando aperfeiçoar o uso de matérias-primas de alto custo como o milho e a soja, e possibilitar a substituição por ingredientes alternativos, tem-se formulado rações com base em aminoácidos digestíveis, garantindo o aporte equivalente destes e suas deficiências com a suplementação de aminoácidos sintéticos (SAKOMURA; ROSTAGNO, 2007).

De acordo com Wilson (2002), assim como outros animais, os peixes não possuem exigência quanto aos níveis exatos de proteína, mas sim pelo balanço de aminoácidos essenciais e não essenciais. Estes devem estar presentes na ração em quantidades adequadas, seja pela incorporação de diferentes ingredientes na ração ou pela suplementação com aminoácidos sintéticos (STOREBAKKEN et al., 1998).

Estudos sobre o coeficiente de digestibilidade da proteína e da energia dos principais produtos e subprodutos produzidos no Brasil e usados na elaboração de rações são de importância fundamental para a nutrição e economia, resultando em uma dieta mais equilibrada, de menor custo e precisa para organismos aquáticos (ABIMORAD; CARNEIRO, 2004).

Para avaliação correta de ingredientes convencionais e alternativos na formulação de rações na piscicultura é essencial determinar o coeficiente de digestibilidade aparente (CDA) dos aminoácidos, pois a partir dessas informações é possível aprimorar a utilização dos ingredientes reduzindo o desperdício e o diminuindo o lançamento de dejetos no ambiente (FURUYA et al., 2001b).

Estudos a respeito da digestibilidade da farinha de peixe já foram realizados em várias espécies marinha como o linguado (*Scophthalmus maximus*) (DAVIES et al., 2009), beijupirá (*Rachycentron cabadum*) (ZHOU et al., 2004) e cioba (*Lutjanus argentimaculatus*) (ABBAS et al., 2012), já a digestibilidade de dietas a base de farelo de soja foram estudadas por BARROSO et al (2002) e DAVIES et al (2009) utilizando o robalo (*Dicentrarchus*

labrax) e a dourada (*sparus aurata*), respectivamente. MCCOOGUN & REIGH (1996) com red drum (*scianopolis ocellatus*) e SULIVAN & REIGH (1995) com striped bass hybrid (*M.saxalitis x M. chrysops*), analisaram a digestibilidade de dietas a base de milho.

## **2.4 Ingredientes utilizados na alimentação de peixes**

No ambiente natural os peixes conseguem suprir suas necessidades com o alimento disponível no meio aquático. Quando confinados, devem receber dieta balanceada para que sejam atendidas as suas exigências e, dessa forma, possam expressar seu potencial genético. Para aperfeiçoar a formulação dessas rações é necessária a determinação da digestibilidade dos ingredientes e nutrientes de uma dieta (FURUYA, 2010).

Na fabricação de ração para peixes utilizam-se ingredientes de origem animal (farinha de carne, penas, vísceras e sangue) que são mais completos em relação ao balanço de aminoácidos e os de origem vegetal (grãos, cereais e raízes) que são mais baratos podendo substituir parcialmente fontes de origem animal (FURUYA, 2010).

Quando criados em ambientes confinados, os peixes não encontram alimentos em quantidade e qualidade que atendam suas exigências nutricionais, para expressarem seu potencial para desempenho produtivo e reprodutivo (FURUYA, 2010). Para tanto, torna-se indispensável à utilização de uma alimentação balanceada, à base de rações formuladas com variados ingredientes que sejam palatáveis e de boa aceitação pelo animal, explorando ao máximo o aproveitamento do alimento e o seu potencial de produção, garantindo desempenho e retorno econômico.

### **2.4.1 Alimentos energéticos**

Para que um alimento seja considerado energético, este deve possuir em média menos de 18% de fibra bruta e menos de 20% de proteína bruta ambos na matéria seca (FIALHO et al., 2009), podendo ser de origem vegetal ou animal.

## **Milho**

O milho é o ingrediente mais utilizado na formulação de rações, segundo a CONAB (2013) a produção nacional de milho na safra 2012/2013 foi de aproximadamente 76 milhões de toneladas. Este alimento possui elevado teor de carboidratos (23% de amilose e 73% de amilopectina), é rico em energia 3.626 Kcal/Kg de energia bruta, porém tem baixo teor de proteína com cerca de 8% (FURUYA, 2010) (Tabela 1).

Na alimentação de peixes onívoros e herbívoros, o milho moído é usado como principal fonte energética. Seu teor de inclusão é dado em função da disponibilidade e viabilidade econômica, devendo-se analisar o teor de umidade, presença de micotoxinas, resíduos de pesticidas e sementes tóxicas (FURUYA, 2010).

Dentre os alimentos energéticos, o milho possui coeficiente de digestibilidade aparente da energia bruta superior a 90% para a tilápia (GONÇALVES et al., 2009).

## **Farelo de trigo**

No Brasil, o trigo é o cereal de inverno de maior importância, sendo cultivado principalmente nos estados da região Sul (Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul). Sua área de abrangência, entretanto, atinge também os estados de Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Goiás, Distrito Federal, São Paulo e Minas Gerais. Embora o cultivo irrigado seja importante nos estados da região centro-oeste e sudeste, predomina o sistema de sequeiro, ou seja, sem irrigação em grande parte do país (CAIERÃO, 2009). Segundo a CONAB, (2013) a produção nacional de trigo em 2012/2013 foi de 4 milhões de toneladas.

O trigo apresenta teor de proteína e teor de energia bruta mais elevado que o milho, cerca de 14% e 4.000 Kcal/Kg, respectivamente, sendo rico em fibra, limitando seu uso em 20 a 30% nas rações. Possui uma substância chamada de pentosana, que pode estar presente em torno de 5 a 8%, causando alterações de viscosidade da dieta. Esse problema pode ser controlado, limitando a quantidade de trigo na dieta (FURUYA, 2010).

## **Farelo de arroz**

O arroz é produzido mundialmente para consumo humano, mas quando produzido em excedente ou por não estar dentro das especificações para consumo humano ou por razões econômicas pode ser utilizado na alimentação animal. De acordo com a CONAB (2013) a produção nacional de arroz em 2012/2013 foi de aproximadamente 12 milhões de toneladas.

Do arroz, o que se pode aproveitar na alimentação animal são os subprodutos, removidos mecanicamente durante o processo de preparação para consumo humano. O farelo de arroz, co-produto resultante do beneficiamento do arroz descascado, apresenta valores de matéria seca em torno de 91%, proteína bruta, 13% e 4.100 Kcal/Kg de energia bruta (FURUYA, 2010).

Contém alto teor em vitaminas do complexo B (tiamina, riboflavina e niacina) e possui fator antinutricional que é o oxalato, que em grandes quantidades precipita com o cálcio, formando cristais insolúveis e cálculos renais limitando a utilização de níveis elevados nas rações (FIALHO et al., 2009). Barroso et al. (2002) encontraram valor de 86,98% para o coeficiente de digestibilidade da proteína bruta do farelo de arroz com robalo (*Centropomus parallelus*).

O farelo de arroz pode substituir o milho, o trigo e o sorgo, mas quando usado em dietas de peixes, deve-se ter o cuidado de adicionar junto um antioxidante, pois são sujeitos à rancificação, devido ao alto teor de gordura.

### **2.4.2 Alimentos proteicos**

Os alimentos proteicos são considerados concentrados com mais de 20% de PB na matéria seca, podendo ser de origem vegetal - farelo de soja, farelo de algodão, farelo de girassol, soja grão, glúten de milho, farelo de amendoim, caroço de algodão e de origem animal - farinha de peixe, farinha de sangue, farinha de carne e ossos, sendo estes últimos atualmente proibidos pelo Ministério Agricultura para uso em ruminantes.

## **Farelo de soja**

O Brasil é o segundo maior produtor mundial de soja, com produção de 83 milhões de toneladas entre os anos de 2012/2013 (CONAB, 2013). Antes de utilizá-la na alimentação de monogástricos, a soja deve ser processada em elevadas temperaturas, com a finalidade de destruir ou inativar os fatores antinutricionais, tais como inibidores de tripsina e quimotripsina, que inibem a digestão proteica. O farelo de soja contém cerca de 90% de matéria seca, 46% de proteína bruta e 4.210 Kcal/Kg de energia bruta (FURUYA, 2010).

