

LEILANE BRUNA GOMES DOS SANTOS

**ASPECTOS DA ALIMENTAÇÃO E NUTRIÇÃO DE TRÊS ESPÉCIES DE
INTERESSE PARA A PISCICULTURA MARINHA: BEIJUPIRÁ (*Rachycentron
canadum*), ROBALO-FLECHA (*Centropomus undecimalis*) E
CARAPEBA LISTRADA (*Eugerres brasilianus*)**

RECIFE, PE

2017



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS PESQUEIROS E AQUICULTURA

**Aspectos da alimentação e nutrição de três espécies de interesse para a piscicultura
marinha: Beijupirá (*Rachycentron canadum*), Robalo-flecha (*Centropomus undecimalis*)
e Carapeba listrada (*Eugerres brasilianus*)**

Leilane Bruna Gomes dos Santos

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Pesqueiros e Aquicultura da Universidade Federal Rural de Pernambuco.

Prof. Dr. Ronaldo Olivera Cavalli

Recife, PE
Agosto de 2017

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE
Biblioteca Central, Recife-PE, Brasil

S237a Santos, Leilane Bruna Gomes dos.
Aspectos da alimentação e nutrição de três espécies de
Interesse para a piscicultura marinha : beijupirá (*Rachycentron*
canadum), robalo-flecha (*Centropomus undecimalis*) e carapeba
listrada (*Eugerres brasiliensis*) / Leilane Bruna Gomes dos Santos
. – 2017.
65 f. : il.

Orientador: Ronaldo Olivera Cavalli
Tese (Doutorado) – Universidade Federal Rural de
Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Recursos Pesqueiros
e Aquicultura, Recife, BR-PE, 2017.

Inclui referências.

1. Tempo de evacuação gastrointestinal 2. Digestibilidade e
Peixe marinho I. Cavalli, Ronaldo Oliveira, orient. II. Título

CDD 639

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS PESQUEIROS E AQUICULTURA

Aspectos da alimentação e nutrição de três espécies de interesse para a piscicultura marinha: Beijupirá (*Rachycentron canadum*), Robalo-flecha (*Centropomus undecimalis*) e Carapeba listrada (*Eugerres brasilianus*)

Leilane Bruna Gomes dos Santos

Tese julgada adequada para obtenção do título de doutor em Recursos Pesqueiros e Aquicultura. Defendida e aprovada em 03/08/2017 pela seguinte banca examinadora.

Prof. Dr. Ronaldo Olivera Cavalli (Orientador)
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Profa. Dra. Roberta Borda Soares (Membro titular interno)
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Prof. Dr. Eudes de Souza Correia (Membro titular interno)
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Prof. Dr. Paulo Roberto Campagnoli de Oliveira Filho (Membro titular interno)
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Profa. Dra. Juliana Ferreira dos Santos (Membro titular externo)
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Unidade Acadêmica de Serra Talhada

Prof. Dr. William Severi (Membro suplente)
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Dedicatória

Dedico essa pesquisa as pessoas mais importantes da minha vida: meus pais, Rizelda Virgolino Gomes dos Santos (in memoriam) e Roberval Timóteo dos Santos, pelo amor incondicional e por terem me conduzido a trilhar o caminho do bem.

Seja você quem for, seja qual for a posição social que você tenha na vida, a mais alta ou a mais baixa, tenha sempre como meta muita força, muita determinação e sempre faça tudo com muito amor e com muita fé em Deus, que um dia você chega lá. De alguma maneira você chega lá.

Ayrton Senna

Agradecimentos

Primeiramente a Deus, por ser a luz que guia todos os meus passos.

Aos meus pais Roberval Timóteo dos Santos e Rizelda Virgolino Gomes dos Santos (*in memoriam*), aos meus irmãos Laerte Bruno Timóteo dos Santos e Raquel de Oliveira Santos e a toda minha família pelo amor compartilhado e por sempre me apoiarem nessa aventura que chamamos de vida.

Ao professor Dr. Ronaldo Olivera Cavalli pelas inúmeras oportunidades, ensinamentos, amizade e confiança depositada em mim ao aceitar ser o meu orientador desde a graduação.

A todos que fazem parte do Laboratório de Piscicultura Marinha (LPM), por tornar possível a realização dos experimentos, pois sozinha jamais conseguiria ir tão longe. Também sou grata por todos os momentos de descontração e aprendizagem, tornando mais prazeroso os dias de trabalho, que não foram poucos.

À Elizabeth Pereira dos Santos, pelo apoio e por permitir a coleta das carapebas na fazenda Porto do Camarão, o que foi fundamental para a realização dos experimentos.

À Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), em especial ao Departamento de Pesca e Aquicultura (DEPAq) e a todos os professores e funcionários.

Ao Centro de Apoio à Pesquisa (CENAPESQ) da UFRPE, em especial ao técnico em laboratório Júlio Ferreira Júnior pela ajuda e paciência durante a realização das análises.

A todos aqueles, que não citei, mas que me apoiaram nesta caminhada durante esta etapa tão importante da minha vida.

Resumo

O presente estudo avaliou o tempo de trânsito gastrointestinal, a caracterização anatômica do trato digestivo do beijupirá (*Rachycentron canadum*), carapeba listrada (*Eugerres brasilianus*) e robalo-flecha (*Centropomus undecimalis*) e a digestibilidade aparente de diferentes ingredientes pela carapeba listrada. Oito juvenis de cada espécie foram sacrificados para a caracterização anatômica. O tempo de trânsito gastrointestinal foi avaliado em dez indivíduos de cada espécie que foram mantidos em tanques cilíndricos de 300 L. Os peixes foram alimentados até a saciedade aparente, uma vez por dia, com uma alimentação experimental contendo 10 g.kg⁻¹ de óxido de titânio. Após 3 dias, foi oferecida uma segunda dieta com uma composição similar, mas contendo 10 g.kg⁻¹ de óxido de cromo. A cada duas horas, as fezes foram coletadas por sedimentação. O índice estomagossomático foi maior no beijupirá (1,96 ± 0,53). Por outro lado, o coeficiente intestinal foi maior na carapeba (0,57 ± 0,06). Os traços digestivos das diferentes espécies analisadas apresentaram características anatômicas e histológicas distintas, provavelmente devido a seus diferentes hábitos alimentares. No entanto, essas diferenças anatômicas não tiveram efeito no tempo de trânsito gastrointestinal, que não diferiu entre as espécies e foi estimado em 18 h. No experimento de digestibilidade foram elaboradas seis rações. Os peixes com 43,27g (± 12,90) e 15,40 cm (± 1,33) de peso e comprimento total foram distribuídos em seis tanques cilindro-cônicos de fibra de vidro (300L; 12 peixes por tanque) em sistema de recirculação. Foram estimados os coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), matéria mineral (MM), energia bruta (EB) e aminoácidos (AA). Os CDA dos diferentes nutrientes dos ingredientes avaliados, apresentaram valores acima de 62,08%. Os CDA dos aminoácidos (AA) refletiram a alta digestibilidade da PB. Os resultados encontrados evidenciam a capacidade da carapeba listrada de aproveitar tanto o ingrediente de origem animal quanto vegetal.

Palavras-chave: Tempo de evacuação gastrointestinal, digestibilidade e peixe marinho.

Abstract

The present study evaluated the gastrointestinal transit time, the anatomical characterization of the digestive tract of the cobia (*Rachycentron canadum*), Brazilian mojarra (*Eugerres brasiliensis*) and Common snook (*Centropomus undecimalis*) and the apparent digestibility of different ingredients by Brazilian mojarra. Eight juveniles of each species were sacrificed for anatomical characterization. Gastrointestinal transit time was evaluated in ten individuals of each species that were kept in cylindrical tanks of 300 L. The fish were fed to apparent satiety once daily with an experimental feed containing 10 g.kg⁻¹ of oxide Of titanium. After 3 days, a second diet was offered with a similar composition but containing 10 g.kg⁻¹ of chromium oxide. Every two hours, the feces were collected by sedimentation. The stomagomatic index was higher in the cobia (1.96 ± 0.53). On the other hand, the intestinal coefficient was higher in the Brazilian mojarra (0.57 ± 0.06). The digestive traits of the different species analyzed presented distinct anatomical and histological characteristics, probably due to their different eating habits. However, these anatomical differences had no effect on gastrointestinal transit time, which did not differ between species and was estimated at 18 h. In the digestibility experiment, six rations were prepared. The fish with 43.27g (± 12.90) and 15.40 cm (± 1.33) of weight and total length were distributed in six cylindrical-fiberglass tanks (300L; 12 fish per tank) in a system Recirculation. The dry matter (DM), crude protein (CP), ethereal extract (EE), mineral matter (MM), crude energy (CE) and amino acids (AA) coefficients were estimated. The CDA of the different nutrients of the evaluated ingredients presented values above 62.08%. The CD of the AA reflected the high digestibility of PB. The results show the capacity of the Brazilian mojarra to take advantage of both the animal and vegetable ingredients.

Keywords: Gastrointestinal evacuation time, digestibility and marine fish.