O farelo de soja é uma excelente fonte de proteína e aminoácidos para peixes, possuindo um perfil de aminoácidos que contém lisina e metionina em maiores quantidades que o de outros vegetais, é rico em lipídios, possuindo a quase totalidade dos ácidos graxos necessários para os peixes de água doce (FURUYA et al., 2001c). Destaca-se entre as fontes proteicas de origem vegetal quando comparado ao farelo de algodão, ao farelo de girassol e ao glúten de milho, apresentando inclusive valores de proteína digestível superiores à da farinha de peixe. O farelo de soja apresenta melhor coeficiente de digestibilidade do que o farelo de algodão-28 e o farelo de algodão-38 para tilápia-do-nilo (GUIMARÃES et al., 2008).

## **Farinha de peixe**

A farinha de peixe é geralmente proveniente do processamento de peixes inteiros ou de partes de peixes não comestíveis (cabeça, cauda, coluna vertebral e vísceras). É fonte de aminoácidos essenciais, como lisina, metionina, treonina e triptofano (TEIXEIRA et al., 2006).

Na farinha de peixe deve ser adicionados antioxidantes, para evitar a formação de produtos de oxidação e ácidos graxos livres, pois pode ocorrer a rancificação que causa diminuição do período de armazenamento e a redução da palatabilidade da dieta (FURUYA, 2010).

A farinha de peixe, tradicionalmente utilizada nas dietas de peixes, pode ser substituída parcial ou totalmente pelo farelo de soja, sem influenciar no desempenho e prejudicar a composição corporal dos alevinos de pacu (FERNANDES et al., 2000).

Em sua composição química a farinha de peixe (54%) apresenta cerca de 90% de matéria seca, 54,44% de proteína e 3.902 Kcal/Kg de energia bruta (FURUYA, 2010).

### **Glúten de milho**

No processo de beneficiamento do milho são gerados diversos resíduos, dentre eles, glúten de milho-21 e o glúten de milho-60 que são subprodutos do grão de milho resultante do processamento por via úmida do milho. Para cada 100 kg de milho em grãos são produzidos 20 kg de glúten e 4,5 kg de farinha de glúten.

Segundo Pezzato et al. (2002) o glúten de milho apresenta bons coeficientes de digestibilidade aparente da proteína para a tilápia-do-nilo. Da mesma forma, Zhou et al. (2004) verificaram que a digestibilidade da proteína bruta do glúten de milho para juvenis de *Rachycentron canadum* foi de 94,42%.

Allan et al. (2000) encontraram para o glúten de milho, com 62% de proteína bruta, coeficientes de digestibilidade da matéria seca e energia bruta comparáveis à farinha de peixe, porém o conteúdo de aminoácidos essenciais é menor. Na tabela 1 são apresentados os teores de proteína bruta e aminoácidos de alguns ingredientes, segundo Furuya (2010).

**Tabela 1** Teores de proteína bruta (%) e de aminoácidos essenciais (%) do de ingredientes proteicos e energéticos utilizados na ração para peixes (na matéria natural)

Item	Ingrediente					
	Fubá de milho	Farelo de arroz	Farelo de trigo	Farelo de soja	Glúten de milho	Farinha de peixe
Proteína bruta	8,36	14,85	14,85	45,93	22,12	54,44
Lisina	0,20	0,64	0,53	3,10	1,04	4,04
Metionina	0,12	0,07	0,20	0,50	1,19	1,40
Met + Cis	0,24	0,21	0,41	1,06	1,81	2,00
Treonina	0,26	0,49	0,48	1,66	1,91	2,17
Triptofano	0,04	0,10	0,18	0,53	nd*	0,27
Arginina	0,38	0,92	0,96	3,36	1,47	3,42
Valina	0,33	0,65	0,63	2,24	2,49	2,87
Isoleucina	0,23	0,42	0,53	2,18	2,54	2,24
Leucina	0,86	0,81	0,73	3,67	11,13	3,79
Histidina	0,23	0,33	0,39	1,17	1,15	1,15
Fenilalanina	0,38	0,58	0,61	2,23	3,94	2,20
Fen + Tir	0,68	0,84	1,00	3,44	6,91	3,65

\*nd: não determinado

Fonte: Furuya (2010).

### 3. Referências

- ADAMS, M.A. et al. Chemical enhancement of feeding for the herbivorous fish *Tilapia zillii*. **Aquaculture**, v.72, p.95-107, 1988.
- ABIMORAD, E.G.; CARNEIRO, D.J. Métodos de coleta de fezes e determinação dos coeficientes de digestibilidade da fração proteica e da energia de alimentos para o pacu, *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg, 1887). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.5, p.1101-1109, 2004.
- ANDRIGUETTO J. M. et al. **Nutrição Animal**. 1<sup>a</sup> ed. Universidade do Paraná. Ed.Nobel. 1982. 395p.
- ALLAN, G.L. et al. Replacement of fish meal in diets for Australian silver perch, *Bidyanus bidyanus*: I. Digestibility of alternative ingredients. **Aquaculture**, v.186, p.293-310, 2000.
- ARAÚJO, F.G. & SANTOS, A.C.A. Distribution and recruitment of mojarras (perciformes, gerreidae) in the continental margin of sepetiba bay, Brazil. **Boletim da Marinha Ciência**, v.65, p.431-439, 1999.
- AYALA-PEREZ, L.A. et al. Distribución, abundancia y parámetros poblacionales de la mojarra *Diapterus rhombeus* (Pisces: Gerreidae) en la Laguna de Términos, Campeche, México. **Revista de biología tropical**, v.49, n.2, 2001.
- BARROSO, M.V. et al. Valor Nutritivo de Alguns Ingredientes para o Robalo (*Centropomus parallelus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.6, p.2157-2164, 2002.
- BEZERRA, R. S. et al. Ciclo reprodutivo da carapeba prateada, *Diapterus rhombeus* (Cuvier, 1829), no litoral de Pernambuco. **Tropical Oceanography**, v.1, p.67-78, 2001.
- CAIERÃO, E. Cultivo do trigo. **Embrapa Trigo**. 2009. <http://www.cnpt.embrapa.br/culturas/trigo/index.htm>. Acesso: 5 de novembro de 2012.
- CAVALLI, R.O. et al. Desenvolvimento da produção de peixes em mar aberto no Brasil: possibilidades e desafios. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, p.155-164, 2011.
- CHAVES, P.T.C.; OTTO, G. Aspectos biológicos de *Diapterus rhombeus* (Cuvier) (Teleostei, Gerreidae) na Baía de Guaratuba, Paraná, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v.15, n.2, p.289-295, 1998.
- CHEN, W.J. et al. Relationships among four genera of mojarras (Teleostei: Perciformes: Gerreidae) from the western Atlantic and their tentative placement among percomorph fishes. **Journal of Fish Biology**, 70B, p.202-218, 2007.

CYRINO, J.E.P. et al. A piscicultura e o ambiente – o uso de alimentos ambientalmente corretos em piscicultura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, supl. especial, p.68-87, 2010.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (Conab). **Acompanhamento de safra brasileira: grãos, quinto levantamento**, fevereiro 2013 – Brasília: Conab, 2013.

COSTA, M.R. et al. Distribution and size of the mojarra *Diapterus rhombeus* (cuvier) (actinopterygii, gerreidae) in a southeastern brazilian bay. **Brazilian Journal of Oceanography**, v.60, p.199-207, 2012.

ETCHEVERS, S. L. Contribution to the biology of *Diapterus rhombeus* (cuvier) (pisces-gerridae), south of margarita island. **Bulletin of marine science**, v.28, n.2, 1978.

FAO Fisheries and Aquaculture Department, **FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS**, Rome, 2012.

FERNANDES, J.B.K. et al. Fontes e níveis de proteína bruta em dietas para Alevinos de Pacu (*Piaractus mesopotamicus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.3, p.646-653, 2000.

FIALHO, E.T. et al. **Alimentos Alternativos para Suínos**. Editora UFLA, 2009. 232p.

FURUYA,W.M. et al. Coeficientes de digestibilidade aparente da energia e nutrientes de alguns ingredientes pela tilápia-do-nilo, *Oreochromis niloticus* (L.) (linhagem tailandesa). **Acta Scientiarum**, v.23, n.2, p.465-469, 2001a.

FURUYA, W. M. et al. Coeficientes de digestibilidade e valores de aminoácidos digestíveis de alguns ingredientes para tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, p.1143-1149, 2001b.

FURUYA, W.M. et al. Fitase na alimentação da tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*), desempenho e digestibilidade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, p.924-929, 2001c.

FURUYA, W.M. et al. Aplicação do conceito de proteína ideal para redução dos níveis de proteína em dietas para tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, p.1433-1441, 2005.

FURUYA, W.M. **Tabelas brasileiras para a nutrição de tilápias**. 2010. 98p.

GODDARD, J.S.; McLEAN, E. Acid-insoluble ash as an inert reference material for digestibility studies in tilapia, *Oreochromis aureus*. **Aquaculture**, v.194, p.93-98, 2001.

GONÇALVES, G.S. et al. Energia e nutrientes digestíveis de alimentos para tilápia-do-nilo. **Boletim do Instituto de Pesca**, v.35, p.201-213, 2009.

GUIMARÃES, I.G. et al. Amino acid availability and protein digestibility of several protein sources for Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. **Aquaculture Nutrition**, v.14, p.396-404, 2008.

GLEN CROSS, B.D. et al. A feed is only as good as its ingredients – a review of ingredient evaluation strategies for aquaculture feeds. **Aquaculture Nutrition**, v.13, p.17-34, 2007.

LANNA, E.A.T. et al. Digestibilidade aparente e trânsito gastrintestinal em tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*), em função da fibra bruta da dieta. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, p.2186-2192, 2004.

MENEZES, N.A.; FIGUERIDO, J.L. Manual de Peixes Marinhos do Sudeste do Brasil. IV. **Teleostei**. São Paulo, Museu de Zoologia, Universidade de São Paulo, 3.ed,1980. 96p.

MINISTÉRIO DA PESCA E AQUICULTURA (MPA). **Boletim estatístico da pesca e aquicultura 2010, Brasil**. Brasília: MPA, 2010.129p.

MILLWARD, D. J. The nutritional regulation of muscle growth and protein turnover. **Aquaculture**, v.79, p.1-28, 1989.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC) **Nutrient requirements of fish and shrimp**. Washington: National Academic Press, 2011. 376p.

PEZZATO, L.E. et al. Digestibilidade aparente de ingredientes pela tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.4, p.1595-1604, 2002.

PLAKAS, S.M.; T. KATAYAMA. Apparent digestibility of amino acids from three regions of the gastro-intestinal tract of carp (*Cyprinus carpio*) after ingestion of a protein and a corresponding free amino acid diet. **Aquaculture**, v.24, p.309-314,1981.

PORTZ, L. Recentes avanços na determinação das exigências e digestibilidade da proteína e aminoácidos em peixes. In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38, 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba (CD-ROM).

RICHE, M. et al. Barium carbonate as an alternative indicator to chromic oxide for use in digestibility experiments with rainbow trout. **Nutrition Research**, v.15, n.9, p.1323-1331, 1995.

SAKOMURA, N. K.; ROSTAGNO, H. S. **Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos**. Ed. Funep, Jaboticabal – SP, 2007.

SALIM, M. et al. Evaluation of apparent digestibility of fish meal, sunflower meal and rice polishings for *Labeo rohita*. **Pakistan Journal of Life and Social Science**, v.2, p.139-144, 2004.

SAMPAIO, F.G. et al. Digestibilidade aparente das farinhas de peixe nacional e importada e das farinhas de sangue tostada e spray-dried, pela tilápia-do-nilo, *Oreochromis niloticus* (L.). **Acta Scientiarum**, v.23, p.891- 896, 2001.

SILVA, J.S. et al. Purification and partial characterisation of a trypsin from the processing waste of the silver mojarra (*Diapterus rhombeus*). **Food Chemistry** v.129, p.777-782, 2011.

SIPAÚBA-TAVARES, L.H. et al. Effect of floating macrophyte cover on the water quality in fishpond. **Acta Scientiarum: Biological Sciences**, v.25, p.101-106, 2003.

STOREBAKKEN, T. et al. The apparent digestibility of diets containing fish meal, soybean meal or bacterial meal fed to Atlantic salmon (*Salmo salar*): evaluation of different faecal collection methods. **Aquaculture**, v.169, p.195-210, 1998.

SZPILMAN, M. **Peixes marinhos do Brasil: guia prático de identificação**. Rio de Janeiro, Instituto Ecológico Aqualung, 2000. 288p.

TEIXEIRA, E.D.; CREPALDI, D.V.; FARIA, P.M.C.; RIBEIRO, L.P. ; MELOANA, D.C.; EULER, C.C.; SALIBA, E.O.S. Substituição de farinha de peixes em rações para peixes. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, v.30, p.118-125, 2006.

VANDENBERG, G.W.; DE LA NOUE, J. Apparent digestibility comparison in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) assessed using three methods of faeces collection and three digestibility markers. **Aquaculture Nutrition**, v.7, p.237-245, 2001.

VIDAL Jr., M. V. et al. Determinação da digestibilidade da matéria seca e da proteína bruta do fubá de milho e do farelo de soja para tambaqui (*Colossoma macropomum*), utilizando-se técnicas com uso de indicadores internos e externos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.6, p.2193-2200, 2004.

WILSON, R.P. Amino acids and proteins. IN: Halver, J.E.; Hardy, R.W. editors. **Fish nutrition**. Academic Press. Amsterdam, AM, The Netherlands. p.143-179, 2002.

ZHOU, Q.C. et al. Apparent digestibility of selected feed ingredients for juvenile cobia, *Rachycentron canadum*. **Aquaculture**, v.241, p.441- 451, 2004.

Os resultados obtidos serão apresentados em forma de artigo científico, o qual será submetido ao periódico Aquaculture Nutrition. Desta forma, a formatação do manuscrito aqui apresentado seguirá as normas da Revista que estão disponíveis no Anexo 1.

#### **4. Artigo**

##### **Digestibilidade aparente de nutrientes e energia ingredientes convencionais para para carapeba, *Diapterus rhombeus***

###### **Resumo**

O conhecimento do valor nutritivo de alimentos é um passo importante na formulação de dietas para maximizar a produtividade animal. Foi realizado um estudo para determinar os coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) da matéria seca (CDAMS), da proteína bruta (CDAPB), da energia bruta (CDAEB) e dos aminoácidos (CDAAA) de ingredientes convencionais para juvenis de carapeba ( $13 \pm 3,23$  g). O estudo foi realizado no Laboratório de Nutrição e Alimentação de Peixes (AQUANUT), utilizando 60 exemplares de carapeba, coletados na natureza, que foram mantidos em aquários de digestibilidade no período de 32 dias. Foram avaliados os seguintes ingredientes: farinha de peixe, farelo de soja, fubá de milho, farelo de glúten de milho, farelo de arroz, farelo de trigo e amido, que substituíram 30% de uma dieta referência peletizada com 32% de proteína bruta e 3.700 Kcal/Kg de energia bruta, utilizando 0,1% óxido de cromo como marcador. As excretas foram obtidas utilizando três repetições para cada ingrediente testado, e após a secagem foram realizadas as análises laboratoriais. O farelo de soja apresentou o melhor resultado para o CDAMS (67,45%) seguido pelos demais ingredientes. Para o CDAPB não houve diferença significativa entre o farelo de soja (95,16%), a farinha de peixe (92,97%) e o fubá de milho (91,90%) que apresentaram os melhores coeficientes. Em relação ao CDAEB os resultados do farelo de soja e fubá de milho foram 65,23 e 60,31%, respectivamente, seguidos pela farinha de peixe (51,85%). A carapeba demonstrou que consegue aproveitar a proteína tanto de origem animal quanto de origem vegetal, demonstrando capacidade para ambas às fontes proteicas, evidenciando também eficiência de digerir e absorver alguns dos principais aminoácidos para peixes como a lisina, metionina e treonina, para os mesmos ingredientes estudados.

**Palavras chave:** Acará-peba, valor nutritivo, maricultura, piscicultura

## 5. Introdução

Entre os vários campos da aquicultura, a piscicultura marinha é uma das áreas que mostram as mais altas taxas de crescimento em todo o mundo, mantendo-se superior a 10% ao ano no período de 1990 a 2008 (FAO, 2010; Cavalli, 2011). Em 2010, a produção pesqueira marinha de peixes no Brasil foi de 465.455 toneladas representando redução de 8,8% em relação a 2009, quando foram pescadas 510.524 toneladas de peixes (MPA, 2012).