Lista de figuras

	Página
Figura 1 - Exemplar de beijupirá (<i>Rachycentron canadum</i>).....	15
Figura 2 - Distribuição do beijupirá (<i>Rachycentron canadum</i>).....	15
Figura 3 - Exemplar de carapeba listrada (<i>Eugerres brasiliensis</i>).....	16
Figura 4 - Distribuição da carapeba listrada (<i>Eugerres brasiliensis</i>).....	17
Figura 5 - Exemplar de robalo-flecha (<i>Centropomus undecimalis</i>).....	18
Figura 6 - Distribuição do robalo-flecha (<i>Centropomus undecimalis</i>).....	18
 Artigo I	
Figure 1. Histological cross section of the stomach of cobia (<i>Rachycentron canadum</i> , A), Brazilian mojarra (<i>Eugerres brasiliensis</i> , B) and common snook (<i>Centropomus undecimalis</i> , C), where the epithelium (EP), villi (V), gastric lumen (LG), muscular serous (SM), lamina propria (LP), gastric pits (GF), gastric (GG) and serous (S) glands are present. H.E. (100 x).....	44
 Figure 2. Transversal section of the intestine of cobia (<i>Rachycentron canadum</i> , A), Brazilian mojarra (<i>Eugerres brasiliensis</i> , B) and common snook (<i>Centropomus undecimalis</i> , C), where the serosa (S), muscular layer (M), submucosa layer SU), kiln vessels (VQ), mucosa (MU), goblet cells (CC) and villi (V) may be visualised. H.E. (100 x).....	45
 Figure 3. Cumulative weight (g) of faeces collected by sedimentation from cobia (<i>Rachycentron canadum</i>), Brazilian mojarra (<i>Eugerres brasiliensis</i>) and common snook (<i>Centropomus undecimalis</i>) over time (h) after feeding.....	46

Lista de tabelas

Página

Artigo I

Table 1. Ingredients (g.kg^{-1}) and chemical composition (dry basis) of the experimental diets.....	41
Table 2. Mean (\pm SD) gastro-somatic index (GSI), intestinal coefficient (IQ) and daily feed intake (Fi; %) of cobia (<i>Rachycentron canadum</i>), Brazilian mojarra (<i>Eugerres brasilianus</i>) and common snook (<i>Centropomus undecimalis</i>).....	42
Table 3. Mean scores (\pm SD) attributed during the evaluation of the gastrointestinal transit time (h) of cobia (<i>Rachycentron canadum</i>), Brazilian mojarra (<i>Eugerres brasilianus</i>) and common snook (<i>Centropomus undecimalis</i>) according to Storebakken (1985).....	43

Artigo II

Tabela 1. Formulação e composição centesimal (base seca) da dieta referência utilizada para estimar os coeficientes de digestibilidade aparente pela carapeba listrada (<i>Eugerres brasilianus</i>).....	62
Tabela 2. Composição centesimal e perfil de aminoácidos da dieta referência (REF), farinha de vísceras de aves (FVA), farelo de soja (FS), farelo de glúten de milho (FGM), farinha de milho (FM) e farinha de camarão (FC) utilizados na estimativa dos coeficientes de digestibilidade aparente para juvenis da carapeba-listrada (<i>Eugerres brasilianus</i>).....	63
Tabela 3. Médias (\pm DP) e coeficientes de variação (CV) dos coeficientes de digestibilidade aparente (%) da matéria seca (MS), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), matéria mineral (MM) e energia bruta (EB) da farinha de vísceras de aves (FVA), farelo de soja (FS), farelo de glúten de milho (FGM), farinha de milho (FM) e farinha de camarão (FC) para juvenis de carapeba-listrada (<i>Eugerres brasilianus</i>).....	64
Tabela 4. Médias (\pm DP) e coeficientes de variação (CV) dos coeficientes da digestibilidade aparente (%) dos aminoácidos da farinha de vísceras de aves (FVA), farelo de soja (FS), farelo de glúten de milho (FGM), farinha de milho (FM) e farinha de camarão (FC) para juvenis de carapeba listrada (<i>Eugerres brasilianus</i>).....	65

Sumário

Dedicatória.....	5
Agradecimentos	7
Resumo	8
Abstract.....	9
Lista de figuras	10
Lista de tabelas	11
Sumário.....	12
Introdução.....	13
Revisão de literatura	15
Objetivos.....	21
Referências	22
Artigo científico I	27
Anatomical characterization of the digestive tract and gastrointestinal transit time of cobia (<i>Rachycentron canadum</i>), Brazilian mojarra (<i>Eugerres brasilianus</i>) and common snook (<i>Centropomus undecimalis</i>).....	28
INTRODUCTION	29
MATERIALS AND METHODS	30
RESULTS.....	32
DISCUSSION.....	33
REFERENCES	36
Artigo científico II.....	47
Coeficiente de digestibilidade aparente de ingredientes para juvenis de carapeba listrada <i>Eugerres brasilianus</i> (CUVIER, 1830)	48
INTRODUÇÃO.....	50
MATERIAL E MÉTODOS.....	51
RESULTADOS	53
DISCUSSÃO.....	55
CONCLUSÃO.....	57
REFERÊNCIAS	57

Introdução

A aquicultura vem aumentando sua relevância na oferta de alimento para a população mundial, sendo o setor de produção animal que apresenta a maior taxa de crescimento nos últimos anos. Segundo a FAO (2016), a aquicultura foi responsável pela produção de 73,8 milhões de t de pescado em 2014. Um importante fator para esse crescimento deve-se as pesquisas na área de nutrição, uma vez que tem contribuído para um melhor aproveitamento do alimento ofertado, diminuição dos impactos ambientais e redução dos custos de produção. A ração é muitas vezes o item de maior custo nos sistemas de aquicultura, podendo variar de 30 a 90% dos gastos totais da produção (HUANG et al., 2011; NRC, 2011).

A piscicultura marinha apresenta elevado potencial para desenvolvimento no Brasil, principalmente devido às condições climáticas e a riqueza de espécies. Apesar disso, a única estatística disponível sobre o cultivo de peixes marinhos no país ocorreu em 2009, quando a empresa Aqualider Maricultura S.A. produziu 49 t de beijupirá (*Rachycentron canadum*) (BRASIL, 2011). Existem registros na década de 1930 de dois artigos publicados em boletins da Secretaria de Agricultura do Estado de Pernambuco que relatavam a criação de carapeba e robalo em sistemas extensivos nas zonas estuarinas nos municípios de Recife e Olinda (VON IHERING, 1932; SCHUBART, 1936).

Existem diversas espécies de peixes nativos que apresentam potencial para alavancar o desenvolvimento da piscicultura marinha no país. Segundo Cavalli e Hamilton (2009), o beijupirá (*Rachycentron canadum*), a carapeba listrada (*Eugerres brasilianus*) e o robalo-flecha (*Centropomus undecimalis*) estariam entre as principais espécies com potencial para a aquicultura.

Para alavancar esse segmento da aquicultura, se faz necessário um maior desenvolvimento em pesquisas nas diversas áreas, como reprodução, larvicultura e nutrição, assim como os diferentes sistemas de cultivo. Dessa forma, seria possível identificar e escolher uma espécie que atenda algumas exigências básicas para seu cultivo, entre elas

facilidade de reprodução em cativeiro, bons índices de crescimento, eficiente conversão alimentar, carne de qualidade e valor comercial satisfatório. Devido à importância biológica e econômica das espécies do presente estudo no nordeste do Brasil, somado à carência de informações sobre a alimentação e nutrição, o presente estudo visa criar subsídios para o cultivo das espécies citadas.

Revisão de literatura

Rachycentron canadum

O beijupirá (*Rachycentron canadum*) (Figura 1) é uma espécie que pode alcançar até 2 m e 68 kg, apresenta uma anatomia fusiforme que se assemelha bastante com os tubarões (HASSLER e RAINVILLE, 1975). Possui hábito alimentar carnívoro (MEYER e FRANKS, 1996), consumindo uma diversidade de crustáceos, peixes ósseos e cefalópodes (FRANKS et al., 1996; LOPES et al., 2001).



Figura 1 - Exemplar de beijupirá (*Rachycentron canadum*).

É uma espécie pelágica costeira, naturalmente encontrado em águas tropicais e subtropicais de todos os oceanos, exceto no leste do Pacífico (BRIGGS, 1960; SHAFFER e NAKAMURA, 1989). No Brasil, o beijupirá é frequentemente encontrado em águas rasas com diferentes tipos de fundo, como os rochosos, recifes, estuários e baías (FIGUEIREDO e MENEZES, 2000) (Figura 2).