Visando o crescimento e consumo da produção de peixes, procura-se a utilização de novas espécies com potencial de produção, com bom rendimento de carcaça, boa conversão alimentar, rusticidade, facilidade de reprodução em cativeiro e adaptação à alta densidade.

A carapeba, *Diapterus rhombeus*, é um peixe onívoro e eurialino, que apresenta boa adaptação em ambientes com diferentes salinidades, sendo boa alternativa para piscicultura. Estudos com carapeba foram conduzidos sobre aspectos biológicos (Etchevers, 1978; Chaves & Otto, 1998; Silva et al., 2011), distribuição (Araújo & Santos, 1999; Ayala-Perez et al., 2001; Costa et al., 2012) e ciclo reprodutivo (Bezerra et al., 2001), entretanto, não foram realizadas pesquisas com digestibilidade dos ingredientes, que é um passo primordial para a confecção de rações eficientes.

Entretanto, um grande desafio da piscicultura é obter alta produtividade com o mínimo de resíduos excretados no ambiente. Isso é particularmente aplicado à excreção de nitrogênio (N) e fósforo (P) que limitam a produção primária de algas, podendo causar eutrofização nos sistemas de produção, que dependem exclusivamente de uma alimentação balanceada (Furuya et al., 2005; Cyrino et al., 2010).

Assim, a disponibilidade dos nutrientes para os peixes deve ser determinada em termos de digestibilidade, que representa a fração dos nutrientes dos ingredientes usados na alimentação, que não são excretados (Goddard & Mclean, 2001; NRC, 2011).

A determinação do coeficiente de digestibilidade dos alimentos é importante para avaliar os valores nutricionais dos ingredientes que serão usados na formulação de dietas para peixes. Esta determinação baseia-se no metabolismo e absorção dos nutrientes provenientes dos ingredientes ingeridos

pelo peixe, dependendo das condições e dos métodos aplicados nos experimentos de digestibilidade (Cho, 1987). Dessa forma, objetivou-se com este estudo, avaliar o coeficiente de digestibilidade aparente de fontes proteicas e energéticas para juvenis de carapeba.

## 6. Material e métodos

### 6.1. Peixes e Infraestrutura

Exemplares de carapeba foram obtidos em ambiente natural de estuário na região de Ituberá-BA, utilizando artefatos de pesca como redes, puçás e embarcação que foram operados por pescadores profissionais. Os peixes foram transferidos para um laboratório experimental de adaptação, localizado na cidade de Ituberá onde foram mantidos em caixas de fibra de vidro (310 L) com aeração constante e filtro biológico para adaptação ao ambiente confinado e ao manejo alimentar. Após quinze dias, foram transferidos em caixa de transporte (500 L), equipada com sistema de oxigenação, para o Laboratório de Alimentação e Nutrição de Peixes (Aquanut) da Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilhéus, Bahia, Brasil ( $14^{\circ} 47' 20''$  S  $39^{\circ} 02' 58''$  W).

Os peixes passaram por um segundo período de adaptação de 10 dias às instalações e ao manejo alimentar. Para o ensaio de digestibilidade com duração de 32 dias, foram utilizados 60 exemplares de carapeba ( $13 \pm 3,23$  g) que foram mantidos em aquários de digestibilidade (densidade de 10 peixes/aquário) com formato cônico (200 L), equipados com sistema de aeração e filtro biológico. Na parte inferior dos aquários foram instalados coletores que eram submersos em água e gelo durante os períodos de coleta de fezes.

A qualidade da água quanto à temperatura, pH, oxigênio dissolvido e salinidade, foi mensurada diariamente com aparelho multiparâmetro YSI Professional Plus, obtendo valores médios de  $25,75^{\circ}\text{C} \pm 0,8$ ;  $7,49 \pm 0,3$ ;  $8,25 \pm 1,2$  mg/L;  $21,9 \pm 1,1$  ppt, respectivamente.

## 6.2 Preparações das dietas

Foi utilizada uma dieta referência com  $325,00 \text{ g Kg}^{-1}$  de proteína bruta e  $15,46 \text{ MJ kg}^{-1}$  (Tabela 1), baseada nas informações para o pacu (*Piaractus mesopotamicus*) e formulada utilizando o programa computacional SUPER CRAC®, com a adição de  $1,0 \text{ g Kg}^{-1}$  de óxido de cromo ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ) como indicador externo nas rações para a determinação da digestibilidade.

Tabela 1- Composição alimentar da dieta referência

Ingrediente	(g $\text{Kg}^{-1}$ )
Farelo de soja - 45%	320,00
Fubá de milho	238,60
Farinha de peixe - 55%	220,00
Farelo de glúten de milho - 22%	130,00
Farelo de trigo	75,20
Premix vitamínico-mineral <sup>1</sup>	10,00
Sal comum	5,00
BHT <sup>2</sup>	0,20
Óxido de cromo III	1,00
Valor calculado	
Energia bruta (MJ $\text{kg}^{-1}$ )	15,47
Fibra bruta (g $\text{Kg}^{-1}$ )	42,10
Gordura (g $\text{Kg}^{-1}$ )	56,40
Proteína bruta (g $\text{Kg}^{-1}$ )	325,00

<sup>1</sup>Premix mineral e vitamínico (Composição/ kg do produto): vit. A = 6.000.000 UI; vit. D3 = 2.250.000 UI; vit. E = 75.000mg; vit. K3 = 3.000mg; vit. tiamina= 5.000mg; riboflavina = 10.000mg; vit. pirodoxina = 8.000mg; biotina = 2.000mg; vit. C = 192.500mg; niacina = 30.000mg; ácido fólico = 3.000mg; Fe = 100.000mg; Cu = 600mg; Mn = 60.000mg; Zn = 150.000mg; I = 4.500mg; Cu = 15.000mg; Co = 2.000mg; Se = 400mg.;  
<sup>2</sup>BHT = Butil-hidroxi-tolueno.

As rações testes foram confeccionadas utilizando a mistura de 70% da dieta referência com 30% do ingrediente a ser testado. Na confecção das rações, os ingredientes utilizados foram moídos em moinho tipo faca, passados em matriz de 0,5 mm e posteriormente homogeneizados, de acordo com a formulação de cada ração.

As rações foram processadas em moedor de carne com reversor equipado com matriz de 2 mm. Foi realizado o umedecimento prévio da mistura utilizando água a  $40^{\circ}\text{C}$  e os grânulos de ração foram secos em estufa ( $55^{\circ}\text{C}$ ) de ventilação forçada por 24 horas e, posteriormente, desintegrados para facilitar a ingestão pelos peixes.

Foram avaliados os coeficientes de digestibilidade aparente de matéria seca (CDAMS), proteína bruta (CDAPB), energia bruta (CDAEB) e aminoácidos (CDAAA) da dieta referência e de sete ingredientes utilizados, sendo três fontes proteicas (farelo de soja, farelo de glúten de milho e farinha de peixe) e quatro fontes energéticas (fubá de milho, farelo de trigo, farelo de arroz e amido de milho). Para cada ingrediente testado foram utilizadas três repetições.

### **6.3. Manejo experimental e coleta de fezes**

Os peixes foram alimentados cinco vezes ao dia (8h00; 10h00; 12h00; 14h00 e 16h00), até a saciedade aparente. Ao final do dia após a última alimentação, os aquários de digestibilidade eram sifonados e uma descarga de água era feita para a retirada das sobras de ração. Às 7 horas da manhã do dia seguinte os coletores dos aquários eram desacoplados e o material coletado era depositado em recipientes de alumínio, identificados e levados para secagem em estufa de circulação forçada a 55°C por 24 horas. Em seguida, as escamas presentes nas excretas foram retiradas com auxílio de uma peneira com malha de 1 mm e pinça. As amostras secas foram armazenadas em recipientes plásticos e mantidas em refrigerador (4°C), para a determinação da composição bromatológica. Para cada ração testada, os peixes passaram por período de adaptação à nova ração de três dias e, posteriormente, cinco dias de coleta de fezes.

### **6.4 Determinações da digestibilidade**

As análises laboratoriais de matéria seca (MS), energia bruta (EB) foram feita no Laboratório de nutrição de peixes (AQUANUT-UESC) e as de proteína bruta (PB) e aminoácidos (AA) foram realizadas pela CBO Analises Laboratoriais (Campinas-SP), segundo metodologia AOAC (2000), analisadas em triplicata. Os coeficientes de digestibilidade aparente das dietas (CDA) foram calculados segundo Nose (1966), utilizando a fórmula:

$$\text{CDA}(\%) = 100 - 100 \times (\% \text{ Cr}_2\text{O}_3 \text{ na dieta} / \% \text{ Cr}_2\text{O}_3 \text{ nas fezes} \times \% \text{nutriente nas fezes} / \% \text{nutriente na dieta})$$

Os coeficientes de digestibilidade dos ingredientes (CDAing) foram calculados utilizando a metodologia empregada por Cho et al. (1982) com a seguinte fórmula:

$$\text{CDAing}(\%) = (\text{CDAt} - 0,7 \times \text{CDAr}) / 0,3$$

Onde "CDAt" refere-se ao valor de digestibilidade encontrado para a dieta teste e "CDAr" o valor de digestibilidade verificado para a dieta referência.

## 6.5 Análise estatística

Os dados obtidos foram submetidos a análises de variância e as diferenças entre as médias, quando verificadas, foram submetidas ao teste Scott-Knott 5% de probabilidade, com utilização do programa estatístico SISVAR versão 4.0.

## 7. Resultados

Entre os ingredientes analisados, o farelo de soja apresentou o melhor valor de CDAMS( $p<0,05$ ), sendo superior a 65%, seguido pelo fubá de milho, farinha de peixe, amido de milho, farelo de arroz e farelo de glúten de milho. O farelo de trigo apresentou o menor valor (Tabela 2).

Tabela 2 - Valores médios dos coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca (CDAMS), proteína bruta (CDAPB) e energia bruta (CDAEB) para juvenis de carapeba

Ingrediente	Coeficiente de digestibilidade aparente (%)		
	MS	PB	EB
Farinha de peixe - 55%	49,60 <sup>c</sup>	92,97 <sup>a</sup>	51,85 <sup>b</sup>
Farelo de soja - 45%	67,45 <sup>a</sup>	95,16 <sup>a</sup>	65,23 <sup>a</sup>
Fubá de milho	56,06 <sup>b</sup>	91,90 <sup>a</sup>	60,31 <sup>a</sup>
Farelo de glúten de milho 22%	40,06 <sup>f</sup>	85,08 <sup>b</sup>	37,88 <sup>c</sup>
Farelo de trigo	32,98 <sup>g</sup>	79,08 <sup>c</sup>	33,60 <sup>c</sup>
Farelo de arroz	44,64 <sup>e</sup>	83,13 <sup>b</sup>	45,86 <sup>c</sup>
Amido de milho	47,29 <sup>d</sup>	85,10 <sup>b</sup>	39,75 <sup>c</sup>
Coeficiente de variação (%)	2,05	2,89	10,91

Médias seguidas por letras diferentes nas colunas diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Scott-Knott ( $P<0,05$ ).

Os CDAPB do farelo de soja, farinha de peixe e do fubá de milho não diferiram entre si, observando valores entre 91,90 - 95,16%. Estes foram seguidos pelo farelo de glúten de milho, amido de milho e o farelo de arroz, tendo o farelo de trigo apresentado o pior valor entre os ingredientes testados, abaixo de 80% de CDAPB.

Para o CDAEB, os maiores valores foram observados para o farelo de soja e fubá de milho, que não diferiram entre si. Valores inferiores foram encontrados para farinha de peixe, seguida pelo farelo de glúten de milho, farelo de arroz, amido de milho e farelo de trigo que não ultrapassaram 50% de digestibilidade.

Entre os CDAAA essenciais, a lisina, metionina e treonina não diferiram estatisticamente para a farinha de peixe, farelo de soja e fubá de milho, apresentando valores entre 92,52 e 96,90% (Tabela 3). Já para o farelo de trigo, farelo de arroz e amido de milho, estes aminoácidos apresentaram valores inferiores a 91%, tendo a treonina obtido valor inferior a 78% para o farelo de trigo. Para o farelo de glúten de milho, a lisina apresentou o maior valor seguido pelos demais aminoácidos essenciais.

Entre os CDAAA não essenciais, não houve diferença estatística para farinha de peixe, farelo de soja e fubá de milho. Os piores valores foram observados para glicina, ácido glutâmico, prolina e serina com valores de 80,78 a 88,08%, sendo encontrados para o farelo de trigo.

Analizando os CDAAA essenciais encontrados para os alimentos, a farinha de peixe apresentou maiores valores para a lisina, arginina e histidina, seguidas pelos demais aminoácidos. Já para o farelo de soja e glúten de milho não houve diferença estatística entre os aminoácidos, no fubá de milho a lisina apresentou maior valor sendo superior a 90%.

O farelo de soja e o farelo de glúten de milho não apresentaram diferença significativa para os CDAAA dos aminoácidos não essenciais e a farinha de peixe teve como piores valores a cistina e a tirosina, apresentando valores inferiores a 92%. Entre todos os ingredientes testados o farelo de arroz foi o que obteve maior variação entre os aminoácidos.

**Tabela 3 - Valores de coeficientes de digestibilidade aparente (%) de aminoácidos dos ingredientes para juvenis de carapeba**

Aminoácidos	Farinha de peixe	Farelo de soja	Fubá de milho	Farelo de glúten de milho	Farelo de trigo	Farelo de arroz	Amido de milho	CV (%)	(p)
<b>Essenciais</b>									
Arginina	95,00 aA	95,15 aA	96,47 aB	88,76 bA	85,06 bB	89,51 bB	90,04 bB	2,77	0,0006
Isoleucina	91,88 aB	92,20 aA	94,14 aB	79,89 bA	76,90 bC	73,83 bE	82,18 bC	5,24	0,0002
Leucina	92,40 aB	93,56 aA	94,20 aB	86,70 bA	78,70 cC	84,15 bC	83,08 bC	3,27	0,0000
Lisina	95,38 aA	96,32 aA	96,90 aA	92,74 aA	86,68 bB	90,36 bB	90,62 bB	3,17	0,0070
Metionina	92,84 aB	94,21 aA	94,17 aB	86,13 bA	82,37 bC	86,83 bC	86,03 bC	4,05	0,0054
Fenilalanina	92,08 aB	93,25 aA	94,72 aB	79,28 bA	79,76 bC	80,77 bD	82,87 bC	6,75	0,0122
Treonina	93,30 aB	92,52 aA	93,96 aB	83,94 bA	77,34 cC	82,83 bD	84,37 bC	3,58	0,0001
Valina	70,41 bB	75,95 bA	79,49 bB	82,28 bA	91,65 aC	91,90 aA	93,37 aC	5,82	0,0002
Histidina	94,19 aA	94,88 aA	95,41 aB	89,49 bA	82,27 cc	87,26 bc	86,77 bc	2,75	0,0001
<b>Não Essenciais</b>									
Alanina	94,65 aA	93,02 aA	93,60 aB	88,91 aA	80,01 bC	84,62 bC	84,834 bC	3,04	0,0001
Ac. Aspártico	97,99 aA	98,56 aA	98,77 aA	96,90 aA	93,41 bA	97,71 aA	97,76 aA	1,25	0,0016
Glicina	96,31 aA	94,05 aA	93,90 aB	88,20 bA	81,78 cc	90,60 aB	87,31 bC	2,75	0,0001
Ac. Glutâmico	96,23 aA	97,39 aA	97,41 aA	94,17 bA	88,08 cb	93,22 bA	93,55 bB	2,24	0,0012
Cistina	88,52 aB	86,75 aB	91,72 aC	85,98 aA	78,91 bC	75,44 bE	82,28 bC	5,99	0,0186
Tirosina	91,83 aB	93,38 aA	95,23 aB	76,73 bA	81,73 bC	81,06 bD	85,11 bC	6,89	0,0120
Prolína	95,08 aA	94,61 aA	94,89 aB	89,09 bA	82,93 cc	90,84 aB	87,17 bC	2,47	0,0001
Serina	94,15 aA	94,18 aA	95,17 aB	88,79 bA	80,78 cc	87,67 bC	86,66 bC	2,99	0,0001
Taurina	97,98 aA	94,20 aA	95,48 aC	85,71 bA	81,61 bB	94,20 aa	79,50 bc	4,55	0,0003

Médias seguidas por letras diferentes nas linhas (maiúsculas) diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Scott-Knott  
(P<0,05)

## **8. Discussão**

### **8.1. Coeficientes de digestibilidade da matéria seca**

Diversos fatores podem afetar os valores de CDAMS, entre eles o tipo de matéria-prima utilizada, o preparo da dieta e a espécie estudada. Altos níveis de cinzas podem ser encontrados na farinha de peixe, geradas pela indústria de filetagem onde se utiliza peixes e seus subprodutos, podendo levar a baixos CDAMS. Os elevados níveis de fibra encontrados nas dietas à base de vegetais atuam acelerando a taxa de passagem do alimento pelo trato intestinal, diminuindo o processo de digestão e absorção do nutriente, diminuindo assim a digestibilidade da matéria seca como observado por Lanna et al. (2004), que avaliando níveis de fibra na dieta de tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*) verificaram que dietas com elevados níveis de fibra reduziram os coeficientes de digestibilidade dos alimentos.