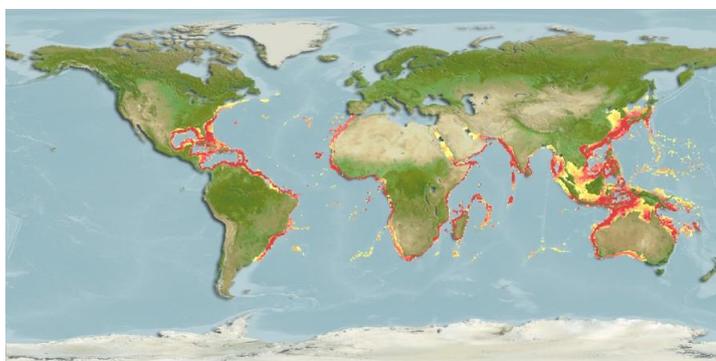


Figura 2 - Distribuição do beijupirá (*Rachycentron canadum*). Fonte: www.fishbase.org.br

É uma espécie que pode apresentar uma relação de comensalismo com tubarões e raias, nadando próximo a esses indivíduos e ocasionalmente se alimentar por presas descobertas pelo revolvimento que as referidas espécies fazem no solo (SHAFFER e NAKAMURA, 1989). Algumas características contribuem para que o beijupirá se destaque como uma ótima opção para criação, devido a boa adaptação ao ambiente de cativeiro (LIAO e LEAÑO, 2007), relativa tolerância às variações de salinidade (FAULK e HOLT, 2006), boas taxas de conversão alimentar (BENETTI et al., 2007), incluindo alta taxa de crescimento, podendo alcançar entre 4 a 6 kg em um ano de cultivo (ARNOLD et al., 2002).

Eugerres brasilianus

A carapeba listrada (*Eugerres brasilianus*) (Figura 3) é a espécie da família Gerreidae de maior tamanho (40cm), e que apresenta corpo comprimido lateralmente, coloração prateada com presença de listras e boca prostrátil (MENEZES e FIGUEREDO, 1980). São peixes comuns em águas quentes, costeiras e predominantemente estuarinas. Alimentam-se de poliquetas, bivalves, copépodos, vegetais superiores, gastrópodes, entre outros, sendo considerada uma espécie com hábito alimentar onívoro (MAGALHÃES et al., 1996; VASCONCELOS FILHO et al., 1999; BARBOSA et al., 2012).



Figura 3 - Exemplar de carapeba listrada (*Eugerres brasilianus*).

Além do Brasil, essa espécie também é capturada em outros países, como Estados Unidos (Carolina do Sul), Cuba, México e Venezuela (FLOTTER et al., 2003). Sua distribuição natural é apresentada na Figura 4.

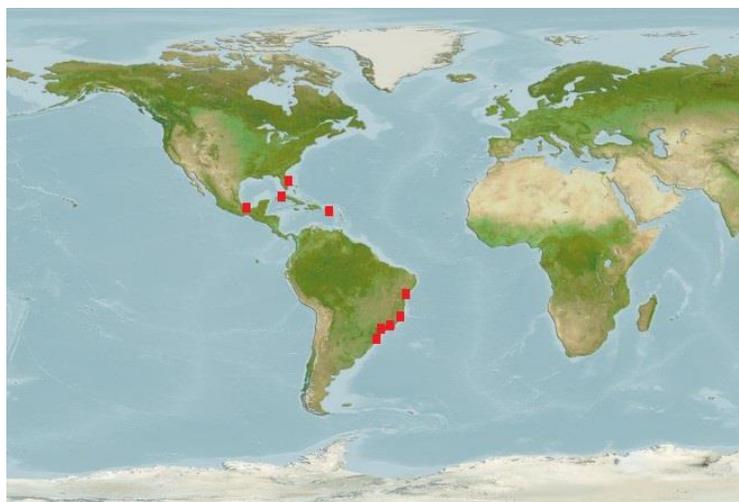


Figura 4 – Distribuição da carapeba listrada (*Eugerres brasilianus*). Fonte: www.fishbase.org.br

A tecnologia básica para a produção de formas jovens da carapeba listrada já está disponível. Em Cuba, por exemplo, a larvicultura dessa espécie foi realizada com sucesso a partir da obtenção de ovos por meio da indução hormonal (ALVAREZ-LAJONCHERE et al., 1992; 1996). No Brasil, Momm et al. (2003) reproduziram artificialmente, por meio da extrusão, mas sem emprego hormonal, fêmeas e machos de *E. brasilianus* capturados na natureza, dentro do período reprodutivo natural da espécie. Neste caso, as larvas foram criadas em cativeiro por 40 dias. Mais recentemente, Passini et al. (2013) determinaram que a dosagem de 15µg/kg do hormônio LHRHa seria suficiente para obter a maturação final e a desova de reprodutores de *E. brasilianus*.

Centropomus undecimalis

O robalo-flecha (*Centropomus undecimalis*) (Figura 5) é a espécie da família Centropomidae de maior tamanho, alcançando 1,2 m de comprimento e 25kg, possui corpo

alongado, coloração acinzentada e linha lateral bem definida até a extremidade dos raios médios da nadadeira caudal (FIGUEIREDO e MENEZES, 1980).

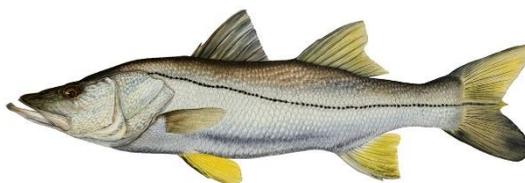


Figura 5 - Exemplar de robalo-flecha (*Centropomus undecimalis*).

É uma espécie que se distribui em águas costeiras e estuarinas e penetram em água doce, sendo considerados rústicos (ALVAREZ-LAJONCHÈRE et al., 1982; TEIXEIRA, 1997). Se encontra distribuído desde a Flórida, Estados Unidos, até Santa Catarina, Brasil (RIVAS, 1986) (Figura 6).



Figura 6 - Distribuição do robalo-flecha (*Centropomus undecimalis*)

Fonte: www.fishbase.org.br

Diversos autores (PATRONA, 1984; ALVAREZ-LAJONCHÈRE, 2004; RABELO et al., 2014) consideram que as espécies desse gênero possuem regime alimentar carnívoro, alimentando-se principalmente de peixes, camarões e crustáceos, variando sazonalmente em função da disponibilidade do ambiente. Diversos estudos realizados com a espécie, com por exemplo, referente a indução à desova e larvicultura (CERQUEIRA e TSUZUKI 2009;

PASSINI et al, 2013), nutrição e manejo alimentar (GRACIA-LÓPEZ et al., 2003; SOLIGO et al., 2011), densidade (SOUZA FILHO e CERQUEIRA 2003, MOLINARI et al., 2012) e iniciativas de cultivo (TSUZUKI et al., 2008; COSTA FILHO et al., 2013), auxiliam no desenvolvimento do pacote tecnológico para alavancar o cultivo da espécie.

Nutrição de peixes marinhos

Apesar dos estudos que existem acerca das três espécies marinhas citadas anteriormente, existem muitas lacunas a serem preenchidas no que se refere aos estudos de alimentação e nutrição, sendo estes grandes obstáculos para o desenvolvimento do cultivo em escala comercial dessas espécies. Um dos principais fatores que afetam o custo da alimentação está diretamente relacionado com a utilização da farinha e óleo de peixe, e que apresentam sérias limitações quanto ao volume produzido (NG et al., 2003; TACON e METIAN, 2008). O grande interesse no uso da farinha de peixe é devido à sua qualidade nutricional. A farinha de peixe normalmente possui um teor de proteína variando entre 54 a 72% (NRC, 2011), sendo rica nos aminoácidos metionina e lisina e nos ácidos graxos altamente insaturados (AGAI) EPA (ácido eicosapentaenoico) e DHA (ácido docosaenoico). Além disso, a farinha de peixe não possui fatores antinutricionais (GATLIN et al., 2007), tem alta palatabilidade e digestibilidade, o que garante uma boa conversão alimentar e a redução de resíduos nitrogenados no ambiente de cultivo (WATANABE, 2002; NRC, 2011).

Considerando a estagnação no estoque mundial de pescado e conseqüentemente o aumento dos custos desta matéria prima, é de suma importância a realização de estudos que contemplem a utilização de fontes alternativas à farinha de peixe, visando minimizar a sua utilização. Uma opção são os ingredientes vegetais. Diversos estudos, utilizando farinha de soja, farelo de milho, farelo de trigo, farelo de canola, farelo de girassol, entre outros, como substitutos parciais da farinha de peixe apresentaram resultados positivos (OLIVEIRA FILHO

e FRACALOSSI, 2006; STECH et al., 2010; GONÇALVES e CYRINO, 2014). Esses ingredientes vegetais apresentam características distintas na sua composição e, por esse motivo, devem ser testados e avaliados de modo que não afetem o desempenho e a qualidade dos peixes.

Justi et al. (2003) afirmam que a composição e qualidade do filé é influenciado diretamente pelos teores proteicos e lipídicos das dietas. Diversos fatores sensoriais, como aroma, sabor, textura e aparência, são decisivos para determinar o interesse do consumidor. Sendo assim, a nutrição é um fator que está diretamente relacionado com a qualidade do pescado, bem como a resistência a doenças, reprodução e desenvolvimento (STEFFENS, 1980). Glencross et al. (2007) reforçam a ideia de que os ingredientes, além de apresentar efeitos sobre as qualidades organolépticas, também influenciam o estado imunológico, sendo estes fatores importantes para determinar o valor de inclusão de um determinado ingrediente na dieta.

Segundo alguns autores (WINFREE e STICKNEY, 1981; JOBLING, 1994; PEZZATO, 1997), diversos fatores tem influência no processo de digestão e conseqüentemente na absorção e utilização dos nutrientes, podendo alterar as exigências de proteína e energia. Como exemplos, temos a espécie, fase de desenvolvimento, salinidade e temperatura da água. Por causa disso, é essencial determinar a melhor relação energia/proteína digestível, a fim de promover um melhor crescimento dos peixes e avaliar os custos de alimentação.

Atualmente estão disponíveis informações referentes a digestibilidade de alimentos para algumas espécies marinhas, como beijupirá (*Rachycentron canadum*), salmão do Atlântico (*Salmo salar*), barramundi (*Lates calcarifer*), “milkfish” (*Chanos chanos*), tainha (*Mugil platanus*), entre outros (CARVALHO et al. 2010; NRC, 2011). Essas duas últimas espécies também são onívoras como a carapeba listrada, e podem, portanto, servir como referência para a formulação de dietas experimentais. Uma das grandes vantagens de trabalhar com

espécies onívoras é a capacidade de aproveitamento, com maior eficiência, dos nutrientes de ingredientes de origem vegetal, diferentemente do que ocorre com peixes carnívoros. Os ingredientes de origem vegetal, como o farelo de soja, milho, glúten de milho, são consideradas alternativas mais econômicas quando comparadas à farinha de peixe. Por outro lado, as os ingredientes vegetais podem ter como desvantagem a presença de alguns fatores antinutricionais, como inibidores de proteases (MOYANO et al., 1992) e a diminuição da palatabilidade da ração, que terá influência direta no consumo do alimento.

Objetivos

Objetivo geral

Descrever as principais estruturas do intestino e estômago do beijupirá (*Rachycentron canadum*), carapeba listrada (*Eugerres brasilianus*) e robalo-flecha (*Centropomus undecimalis*), somado a descrição do comportamento alimentar por meio das observações de tempo de trânsito gastrointestinal do alimento. Identificar quais os ingredientes proteicos e energéticos que a carapeba é capaz de digerir e, dessa forma, criar subsídios para formulação de dietas, contribuindo com informações nutricionais para o cultivo da referida espécie.

Objetivos específicos

1. Determinar o índice estomagossomático, o coeficiente intestinal, o tempo de trânsito gastrointestinal, descrever histologicamente o intestino e o estômago do beijupirá (*Rachycentron canadum*), carapeba listrada (*Eugerres brasilianus*) e robalo-flecha (*Centropomus undecimalis*);
2. Estimar os coeficientes de digestibilidade aparente de diferentes ingredientes proteicos e energéticos pela carapeba (*Eugerres brasilianus*).

Referências

- ALVAREZ-LAJONCHÈRE, L.; BAÉZ HIDALGO, M.; GOTERA, G. Estudio de la biología pesquera del robalo de ley, *Centropomus undecimalis* (Bloch) (Pisces, Centropomidae), en Tunas de Zaza, **Revista Cubana de Investigaciones Marinas**, v.1, n. 3, p. 159-200, 1982.
- ALVAREZ-LAJONCHÈRE, L.; SÁNCHEZ, P.; MOLEJON, O.G.H. Inducción experimental del desove en el patao *Eugerres brasilianus* (Cuvier) (Pisces, Gerreidae). **Revista Cubana de Investigaciones Pesqueras**, v.16, n.1/2, p. 33-39, 1992.
- ALVAREZ-LAJONCHÈRE, L., PÉREZ-SÁNCHEZ, L., HERNÁNDEZ-MOLEJÓN, O. TORRES GÓMEZ, E. Mass production of striped patao *Eugerres brasilianus* juveniles in Cuba. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 27, n.3, p. 347-352, 1996.
- ARNOLD, C. R.; KAISER, J. B.; HOLT, G. J. Spawning of cobia (*Rachycentron canadum*) in captivity. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 33, p. 205-208, 2002.
- BARBOSA, T.R. Sazonalidade da dieta e sobreposição alimentar de *Eugerres brasilianus* (Cuvier, 1830) e *Diapterus rhombeus* (Cuvier, 1829) em um estuário tropical no nordeste do Brasil. 2012. 56p. **Dissertação (Mestrado)** em Recursos Pesqueiros e Aquicultura. Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.
- BENETTI, D. D.; ORHUN, M. R.; O'HANLON, B.; ZINK, I.; CAVALIN, F.G.; SARDENBERG, B.; PALMER, K.; DENLINGER, B.; BACCOAT, D. Aquaculture of cobia (*Rachycentron canadum*) in the Americas and the Caribbean. IN: Liao, I.C., Leano, E.M. (Eds.), *Cobia Aquaculture: Research, Development, and Commercial Production*. Asian Fisheries Society, Manila, Philippines, World Aquaculture Society, Louisiana, USA, The Fisheries Society of Taiwan, Keelung, Taiwan, and National Taiwan Ocean University, Keelung, Taiwan, p. 57-77, 2007.
- BRASIL. **Boletim estatístico da Pesca e Aquicultura** – Brasil 2008-2009. Brasília, DF, Brasil: Ministério da Pesca e Aquicultura, 2011. 99pp.
- BRIGGS, J.C. Fishes of worldwide (Circumtropical) distribution. **Copeia**, v.3, p.171-180, 1960.
- CARVALHO, C.V.A.; BIANCHINI, A.; TESSER, M. B; SAMPAIO, L. A. The effect of protein levels on growth, postprandial excretion and tryptic activity of juvenile mullet *Mugil platanus* (Günther). **Aquaculture Research**, v. 41, p. 511-518, 2010.

- CAVALLI, R. O.; HAMILTON, S. Piscicultura marinha no Brasil com ênfase na produção do beijupirá. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, Belo Horizonte, n.6, p.64-69, 2009.
- CERQUEIRA V.R. e TSUZUKI, M.Y. A review of spawning induction, larviculture, and juvenile rearing of the fat snook, *Centropomus parallelus*. **Fish Physiology and Biochemistry**, v. 35, p. 17 - 28, 2009.
- COSTA FILHO J.; FABREGAT T. E. H. P.; ROSA, C. A. V. L. Uma revisão sobre os principais aspectos no cultivo do robalo. **Revista de Ciências Agroveterinárias**. v.12, n.3, p. 317 - 325, 2013.
- FAO. 2016. **The State of World Fisheries and Aquaculture 2016**. Rome. 200p.
- FAULK CK, Holt GJ. Responses of cobia *Rachycentron canadum* larvae to abrupt or gradual changes in salinity. *Aquaculture*, v.254, p.275-283, 2006.
- FIGUEIREDO, J. L.; MENEZES, N. A. Manual de Peixes Marinhos do Sudeste do Brasil VI. Teleostei, v.5. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2000. 116p.
- FLOTTER, S. R., GASPARINI, J. L., ROCHA, L. A., FERREIRA, C. E. L, RANGEL. C. A e FEITOZA, B. M. 2003. Brazilian reef fish fauna: checklist and remarks. Brazilian Reef Fish Project: www.brazilianreeffish.cjb.net.
- FRANKS, J.S.; GARBER, N.M.; WARREN, J.R. Stomach contents of juvenile cobia, *Rachycentron canadum*, from the northern Gulf of Mexico. **Fishery Bulletin**, v. 94, p. 374-380, 1996.
- GATLIN, D.M., BARROWS, F.T., BROWN, P., DABROWSKI, K., GAYLORD, T.G., HARDY, R.W., HERMAN, E., HU, G.S., KROGDAHL, A., NELSON, R., OVERTURF, K., RUST, M., SEALEY, W., SKONBERG, D., SOUZA, E.J., STONE, D., WILSON, R. AND WURTELE, E. Expanding the utilization of sustainable plant products in aquafeeds: a review. **Aquaculture Research**, v. 38, p. 551-579, 2007.
- GLENCROSS, B. D.; BOOTH, M.; ALLAN, G. L. 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.
- GONÇALVES, L.U.; CYRINO, J.E.P. Digestibility of energy, lipids and fatty acids of vegetable oils and poultry fat by pacu *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg 1887). **Aquaculture Nutrition**, v. 20, p. 567-573, 2014.
- GRACIA-LÓPEZ, V.; GARCÍA-GALANO, T.; GAXIOLA-CORTÉS, G.; PACHECO-CAMPOS, J. Efecto del nivel de proteína en la dieta y alimentos comerciales sobre el