Os dados de CDAMS da farinha de peixe foram semelhantes aos encontrados por Hussain et al. (2011), que ao avaliarem a digestibilidade de dietas com diferentes fontes proteicas de origem animal para alevinos de *Labeo rohita*, espécie esta de hábito alimentar semelhante ao do carapeba, encontraram o valor de 50,15% de CDAMS para farinha de peixe. Valores menores foram observados por Salim et al. (2004) estudando a mesma espécie (*Labeo rohita*), com dieta à base de farinha de peixe, encontrando o valor de CDAMS de 35,30%, e Abbas et al. (2012) avaliando dietas com diferentes níveis proteicos para cioba (*Lutjanus argentimaculatus*), espécie de mesma região estuarina que a estudada, encontrando o valor de 39,70% de CDAMS, ambos menores que os encontrados para carapeba (*Diapterus rhombeus*).

Altan & Korkut (2011) avaliando a digestibilidade de dietas com diferentes níveis de ingredientes de origem vegetal com a espécie também marinha, robalo (*Dicentrarchus labrax* L.) verificaram que estas dietas apresentaram valores entre 49,63 a 57,19% de CDAMS, semelhantes com os dados obtidos neste estudo.

Entretanto, valores superiores aos citados anteriormente foram encontrados por McCoogun & Reigh (1996) para farinha de peixe, fubá de milho e farelo de trigo onde utilizou juvenis de red drum (*Sciaenoporis ocellatus*)

e por Zhou et al. (2004) estudando a farinha de peixe, farelo de soja e glúten de milho em rações para e beiupirá (*Rachycentrusscabadum*) (Tabela 4).

## 8.2. Coeficientes de digestibilidade da proteína bruta

A carapeba demonstrou que consegue aproveitar a proteína tanto de origem animal quanto de origem vegetal, demonstrando capacidade para ambas às fontes proteicas, sendo isso primordial para a indústria, pois o ingrediente mais caro de uma dieta é a proteína de origem animal.

O milho apresentou resultados semelhantes aos ingredientes proteicos farelo de soja e farinha de peixe. Boscolo et al., (2002) estudando dietas de ingredientes convencionais e alternativos em tilápia-do-nilo descreveram que a digestibilidade da proteína de alta qualidade presente neste alimento, no momento de seu preparo, mesmo que em quantidades menores, aliada ao processo de Trituração desse grão, que expõe essa proteína a rápida digestão, pode justificar esses altos valores de digestibilidade de proteína do fubá de milho.

Os CDAPB obtidos para alevinos de carapeba apresentaram variação de 79,08 a 95,16%, entre os ingredientes testados. Os menores CDA da proteína do farelo de trigo, em relação aos dos demais ingredientes avaliados, podem estar relacionados com os elevados teores de fibra bruta e polissacarídeos não-amiláceos, resultados também encontrados por Furuya et al. (2001a) que estudaram a digestibilidade de alguns ingredientes para tilápia-do-Nilo.

Os resultados encontrados foram superiores aos descritos por Gonçalves & Carneiro (2003) que avaliando dietas com diferentes ingredientes para juvenis de pintado (*Pseudoplatystoma coruscans*) encontraram o CDAPB para o farelo de soja, 67,1%, para o farelo de arroz de 44,2%, para a farinha de peixe de 84,1%, e para o fubá de milho de 64,2%.

Resultados também inferiores aos obtidos neste estudo foram encontrados por Gul et al. (2007), avaliando dietas de diferentes níveis de proteína com a farinha de peixe para alevinos de *Labeo rohita*. Os autores encontraram valores de 75,8% de CDAPB para rações com 32% de proteína bruta. Esses resultados foram semelhantes aos descritos por Hussain et al.

(2011), que testaram dietas com diferentes fontes proteicas e encontraram valores de digestibilidade de 80,2%, para mesma espécie.

Resultados para CDAPB acima de 93% com a farinha de peixe foram encontrados por McCoogun & Reigh (1996), Zhou et al. (2004) e Davies et al. (2009) com red drum, beijupirá e robalo, respectivamente. Em estudos com farelo de trigo e glúten de milho McCoogun & Reigh (1996) e Zhou et al. (2004) encontraram valores de 87,39 e 94,42%, respectivamente, para CDAPB, sendo maiores que os obtidos neste trabalho (Tabela 4).

### **8.3. Coeficientes de digestibilidade da energia bruta**

Os valores de CDAEB neste estudo foram similares aos obtidos por Gonçalves & Carneiro (2003) que encontraram 61,7% e 64,9% para o farelo de soja e fubá de milho, respectivamente, utilizando alevinos de *Pseudoplatystoma coruscans*. Em relação a farinha de peixe, esta apresentou CDAEB de 72,8%.

Um das possíveis causas desses resultados é que os peixes carnívoros não possuem adaptações morfológicas e fisiológicas que possibilitam a utilização eficiente de rações com alta quantidade de ingredientes vegetais, sendo melhor utilizadas as fontes de origem animal, aproveitando aminoácidos e lipídios. Já os onívoros utilizam melhor a proteína (aminoácidos) e também os carboidratos dessas fontes vegetais (Lupatsch et al., 1997; Tengjaroenkul et al., 2000).

Hussain et al. (2011) estudando a digestibilidade da farinha de peixe em alevinos de *Labeo rohita* encontraram CDAEB de 69,3%, valor este maior que os resultados encontrados para a carapeba. Valores acima de 60% também foram encontrados por McCoogun & Reigh, 1996; Zhou et al., 2004 e Davies et al., 2009 (Tabela 4).

Sullivan & Reigh (1995), Barroso et al. (2002) e Zhou et al. (2004) estudando espécies marinhas, encontraram para os valores de CDAEB do farelo de soja, farelo de glúten de milho e farelo de arroz de 82,66, 94,23 e 69,06%, respectivamente valores superiores aos encontrados neste estudo com a carapeba.

As variações nos valores de digestibilidade dos ingredientes estudados podem estar associadas ao processamento das dietas. Os alimentos que são peletizados sofrem alterações em suas características físicas e químicas em menor grau em relação à extrusão, principalmente quanto à resistência, estabilidade dos peletes e digestibilidade dos nutrientes (Booth et al., 2000).

**Tabela 4 - Comparação dos valores dos CDA da MS, PB e EB dos ingredientes avaliados com os valores encontrados na literatura consultada**