- crecimiento y la alimentación en juveniles del robalo blanco, *Centropomus undecimalis* (Bloch, 1792). **Ciências Marinas**, v.29, p.585-594, 2003.
- HASSLER, W.W.; RAINVILLE, R.P. Techniques for hatching and rearing cobia, *Rachycentron canadum*, through larval and juvenile stages. Raleigh: University of North Carolina Sea Grant College Program, 26 p. 1975. Report, UNC-SG-75-30.
- HUANG, C., MIAO, S., NAN, F., JUNG, S. Study on regional production and economy of cobia (*Rachycentron canadum*) commercial cage culture. **Aquaculture International**, v. 19, p. 649-664, 2011.
- JOBLING, M. **Fish Bioenergetics**. Chapman & Hall, London, 1994. 328p.
- JUSTI, K. C.; HAYASHI, C.; VISENTAINER, J. V.; SOUZA, N. E.; MATSUSHITA, M. The influence of feed supply time on the fatty acid profile of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fed on a diet enriched with n-3 fatty acids. **Food Chemistry**, v. 80, n. 4, p. 489-493, 2003.
- LIAO, I.C. e LEAÑO, E.M. Cobia aquaculture: research, development and commercial production. Taiwan: Asian Fisheries Society. 178p, 2007.
- LOPES, P.R.D.; OLIVEIRA-SILVA, J.T.; SENA, M.P. Ocorrência de *Rachycentron canadum* (Linnaeus, 1766) (Actinopterygii: Rachycentridae) na Baía de Todos os Santos, Estado da Bahia, Brasil. **Sitientibus Série Ciências Biológicas**, v.1, n.1, p.56-59, 2001.
- MAGALHÃES, E.M.M.; VASCONCELOS-FILHO, A.L.; LIRA, M.C.A. Nota preliminar sobre alimentação de *Eugerres brasiliensis*(Cuvier, 1830) (Pisces - Gerreidae), do complexo estuarino lagunar Mundaú/Manguaba, AL. **Boletim de Estudos em Ciências Marinhas**, n. 9, p. 201-215, 1996.
- MENEZES, N. A., FIGUEIREDO, J. L., **Manual de peixes marinhos do Sudeste do Brasil**. IV. Teleostei. São Paulo: Museu de Zoologia, Universidade de São Paulo, p.96, 1980.
- MEYER, G.H. e FRANKS, J.S. Food of cobia *Rachycentron canadum* from the northcentral Gulf of Mexico. **Gulf Research Report**, v.9, p.161-167, 1996.
- MOLINARI, D.; AMARAL JÚNIOR, H.; SANCHES, E. G.; COSTA FILHO, J.; OLIER, B. S.; MELLO, G. L. Diferentes densidades para a pré engorda do robalo flecha *Centropomus undecimallis* em viveiros de carcinocultura no sul do Brasil. In: AQUACIÊNCIAS 2012, 5., 2012, Palmas, TO. [Anais...]. Florianópolis, SC: AQUABIO, 2012.
- MOMM, E. R., BATISTI, F. L., SILVA, F. C., NAKAMURA, M. K., BORNIA, P. C., e JUNIOR, M. S. 2003. Fry production of caratinga (*Eugerres brasiliensis*, Valenciennes,

- 1830) under laboratory conditions. Book of abstract. World of Aquaculture. Salvador/BA. V. 2 493p.
- MOYANO, F.J. et al. Nutritive value of diets containing a high percentage of vegetables proteins for trout, *Oncorhynchus mykiss*. **Aquatic Living Resources**, v.5, p.21-39, 1992.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL OF THE NATIONAL ACADEMIES. Nutrient Requirement of Fish and Shrimp. **Animal Nutrition Series**. Washington, 2011.
- NG, W.K.; LIM, P.K.; BOEY, P.L. Dietary lipid and palm oil source affects growth, fatty acid composition and muscle a-tocopherol concentration of African catfish, *Clarias gariepinus*. **Aquaculture**, v.215, p.229-243, 2003.
- OLIVEIRA FILHO, P.R.C.; FRACALOSSO, D.M. Coeficientes de digestibilidade aparente de ingredientes para juvenis de jundiá. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, p.1581-1587, 2006.
- PASSINI, G.; CARVALHO, C. V. A.; COSTA, W. M.; CERQUEIRA, V. R. Indução hormonal da desova da carapeva *Eugerres brasilianus* em cativeiro. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 39, n. 4, p. 433-438, 2013.
- PATRONA, L. D. Contribution à la biologie du "robalo" *Centropomus parallelus* (Pisces Centropomidae) du Sud-Est du Brésil: possibilités aquacoles. 175 f. Thèse (Doctorat de 3ème Cycle, Sciences et Techniques en Productions Animales) – Institut National Polytechnique de Toulouse, France, 1984.
- PEZZATO, L. E. O. Estabelecimento das exigências nutricionais das espécies de peixes cultivadas. In: Anais do simpósio sobre manejo e nutrição de peixes, 1997. Piracicaba. **Anais**. Piracicaba/SP, 1997. p.45 - 62.
- RABELO L. B.; SOARES L. S. H. Feeding interaction of the non-native African catfish (*Clarias gariepinus* BURCHELL, 1822) in Itanhém river estuary, Bahia, Brazil. **Brazilian Journal of Oceanography**, v. 62, p. 179-186, 2014.
- RIVAS, L.R. Systematic review of the perciform fishes of the genus *Centropomus*. *Copeia*, v. 1, n. 3, p. 579-611, 1986.
- SHAFFER, R.V. e NAKAMURA, E.L. 1989 Synopsis of biological data on the cobia *Rachycentron canadum* (Pisces: Rachycentridae). FAO Fisheries Synopsis, 153. U.S. Department of Commerce, NOAA Technical Report. Washington D.C. 21p.
- SCHUBART, O. Investigações sobre os viveiros do Recife. Recife- PE: **Boletim da Secretaria de Agricultura, Indústria e Comércio do Estado de Pernambuco**, v. 1, n. 2, p. 153-176, 1936.

- SOLIGO, T.A., GARCIA, A.S., CERQUEIRA, V.R. Weaning of the common snook (*Centropomus undecimalis*) early juveniles reared in laboratory using commercial and experimental diets. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 37, p. 367-374, 2011.
- SOUZA-FILHO, J.J., CERQUEIRA, V.R. Influência da densidade de estocagem no cultivo de juvenis de robalo-flecha mantidos em laboratório. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, p. 1317 - 1322, 2003.
- STECH, M.R.; CARNEIRO, D.J.; CARVALHO, M.R.B. de. Fatores antinutricionais e coeficiente de digestibilidade aparente da proteína de produtos de soja para o pacu (*Piaractus mesopotamicus*). **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v.32, p.255-262, 2010.
- STEFFENS, W. Principios fundamentales de la alimentación de los peces. Barcelona: [s.n.], p. 275, 1980.
- TACON, A.G. J.; METIAN, M. Global overview on the use of fish meal and fish oil in industrially compounded aquafeeds: Trends and future prospects. **Aquaculture**, v. 285, p.146-158, 2008.
- TEIXEIRA, R.L. Distribution and feeding habits of the young common snook, *Centropomus undecimalis* (Pisces: Centropomidae), in the shallow waters of a tropical Brazilian estuary. **Bol. do Museu de Biol. Mello Leitão**, v.6, p.35-46, 1997.
- TSUZUKI, M.Y.; BERESTINAS, A.C. Desempenho de juvenis de robalo-peva *Centropomus parallelus* com diferentes dietas comerciais e frequência alimentares. **Bol. Inst. Pesca**, v. 34, p. 535 - 541, 2008.
- VASCONCELOS FILHO, A. L.; OLIVEIRA, A.M.E. Composição e ecologia da ictiofauna do Canal de Santa Cruz (Itamaracá - PE, Brasil). **Trabalhos Oceanográficos, Universidade Federal de Pernambuco**, v. 27, n.1, p.101-103, 1999.
- VON IHERING, R. Criação de peixes em viveiros no Recife. **Boletim da Secretaria de Agricultura, Indústria e Viação**, v.35, p. 35-40, 1932.
- WATANABE, T. Strategies for further development of aquatic feeds. **Fisheries Science**, v. 68, p. 242-252, 2002.
- WINFREE, A.R., STICKNEY, R.R. Effects of dietary protein and energy on growth, feed conversion, efficiency and body composition of *Tilapia aurea*. **Journal of Nutrition**, v.111, n.6, p.1001-1012, 1981.

Artigo científico I

Artigo científico a ser submetido à Revista *Journal of Fish Biology*

Todas as normas de redação e citação, deste capítulo, atendem as estabelecidas pela referida revista disponível em:
<http://onlinelibrary.wiley.com/journal/10.1111/%28ISSN%291095-8649/homepage/ForAuthors.html>

Anatomical characterization of the digestive tract and gastrointestinal transit time of cobia (*Rachycentron canadum*), Brazilian mojarra (*Eugerres brasilianus*) and common snook (*Centropomus undecimalis*)

Leilane Bruna Gomes dos Santos^{1*}, Scarlatt Paloma Alves da Silva¹, Enrique Melatti¹, Caio Rubens do Rêgo Oliveira¹, Ronaldo Olivera Cavalli¹

¹Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Pesca e Aquicultura, Laboratório de Piscicultura Marinha, Av. Dom Manoel de Medeiros, s/n, Dois Irmãos, 52171-900 Recife, PE, Brazil. *E-mail: leilanebruna@yahoo.com.br

ABSTRACT

This study characterized anatomically the digestive tract and estimated the gastrointestinal transit time of cobia (*Rachycentron canadum*), Brazilian mojarra (*Eugerres brasilianus*) and common snook (*Centropomus undecimalis*). Eight juveniles from each species were sacrificed and had their stomachs and intestines removed and measured for the anatomical characterization. The gastrointestinal transit time was evaluated in ten individuals of each species that were maintained in 300 L cylindro-conical tanks. The fish were fed to apparent satiety once daily with an experimental feed containing 10 g.kg⁻¹ of titanium oxide. After three days, a second diet with a similar composition, but containing 10 g.kg⁻¹ chromium oxide, was offered. Every two hours, faeces were collected by sedimentation. The gastro-somatic index was higher in cobia (1.96 ± 0.53) than in the snook (0.51 ± 0.08), which, in turn, was higher than in the mojarra (0.09 ± 0.02). On the other hand, the intestinal coefficient was higher in the mojarra (0.57 ± 0.06), than in the snook (0.31 ± 0.04) and cobia (0.29 ± 0.02). The digestive tracts of cobia, mojarra and snook presented distinct anatomical and histological characteristics, which is probably due to their different feeding habits (cobia and snook are carnivorous, while the mojarra is omnivorous). Nevertheless, these anatomical differences had no effect on the gastrointestinal transit time, which did not differ between species, and was estimated at 18 h.