Alimento	CDA (%)			Espécie marinha	Referência
	MS	PB	EB		
Farinha de peixe	49,60	92,97	51,85	Carapeba ( <i>Diapterus Rhombeus</i> )	Dados obtidos
	76,79	95,87	60,14	Red drum ( <i>Sciaenopolis ocellatus</i> )	McCoogun & Reigh (1996)
	87,56	96,27	95,46	Beijupirá ( <i>Rachycentrus cabadum</i> )	Zhou et al. (2004)
	-	93,50	87,90	Robalo ( <i>Dicentrarchus labrax</i> )	Davies et al. (2009)
	-	87,50	84,90	Dourada ( <i>Sparus aurata</i> )	Davies et al. (2009)
	-	82,80	74,50	Linguado ( <i>Scophthalmus maximus</i> )	Davies et al. (2009)
Farelo de soja	67,45	95,16	65,23	Carapeba ( <i>Diapterurus rhombeus</i> )	Dados obtidos
	74,60	88,30	77,90	Beijupirá ( <i>Rachycentrus cabadum</i> )	Zhou et al. (2004)
	78,74	90,96	82,66	Robalo ( <i>Dicentrarchus labrax</i> )	Barroso et al. (2002)
Fubá de milho	56,06	91,90	60,31	Carapeba ( <i>Diapterus rhombeus</i> )	Dados obtidos
	58,10	81,56	55,96	Red drum ( <i>Sciaenopolis ocellatus</i> )	McCoogun & Reigh (1996)
	27,48	86,74	40,67	Striped bass ( <i>M. saxatilis x M. chrysops</i> )	Sullivan & Reigh (1995)
Farelo de glúten de milho	40,06	85,08	37,88	Carapeba ( <i>Diapterus rhombeus</i> )	Dados obtidos
	84,58	94,42	94,23	Beijupirá ( <i>Rachycentrus cabadum</i> )	Zhou et al. (2004)
Farelo de trigo	32,98	79,08	33,60	Carapeba ( <i>Diapterus rhombeus</i> )	Dados obtidos
	35,57	87,39	33,69	Red drum ( <i>Sciaenopolis ocellatus</i> )	McCoogun & Reigh (1996)
Farelo de arroz	44,64	83,03	45,86	Carapeba ( <i>Diapterus rhombeus</i> )	Dados obtidos
	17,64	77,15	11,96	Red drum ( <i>Sciaenopolis ocellatus</i> )	McCoogun & Reigh (1996)
	59,34	86,98	69,06	Robalo ( <i>Dicentrarchus labrax</i> )	Barroso et al. (2002)
	31,06	71,41	47,01	Striped bass ( <i>M. saxatilis x M. chrysops</i> )	Sullivan & Reigh (1995)

#### **8.4. Coeficientes de digestibilidade dos aminoácidos**

A lisina é considerada o primeiro limitante em dietas para peixes tendo como função a deposição de proteína corporal, atuando na formação de colágeno (Teixeira et al., 2008), estando presente em altos níveis no tecido muscular dos peixes, sendo requerida em grande quantidade na dieta (Furuya et al., 2004), sendo também um aminoácido referência para estimar a necessidade dos demais aminoácidos.

O CDA da lisina para o glúten de milho, farinha de peixe e farelo de soja foram superiores aos encontrados por Zhou et al. (2004), Guimarães et al.

(2008) e Abimorad et al. (2008) ao estudarem beijupirá (*Rachycentron canadum*), tilápia-do-nilo e pacu (*Piaractus mesopotamicus*), respectivamente.

Neste estudo os resultados encontrados para a lisina corroboram com os obtidos por Davies et al. (2009), avaliando o CDA da lisina da farinha de peixe, para os peixes marinhos European sea bass (*Dicentrarchus labrax*), gilthead sea bream (*Sparus aurata*) e turbot (*Psetta maxima*), que encontraram CDA de 98,0, 94,3 e 94,7 %, respectivamente, e aos encontrados por Zhou et al., 2004 com mesmo ingrediente (97,5%) para o beijupirá (*Rachycentron canadum*). O farelo de trigo apresentou baixo CDA de lisina, sendo um ingrediente que deve ser utilizado com restrição em formulações, pois a lisina é um aminoácido essencial em todas as fases de vida do peixe.

A metionina é um aminoácido essencial sulfurado, sendo imprescindível para o crescimento e reprodução normal do organismo, já que ela não pode ser sintetizada no corpo, sendo requerida para vários processos metabólicos como fornecimento de enxofre para os componentes celulares e contribuindo para a síntese da colina, creatina, sarcosina, adrenalina e nos processos de transmetilação, necessários a formação de proteínas (Alam et al., 2000; Ruchimat et al., 1997). Os CDAs da metionina para o fubá de milho, farinha de peixe e farelo de soja variaram entre 92,8 e 94,2%. Quando comparados com os resultados obtidos por Ribeiro et al. (2011), em tilápias, os resultados deste trabalho foram superiores, sendo que esses pesquisadores encontraram médias entre 79,6 a 91,1%. Ingredientes com alta digestibilidade de metionina como os citados anteriormente devem ser fornecidos preferencialmente nos períodos de alevinagem, reprodução e de crescimento.

Quando comparado com outros ingredientes usualmente utilizados na fabricação de dietas para peixe, os CDA's da metionina do fubá de milho, farinha de peixe e farelo de soja foram superiores ao do farelo de trigo (74,1%) (Furuya et al., 2001b), milho (84,6%) (Ribeiro et al., 2011), farelo de algodão (81,5%) (Guimarães et al., 2008) para tilápia-do-nilo e farelo de trigo (82,8%) e milho (79,8%) para o pacu (Abimorad et al., 2008).

Os resultados obtidos nesse estudo estão de acordo com os encontrados por Zhou et al. (2004) ao observarem o CDA da metionina da farinha de peixe (95,9%) e do farelo de soja (92,1%) para beijupirá e Davies et al. (2009) que encontraram CDA da metionina da farinha de peixe de 99,6%

para o European sea bass, 90,96 para o gilthead sea bream e 93,7 para o turbot.

Segundo Silva et al. (2006), além dos aminoácidos lisina e metionina, a treonina é um dos aminoácidos mais limitantes para peixes, onde em condições de estresse auxilia na produção de mucina e imunoglobulinas, utilizada no recobrimento da pele.

O CDA da treonina encontrados neste estudo corroboram com os encontrados por Ribeiro et al. (2011, 2012), onde utilizando tilápia-do-nilo, para farelo de soja, farelo de glúten de milho, fubá de milho e farelo de trigo obtiveram valores entre 73,0 a 90,3%.

Os estudos de Davies et al. (2009) com as espécies marinhas turbot, gilthead sea bream e european sea bass, para a farinha de peixe encontraram valores de treonina acima de 88%, valores próximos aos encontrados para a carapeba.

Os maiores valores do CDAPB foram encontrados para a farinha de peixe, farelo de soja e para o fubá de milho, e para o CDAEB os maiores valores foram para o farelo de soja e o fubá de milho, seguidos pela farinha de peixe. Para os mesmos ingredientes, a carapeba demonstrou capacidade para digerir e absorver alguns dos principais aminoácidos para peixes como a lisina, metionina e treonina.

## 9. Referências

- Abbas, G. & Siddiqui, P.J.A. (2012) The effects of varying dietary protein level on growth, feed conversion, body composition and apparent digestibility coefficient of juvenile mangrove red snapper, *Lutjanus argentimaculatus* (Forsskal 1775). *Aquaculture Res.*, 1-12.
- Abimorad, E.G., Squassoni, G.H. & Carneiro, D.J. (2008) Apparent digestibility of protein, energy, and amino acids in some selected feed ingredients for pacu *Piaractus mesopotamicus*. *Aquacult. Nutr.*, 14, 374-380.
- Alam, Md. S., Teshima, S.I., Ishikawa, M. & Koshio, S. (2000) Methionine Requirement of Juvenile Japanese Flounder, *Paralichthys olivaceus*. *J. World Aquacult. Soc.*, 31, 618-626.
- Altan, O. & Korkut, A.Y. (2011) Apparent digestibility of plant protein based diets by european sea bass *Dicentrarchus labrax* L., 1758. *Turk. J. Fish Aquat. Sci.*, 11, 87-92.
- Association of Official Analytical Chemists (AOAC). (2000) Official Methods of Analysis, 17th edn. Washington D.C., 1018p.
- Araújo, F.G., & Santos, A.C.A. (1999) Distribution and recruitment of mojaras (perciformes, gerreidae) in the continental margin of sepetiba bay, Brazil. *Bull. Mar. Sci.*, 65, 431-439.
- Ayala-Perez, L.A., Gómez-Montes, B.A. & Miranda, J.R (2001) Distribución, abundancia y parámetros poblacionales de la mojarra *Diapterus rhombeus* (Pisces: Gerreidae) en la Laguna de Términos, Campeche, México. *Rev. Biol. Trop.*, 49, 2, 2001.
- Barroso, M.V. et al. Valor Nutritivo de Alguns Ingredientes para o Robalo (*Centropomus parallelus*). *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.31, n.6, p.2157-2164, 2002.
- ., Vierira, V.L.A. & Santos, A.J.G. (2001) Ciclo reprodutivo da carapeba prateada, *Diapterus rhombeus* (Cuvier, 1829), no litoral de Pernambuco. *Tropical Oceanography*, 1, 67-78.
- Booth, M.A., Allan, G.L. & Warner-Smith, R. (2000) Effects of grinding, steam conditioning and extrusion of a practical diet on digestibility and weight gain of silver perch, *Bidyanus bidyanus*. *Aquaculture*, 182, 287-299.
- Boscolo, W.R.; HAYASHI, C. & MEURER, F. (2002) Digestibilidade Aparente da Energia e Nutrientes de Alimentos Convencionais e Alternativos para a Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*, L.). *Revista Brasileira de Zootecnia*, 31, 2, 539-545.
- Cavalli, R.O., Domingues, E.C. & Hamilton, S. (2011) Desenvolvimento da produção de peixes em mar aberto no Brasil: possibilidades e desafios. *R. Bras. Zootec.*, 40, 155-164.