KEY WORDS: Morphology, gut evacuation time, digestibility, marine fish.

INTRODUCTION

The large phyletic and ecological diversity of teleostean fishes is reflected in the many ways they obtain food as well as on the many types of food they utilize. Most fish present certain flexibility in their feeding habits, which may vary according to the availability of different food items in the environment (Diaz, 2003; Blay Jr, 2006). The structures of the various organs of the digestive tract are therefore directly related to the nature of the food and the way it is ingested so that nutrients may be efficiently utilized (Chaves & Vazzoler, 1984).

A key factor related to the efficiency of food use by fish is the period of time that it takes to pass through the digestive tract. This is commonly referred to as gastrointestinal transit time (GTT), and has a direct influence on the efficiency of digestion and the absorption of nutrients due to the time that the food is exposed to the digestive processes (Windell, 1968; Jobling, 1987; NRC, 2011). The GTT may vary according to fish size, life stage, feeding frequency, water temperature, and particle size, composition and amount of food ingested (Smith, 1989; Hayley & Bushman 1994). The definition of the GTT serves not only as a parameter to evaluate the daily consumption of feed in fish aquaculture systems, but also aids in the estimation of the digestibility of different feed ingredients (Riche *et al.*, 2004; Braga *et al.*, 2007).

Glencross *et al.* (2007) stress that the evaluation of feed ingredients is crucial to nutritional research and feed development for aquaculture species. In evaluating ingredients for use in aquaculture feeds, there are several important knowledge components that should be understood to enable the judicious use of a particular ingredient in feed formulation. This includes information on the digestibility of different ingredients. Fish nutrition studies evaluate different feed ingredients to obtain the highest nutrient use efficiency in aquaculture diets, hence reducing environmental contamination from uneaten or partially consumed feeds (Glencross *et al.*, 2007). Knowledge of the GTT of different feed ingredients improves feed management and may thus reduce environmental impacts due to non-consumed food or excess faecal matter.

Cobia (Rachycentron canadum), common snook (*Centropomus undecimalis*) and the Brazilian mojarra (*Eugerres brasiliensis*) are marine fish species of ecological importance and economic interest given their role in artisanal fisheries and recreational fishing as well as for aquaculture purposes (Shaffer & Nakamura, 1989; Liao & Leño, 2007; Alvarez-Lajonchère & Tsuzuki, 2008; Soares *et al.*, 2016). *Cobia* is a pelagic, migratory species, naturally found in tropical and subtropical waters (Shaffer & Nakamura, 1989). It is known to be a voracious feeder, often engulfing whole preys (Shaffer & Nakamura, 1989), which usually consist of

bony fishes, crustaceans and cephalopods (Meyer & Franks, 1996). The Brazilian mojarra *E. brasiliensis* inhabits warm, coastal areas, including estuaries and lagoons (Yañez-Arancibia, 1986). It is a demersal and omnivorous species with a broad spectrum of food items. Its tube-like protrusive mouth indicates it is a benthic feeder (Pessanha & Araújo, 2012). The common snook *C. undecimalis* is the fastest growing species among its genus (Tucker, 2005). As an euryhaline and carnivorous species, it inhabits shallow waters in coastal zones and estuaries, and feeds mainly on fish and crustaceans (Marshall, 1958; McMichael *et al.*, 1989; Pope *et al.*, 2006).

Although the structure of the gastrointestinal system of teleostean fish is well documented, few comparative studies are available. The characterization of the digestive tract of teleostean fishes, and consequently their feedings habits, may provide useful ecological and biological information. Furthermore, knowledge on the GTT, morphology and histology of the organs that make up the digestive system of cobia, Brazilian mojarra and common snook are relatively scarce. This study, therefore, evaluated the gastro-somatic index, the intestinal coefficient, the histology of the stomach and intestine, and the GTT of cobia, Brazilian mojarra and common snook.

MATERIALS AND METHODS

Maintenance and feeding of fish

The fish were apparently healthy, and after collection were acclimatized to laboratory conditions for 15 days in 500 L circular tanks in a water recirculation system containing constant aeration, mechanical sand filter, biological filter, foam fractionator (skimmer) and ultraviolet lamps. Water temperature, salinity, pH and dissolved oxygen (DO) were monitored daily using a YSI-556 Series multiparameter (YSI Inc., Yellow Springs, OH). Total ammonia nitrogen (TAN), nitrite and nitrate levels were quantified once weekly with commercial test kits (Labcon, Alcon, Blumenau, Brazil). Water quality variables were kept at levels considered adequate for fish maintenance (temperature 30.5 ± 0.4 ; pH 8.3 ± 0.2 ; salinity 25 ± 1.0 ; DO $6.7 \text{ mg.L}^{-1} \pm 1.2$; and TAN $0.25 \text{ mg.L}^{-1} \pm 0.12$). No significant concentrations of nitrite and nitrate were detected during the experimental period.

Two experimental diets containing the same basic formulation were prepared (Table 1). To one of the diets, 10 g.kg^{-1} of titanium oxide (TiO_2) was added to provide a whitish coloration to the faeces, while the second diet received 10 g.kg^{-1} of chromium oxide III (Cr_2O_3) to confer a greenish coloration to the faeces. Dietary ingredients were ground (≤ 1

mm), mixed and 20% (w/v) water was added to produce a soft moist prior to pelleting. Pellets were oven dried for 24 h at 50°C and stored in plastic containers protected from light at -20°C until use. During the acclimatization period, the fish were fed the experimental diet containing titanium oxide.

Anatomical characterization

Eight cobias (mean weight and total length of 222.6 g ± 47.9 and 33.0 cm ± 2.4, respectively), 8 mojarras (99.7 g ± 16.8; 19.3 cm ± 1.1) and 8 snooks (90.3 g ± 9.2; 23.7 cm ± 0.9) underwent a 48 h fasting period to empty their digestive tracts. Fish were then sacrificed by an overdose of benzocaine (500 mg.L⁻¹) and dissected. The total length (cm), total weight (g), intestine length (cm) and stomach weight (g) were measured. The gastro-somatic index (GSI) was estimated considering the proportions between the weight of the stomach and the total weight of fish: $GSI = (\text{stomach weight} / \text{total fish weight}) \times 100$. The intestinal coefficient (IQ) was also calculated: $IQ = \text{total intestine length} / \text{total length of the fish}$.

Histological analysis

Five individuals of each species that were sacrificed for anatomical characterization had their stomachs and intestines preserved for histological analysis. Soon after dissection, the organs were immersed in Davidson AFA solution (Humason, 1972) for fixation for 24 h. The material was then stored in 70% alcohol solution. The tissues were processed in histological routine, being organized in histocassettes and dehydrated in an increasing alcoholic series of 70%, 80%, 95% and 100%; diaphonized in xylol and infiltrated with paraffin. Tissues were then embedded in paraffin blocks, sectioned at 5 µm and stained with hematoxylin and eosin for analysis.

Estimation of gastrointestinal transit time and ingestion rate

Ten cobias (181.4 g ± 31.2; 31.9 cm ± 1.8), 10 mojarras (163.8 g ± 45.6; 22.4 cm ± 1.7) and 10 snooks (99.5 g ± 15.5; 25.4 cm ± 1.5) were distributed in three 300 L cylindro-conical tanks and acclimatized for seven days. They continued to be fed until apparent satiety with the experimental diet containing titanium oxide.

The gastrointestinal transit time was estimated by adapting the methodology proposed by Storebakken (1985). The fish were fed once a day to apparent satiety, after which the tanks were cleaned to remove leftovers, faeces and other debris. The replicates were performed over

time in three independent evaluation cycles, each one lasting at least four days. At the beginning of each cycle, the fish were fed the experimental diet containing titanium oxide and, on the fourth day, the experimental diet containing chromium oxide was offered.

On the fourth day of each cycle, the faeces were collected by sedimentation into a Falcon tube attached to the bottom of the tanks, with a 120-min interval after feeding. After each collection, the faeces were transferred to a Petri dish divided into four quadrants for easier visualization. Samples were given the scores 0, 0.25, 0.50, 0.75 or 1.00 according to the ratio of green to white coloured faeces (Storebakken, 1985). The faeces was then centrifuged and weighed. The initial momentum was considered to be the one in which the first green faeces were observed and the final gastrointestinal transit time was considered when all replicated tanks received the score 1.00.