Chaves, P.T.C. & Otto, G. (1998) Aspectos biológicos de *Diapterus rhombeus* (Cuvier) (Teleostei, Gerreidae) na Baía de Guaratuba, Paraná, Brasil. *Revta. Bras. Zool.*, 15, 289-295.

Cho, C.H. (1987) La energía en la nutrición de los peces. Nutrición en acuicultura II. Madrid: J. E. de los Monteros y U. Labarta p. 197-237.

Cho, C.Y., Slinger, S.J. & Bayley, H.S. (1982) Bioenergetics of salmonid fishes: energy intake, expenditure and productivity. *Comp. Biochem. Physiol.*, 73, 25-41, 1982.

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. *Rev. Bras. Zootec.*, 39, 68-87.

Costa M. R., Albieri, R.J., Neves, L.M., Santos, A.B.L. & Araujo, F.G. (2012) Distribution and size of the mojarra *Diapterus rhombeus* (cuvier) (actinopterygii, gerreidae) in a southeastern brazilian bay. *Braz. J. Oceanografia*, 60, 199-207.

Davies, S.J., Gouveia, A., Laporte, J., Woodgate, S.L. & Nates, S. (2009) Nutrient digestibility profile of premium (category III grade) animal protein by-products for temperate marine fish species (European sea bass, gilthead sea bream and turbot). *Aquaculture Res.*, 40, 1759-1769.

Etchevers. S. L. (1978) Contribution to the biology of *Diapterus rhombeus* (cuvier) (pisces-gerridae), south of margarita island. *Bulletin of marine science*, 28, 2.

Fisheries and Aquaculture Department (FAO). (2010) Food and agriculture organization of the united nations, Rome.

Furuya, W. M., Pezzato, L. E., Pezzato, A. C., Barros, Margarida, M., & Miranda, E. C. (2001a). Coeficientes de digestibilidade e valores de aminoácidos digestíveis de alguns ingredientes para tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). *Revista Brasileira de Zootecnia*, 30(4), 1143-1149.

Furuya, W.M., Sampaio, G., Furuya, V.R.B. & Hayashi, E C. (2001b) Fitase na alimentação da tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*), desempenho e digestibilidade. *R. Bras. Zootec.*, 30, 924-929.

Furuya, W. M., Silva L.C., Neves, P.R., Botaro, D., Hayashi C., Sakaguti, E. S. & Furuya, V.R.B. (2004) Exigência de metionina + cistina para alevinos de tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*). *Ciência Rural*, 34, 1933-1937.

Furuya, W.M., Botaro, D., Macedo, R.M.G., Santos, V.G., Silva, L.C.R., Silva, T.C., Furuya, V.R.B. & Sales, P.J.P. (2005) Aplicação do conceito de proteína ideal para redução dos níveis de proteína em dietas para tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*). *R. Bras. Zootec.*, 34, 1433-1441.

Goddard, J.S. & Mclean, E. (2001) Acid-insoluble ash as a inert reference material for digestibility studies in tilapia, *Oreochromis aureus*. *Aquaculture*, 194, 93-98.

Gonçalves, E. G. & Carneiro, D. J. (2003) Coeficientes de digestibilidade aparente da proteína e energia de alguns ingredientes utilizados em dietas para o pintado (*Pseudoplatystoma coruscans*). *R. Bras. Zootec.*, 4, 779-786.

Guimarães, I.G., Pezzato, L.E. & Barros, M.M. (2008) Amino acid availability and protein digestibility of several protein sources for Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Aquaculture Nutrition*, 14, 396-404.

Gul, Y., Salim, M. & Rabbani, B. (2007) Evaluation of apparent digestibility coefficients of different dietary protein levels with and without fish meal for *Labeo rohita*. *Pakistan Vet. J.*, 27, 121-125.

Hussain, S.M., Afzal, M., Salim, M., Javid, A., Khichi, T.A.A., Hussain, M. & Raza, S.A. (2011) Apparent digestibility of fish meal, blood meal and meat meal for *Labeo rohita* fingerlings. *J. Anim. Plant. Sci.*, 21, 807-811.

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. *R. Bras. Zootec.*, 33, 2186-2192.

Lupatsch, I., Kissil, G.W., Sklan, D. & Pfeffer, E. (1997) Apparent digestibility coefficients of feed ingredients and their predictability in compound diets for gilthead seabream *Sparus aurata* L. *Aquac. Nutr.*, 3, 81- 89.

Mcgoogan, B.B. & Reigh, R.C. (1996) Apparent digestibility of selected ingredients in red drum (*Sciaenops ocellatus*) diets. *Aquaculture*, 141, 233-244.

MINISTÉRIO DA PESCA E AQUICULTURA (MPA). Boletim estatístico da pesca e aquicultura 2010, Brasil. Brasília: MPA, 2012.129p.

National Research Council (NRC) (2011) Nutrient requirements of fish and shrimp. Washington: National Academic Press, 376p.

Nose, T. (1966) Recents advances in the study of fish digestion in Japan. In: SYMPOSIUM ON FEEDING TROUT AND SALMON CULTURE, SC II7., Belgrade. Proceedings, Belgrade: EIFAC, 17.

Ribeiro, F.B., Lanna, E.A.T., Bomfim, M.A.D., Donzele, J.L., Quadros, M. & Cunha, P.S.L. (2011) True and apparent digestibility of protein and amino acids of feed in Nile tilapia. *R. Bras. Zootec.*, 40, 939-946.

Ribeiro, F. B., Lanna, E. A. Teixeira, B., Marcos A. D., Donzele, J. L., Quadros, M., Cunha, P. S. L., Takishita, Sylvia S. & Vianna, R. A. (2012). Apparent and true digestibility of protein and amino acid in feedstuffs used in Nile Tilapia feed as determined by the technique of dissection. *R. Bras. Zootec.*, 41, 1075-1081.

Ruchimat, T., Masumoto, T., Hosokawa, H. & Shimeno, S. (1997) Quantitative methionine requirement of yellowtail (*Seriola quinqueradiata*). *Aquaculture*, 150, 113-122.

Salim, M., Aziz, I., Sultan, J. I., & Mustafa, I. (2004) Evaluation of apparent digestibility of fish meal, sunflower meal and rice polishing for *Labeo rohita*. *Pakistan J. Life Sci. Sci.*, 2, 139-144.

Silva.J.S., Espósito, T.S., Marcuschi,M., Ribeiro,K., Cavalli, R.O., Oliveira,V. & Bezerra, R.S. (2011) Purification and partial characterisation of a trypsin from the processing waste of the silver mojarra (*Diapterus rhombeus*). *Food Chemistry*, 129, 777–782.

Silva, L.C.R., Furuya, W.M., Santos, L.D., Santos, V.G., Silva, T.S.C. & Sales, P.J.P. (2006) Níveis de teonina em rações para tilápia-do-nilo. *R. Bras. Zootec.*, 35,1258-1264.

Sullivan, J. A. ; Reigh, R. C., (1995) Apparent digestibility of selected feedstuffs in diets for hybrid striped bass (*Morone saxatilis* female X *Morone chrysops* male). *Aquaculture*, 138, 313-322.

Tengjaroenkul, B., Smith, B.J., Caceci, T. & Smith, S.A. (2000) Distribution of intestinal enzyme activities along the intestinal tract of cultured Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* L. *Aquaculture*, 182, 317-327.

Texeira, E.A., Crepaldi, D.V., Faria, P.M.C., Ribeiro, L.P., Melo, D.C & Euler, A.C.C (2008) Composição corporal e exigências nutricionais de aminoácidos para alevinos de tilápia ("Oreochromis" sp). *RBSPA*, 9, 239-246.

Zhou, Q.C., Tan, B.P., Mai, K.S. & Liub,Y.J. (2004) Apparent digestibility of selected feed ingredients for juvenile cobia, *Rachycentron canadum*. *Aquaculture*, 241, 441- 451.