The daily feed intake (F_i ; %) was estimated as the amount of feed offered daily to each tank (R ; g), and fish biomass (B) in each tank multiplied by 100: $F_i = 100 (R / B)$

Statistical analysis

The results were analysed by unidirectional analysis of variance (ANOVA). When differences between groups were identified, multiple comparisons were made between the means using Tukey's test with a significance of 95%. Data were previously checked for normality (Kolmogorov-Smirnov) and homogeneity of variances (Levene test).

RESULTS

The GSI was significantly higher in cobia than in the snook, which, in turn, was higher than in the mojarra (Table 2). On the other hand, the IQ was significantly higher in the mojarra than in cobia and the snook, which did not differ between them.

Histologically, the stomach could be divided into three regions: cardiac, fundic and pyloric. The cardiac region is located just after the gastric oesophagus transition region. The histology of the cardiac portion of the stomach (Figure 1) shows the existence of villi in the mucous region of the mucosa and gastric pits along these folds, which are more evident in cobia and the mojarra. The mucosa can still be defined with gastric glands, more abundant in the stomach of cobia and the snook and in relatively smaller numbers in the mojarra. The submucosa in the three species is well developed and vascularized, and formed by loose connective tissue. The muscular layer is composed of smooth muscle fibres and, externally,

the stomach is covered by a serosa. The gastric lumen of cobia is larger than in the other two species.

The intestine has three well defined regions: proximal, medial and distal. Figures 2A, 2B and 2C represent cross-sections of the midgut, where the serosa, muscular layer, submucosal layer, vessels, mucosa, goblet cells and intestinal villi of cobia, mojarra and snook may be identified, respectively. The muscular layer of the intestine of cobia is comparatively larger than that of the snook and the mojarra. It may also be observed that the submucosal layer follows the same pattern. Goblet cells are more numerous in cobia and in the snook. On the other hand, the intestinal villi are more expressive in the mojarra and the snook.

The daily feed intake (F_i) for cobia (2.01%) and snook (2.29%) were significantly higher than estimated for the mojarra, which was only 0.80% (Table 2). The GTT presented significant differences at 8 and 14 h after feeding (Table 3). It took 18 hours for the food to fully pass through the digestive tract of the three species. The cumulative values of faecal weight for cobia, mojarra and snook throughout the evaluation period are presented in Figure 3.

DISCUSSION

The evaluation of GSI and IQ allows some inferences about the type and size of prey ingested by fish and the time interval between meals (Kapoor *et al.*, 1975). In general, carnivorous fish species tend to have high GSI and low IQ, i.e., large stomachs and short intestines, whereas the inverse is observed for omnivorous fish (Nikolski, 1963). Nevertheless, fish species with similar feeding habits may present a certain variety in their digestive anatomy (Baldisserotto, 2009; NRC, 2011). The highest GSI was found in cobia, which is a carnivorous species with a well-known capacity to consume large preys (Shaffer & Nakamura, 1989; Meyer & Franks, 1996). Carnivorous fish species such as cobia are morphologically capable of ingesting large preys because they are able to distend the stomach hence increasing storage capacity. The comparatively larger gastric lumen of cobia observed here is a clear indication of this ability. This allows cobia to be satiated after a single, large meal. Similarly, the study of Costa-Bomfim *et al.* (2014) demonstrated that there was no benefit in feeding individual cobia juveniles (≥ 110 g) more frequently than once daily. Nevertheless, under culture conditions, it is recommended to feed cobia more than once daily to ensure not only that all fish are fed to satiation, but also to provide a better opportunity for

the smaller, less aggressive fish to obtain food and, consequently, to produce a more size-homogeneous group of fish.

On the other hand, the lowest GSI was estimated for the mojarra, which is known to be omnivorous and to feed on a variety of small food items (Pessanha & Araújo, 2012). Omnivorous and herbivorous fish have comparatively smaller stomachs, but much longer intestines. In nature, they tend to feed more frequently, while, under culture conditions, the offering of a larger number of daily meals usually results in improved growth, as observed for tilapia (Sanches & Hayashi, 2001, Riche *et al.*, 2004). An intermediate GSI was estimated for the snook, which, albeit also being carnivorous (Alvarez-Lajonchère & Tsuzuki, 2008), feeds preferentially on comparatively smaller food items than cobia. Results similar to our study were found by Fabregat *et al.* (2015) when comparing the anatomy of the digestive tract of carnivorous versus omnivorous fish species. Fish stomach size is therefore directly related to the feeding behaviour and, more particularly, to prey size. Jacobshagen (1937) reported that the relationship between intestine length and body length varies from 0.2 to 2.5 in carnivorous, from 0.6 to 8.0 in omnivorous, and from 0.8 to 15.0 in herbivorous fish.

Although there is an overlap in the range of IQ values, which may not allow an adequate characterization of the feeding habit of certain fish species, these ranges allow, however, to establish some characteristics related to the type of food and the way it is consumed. The stomach of cobia has a broad gastric lumen, which is characteristic of fish that feed on large preys at a single time. Although the snook and the mojarra present somehow similar characteristics, their gastric lumen is comparatively smaller. A large number of gastric glands, which are known to secrete both pepsinogen and hydrochloric acid (Reifel & Travill, 1978), were observed in the stomach of cobia and the snook and in relatively smaller numbers in the mojarra. According to Bértin (1958), the structure, shape and size of the segments of the digestive tract vary according to the feeding habit. The stomach lining epithelium of the three species considered here does not differ from that described for most teleostean fish (Fänge & Grove, 1979), although some differences were detected. For example, the thickness of the muscular layer and the number of goblet cells were more expressive in cobia and in the snook. The goblet cells are responsible for the production of mucus. Their main function is to protect the intestine against harmful physical and chemical agents, besides lubricating the intestinal lining (Deplancke & Gassins, 2001; Marchetti *et al.*, 2006). The presence of goblet cells may also be related to the feeding condition, such as the amount and type of food consumed (Borges *et al.*, 2010).

The main function of the intestine is to absorb nutrients, water and ions (Sundell & Rønnestad, 2011). The intestine of fish presents great structural diversity, even in species with similar feeding habits (Buddington *et al.*, 1997). In general, long intestines are more frequent in species that consume hard to digest food items, such as omnivorous fish species (Kapoor *et al.*, 1975). In this way, nutrient absorption is more efficient, since the chyme passes through a larger absorption surface.

The capacity of intestinal expansion occurs not only by the dilatation of the muscular layer, but also of the intestinal villi (Buddington *et al.*, 1997). In addition to increasing the intestinal absorption surface, they also produce and absorb a number of digestive enzymes, such as maltase, sucrose, amylase and lipase (Kuz'mina & Gelman, 1997). The intestine of cobia presented a muscular layer thicker than the snook and the mojarra, which may be, as mentioned earlier, because cobia ingests comparatively larger prey items, evidencing in this way a greater capacity of expansion for the passage of the chyme.

In this study, the GTT estimated for cobia, mojarra and snook was 18 h with no significant differences between species. Therefore, the anatomical differences of the stomach and intestine had no significant effect in the food retention time. The transit speed of the diets may have been influenced by the amount of food consumed, and the snook consumed a rate of 2.29% of diet per day, followed by the cobia consuming 2.01% and the mojarra, 0.80%. For most teleosts, the larger the size or quantity of food eaten in a single meal, the longer the GTT (Rotta, 2003).

The ingestion of fibre-rich diets greatly increases the volume of the chyme and slows peristalsis, which leads to reduced GTT by increasing the secretion of endogenous fluids and ultimately to a lower assimilation of nutrients (Wenk, 2001). Another factor that interferes with the speed of the chyme is feeding frequency. García-Galano *et al.* (2003) observed that high feeding frequencies would accelerate the digestive transport rate through the intestinal tract of the common snook (*C. undecimalis*), and thus probably reducing the digestibility and the efficiency of nutrient use.

In general, the estimation of the GTT provides useful information for the management of aquaculture practices. For instance, the definition of feeding frequency, and in studies of digestibility. In this case, the period of time in which the excreta remains in contact with water may interfere with the estimation of digestibility due to nutrient leaching. Thus, identifying how long the food remains in the fish tract, together with the best time interval for faecal collection, is fundamental to obtain more accurate estimates of digestibility. In the case

of the species studied here, and under the present experimental conditions, the recommended time for faecal collection should vary from 12 to 16 hours after feeding.

REFERENCES

- ALBRECHT, M. P.; FERREIRA, M. F. N.; CARAMASCHI, E. P. Anatomical features and histology of the digestive tract of two related neotropical omnivorous fishes (Characiformes; Anostomidae). **Journal of Fish Biology**, v. 58, p. 419-430, 2001.
- ALVAREZ-LAJONCHÈRE, L.; TSUZUKI, M. Y. A review of methods for *Centropomus spp.* (snooks) aquaculture and recommendations for the establishment of their culture in Latin America. **Aquaculture Research**, v.39, p.684-700, 2008.
- BALDISSEROTTO, B. Fisiologia de peixes aplicada à piscicultura. 2.ed. **Santa Maria:** Universidade Federal de Santa Maria, 2009. 350p.
- BERTIN, L. Appareil digestif. In: GRASSE, P. P. (Ed.) **Traité de Zoologie**. Masson, Paris, França, p. 1249-1301, v.13, 1958.
- BLAY JR, J. Seasonal variation in food preference and feeding ecology of two juvenile marine fishes, *Pseudotolithus senegalensis* (Sciaenidae) and *Brachydeuterus auritus* (Haemulidae) off Cape Coast, Ghana. **West Africa Journal of Applied Ecology**, v. 09, n. 1, p.01-06, 2006.
- BOOTH, M. A.; TUCKER, B. J.; ALLAN, G. L.; STEWART FIELDER, D. Effect of feeding regime and fish size on weight gain, feed intake and gastric evacuation in juvenile Australian snapper *Pagrus auratus*. **Aquaculture**, v. 282, p. 104-110, 2008.
- BORGES, J. C. S.; PRESSINOTTI, L. N.; GOMES, V.; SILVA, J. R. M. C. Lipidic and protein absorption in digestive tract of tropical fat snook. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, v. 386, n.1, p. 39-44, 2010.
- BRAGA, L. G. T.; BORGHESI, R.; DAIRIKI, J. K.; CYRINO, J. E. P. Trânsito gastrintestinal de dieta seca em *Salminus brasiliensis*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, p.131-134, 2007.
- BROMLEY, P. J. The role of gastric evacuation experiments in quantifying the feeding rates of predatory fish. **Reviews in Fish Biology and Fisheries**, v.4, p.36-66, 1994.
- BUDDINGTON, R. K.; KROGDAHL, A.; BAKKE-MCKELLEP, A. M. The intestines of carnivorous fish: structure and functions and the relations with diet. **Acta Physiologica Scandinavica**, v.161, p.67-80, 1997.

- CHAVES, P. T. C.; VAZZOLER, G. Aspectos biológicos de peixes amazônicos. Anatomia microscópica do esôfago, estômago e cecos pilóricos de *Sernaprochilodus insignis* (Characiformes: Prochilodontidae). **Acta Amazonica**, v.14, p. 343-353, 1984.
- COSTA-BOMFIM, C.N.; PESSOA, W.V.N.; OLIVEIRA, R.L.M.; FARIAS, J.L.; DOMINGUES, E.C.; HAMILTON, S.; CAVALLI, R.O. The effect of feeding frequency on growth performance of juvenile cobia, *Rachycentron canadum* (Linnaeus, 1766). **Journal of Applied Ichthyology**, v.30, p.135-139, 2014.
- DEPLANCKE, B.; GASKINS, H. R.; Microbial modulation of innate defense: goblet cells and the intestinal mucus layer. **American Journal of Clinical Nutrition**, v.73, p.1131S-1141S, 2001.
- DIAZ, A. O.; GARCÍA, A. M.; DEVINCENTI, C. V.; GOLDEMBERG, A. L. Morphological and histochemical characterization of the mucosa of the digestive tract in *Engraulis anchoita*. **Anatomia, Histologia, Embryologia**, v. 32, p. 341-346, 2003.
- FABREGAT, T. E. H. P.; NASCIMENTO, T. M. T.; PEREIRA, T. S.; BARBOSA, A. S. Caracterização das proporções anatômicas e tempo de trânsito gastrointestinal do apaiari e do acará-bandeira. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 3, n. 41, p.671-675, 2015.
- FÄNGE, R.; GROVE, D. Digestion. In: HOAR, W.S.; RANDALL, D.J.; BRETT, J.R. Fish physiology - bioenergetics and growth. Vol.8, **New York**: Academic Press, p.161- 259, 1979.
- GARCÍA-GALANO, T.; CARLOS PÉREZ, J.; GAXIOLA, G.; SÁNCHEZ, A. Effect of feeding frequency on food intake, gastric evacuation and growth in juvenile snook, *Centropomus undecimalis* (BLOCH). **Revista de Investigaciones Marinas**, v. 24, p.145-154, 2003.
- GLENCROSS, B.D.; BOOTH, M.; ALLAN, G.F. 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.
- HAYWARD, R. S.; BUSHMANN, M. E. Gastric evacuation rates for juvenile largemouth bass. **Transactions of the American Fisheries Society**, v. 123, p. 88-93, 1994.
- HUMASON, G. L. **Animal Tissue Techniques**, Third edition. W. H. Freeman and Company, San Francisco, 1972. 641p.
- JACOBESHAGEN, E. 1V. Mittel und Enddarm (Rumpfdarm). In Handbuch der vergleichenden Anatomie der Wirbeltiere (Ed. L. Bolck, E. Kallius and W. Lubosch). **Berlin**: Urban & Schwarzenberg. 1937.

- JOBLING, M. Influence of food particle size and dietary energy content on patterns of gastric evacuation in fish: test of physiological model of gastric emptying. **Journal of Fish Biology**, v.30, p.299-314, 1987.
- KAPOOR, B. G.; SMIT, H.; VERIGHINA, I. A. The alimentary canal and digestion in Teleosts. **Advances in Marine Biology**, v. 13, p.109-239, 1975.
- KUZ'MINA, V. V., GELMAN, A. G. Membrane-linked digestion in fish. **Reviews in Fisheries Science and Aquaculture**, v.5, p.99-129, 1997.
- LANNA, E. A. T.; PEZZATTO, L. E.; CECON, P. R.; FURUYA, W. M.; BOMFIM, M. A. D. 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, 2004.
- LIAO, I. C.; LEAÑO, E. M. Cobia aquaculture: research, development and commercial production. **Taiwan: Asian Fisheries Society**, 2007. 178p.
- McMICHAEL Jr, R.H., PETERS, K.M., PARSONS, G.R. Early life history of the snook, *Centropomus undecimalis*, in Tampa Bay, Florida. **Northeast Gulf Science**, n. 10, p.113-125. 1989.
- MARSHALL, A.R.. A survey of the snook fishery of Florida, with studies of the biology of the principal species, *Centropomus undecimalis* (Bloch). **Florida State Board Conservation Technical Series**, n. 22, 1958. 39p.
- MARCHETTI, L.; CAPACCHIETTI, M.; SABBIIETI, M. G.; ACCILI, D.; MATERAZZI, G.; MENGHI, G. Histology and carbohydrate histochemistry of the alimentary canal in the rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. **Journal of Fish Biology**, v.68, p.1808-1821, 2006.
- MEYER, G. H.; FRANKS, J. S. Food of cobia *Rachycentron canadum* from the north central Gulf of Mexico. **Gulf Research Reports**, v.9, p. 161-167, 1996.
- NIKOLSKI, G. V. The ecology of fishes. **London: Academic Press**, 1963. 352p.
- NRC. Nutrient requirements of fish and shrimp. Animal Nutrition Series. The National Academy Press, **Washington, D.C**, 2011. 392p.
- PESSANHA, A. L. M. & ARAÚJO, F. G. Spatial and size feeding niche partitioning of the rhomboid mojarra *Diapterus rhombeus* (Cuvier, 1829) in a tropical Brazilian Bay. **Marine Biology Research**, v.8, p. 273-283, 2012.
- POPE, K.L.; BLANKINSHIP, D.R.; FISHER, M.; PATINO R. Status of the common snook (*Centropomus undecimalis*) in Texas. **Texas Journal of Science**, n. 58, p.325-332. 2006.

- REIFEL, C.W.; TRAVILL, A.A. Structure and carbohydrate histochemistry of the stomach in eight species of teleosts. *Journal of Morphology*, 158, 155-168, 1978.
- RICHE, M.; HALEY, D. I.; OETKER, M.; GARBRECHT, S.; GARLING, D. L. Effect of feeding frequency on gastric evacuation and return of appetite in tilapia *Oreochromis niloticus* (L.). **Aquaculture**, v.234, p.657-673, 2004.
- RICHE, M., OETKER, M., HALEY, D.I., SMITH, T., GARLING, D.L. Effect of feeding frequency on consumption, growth, and efficiency in juvenile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **The Israeli Journal of Aquaculture – Bamidgeh**, v.56, 247-255, 2004.
- ROTTA, M. A. Aspectos gerais da fisiologia e estrutura do sistema digestivo dos peixes relacionados à piscicultura, **Corumbá**, Embrapa Pantanal, 2003, 48p.
- RUST, M. B. Nutritional Physiology. In: HALVER, J. H. Fish Nutrition. **San Diego**: Academic Press. p.367-452, 2002.
- SAHLMANN, C.; SUTHERLAND, B. J. G.; KORTNER, T. M.; KOOP, B. F.; KROGDAHL, Å.; BAKKE, A. M. Early response of gene expression in the distal intestine of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) during the development of soybean meal induced enteritis. **Fish & Shellfish Immunology**, v.34, p.599-609, 2013.
- SANCHES, L.D.F.; HAYASHI, C., 2001. Effect of feeding frequency on Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.) fries performance during sex reversal in hapas. **Acta Scientiarum**, v.23, p.871-876, 2001.
- SHAFFER, R.V.; NAKAMURA, E.L. Synopsis of biological data on the cobia *Rachycentron canadum* (Pisces: Rachycentridae). FAO Fisheries Synopsis. Washington, DC, USA. 21p. 1989.
- SMITH, L. S. Digestive functions in teleost fishes. In: HALVER, J. H. (ed.) Fish Nutrition. Academic Press, **San Diego**: Academic Press. p.333-422, 1989.
- SOARES, E. C.; PAIVA, A. G.; SANTOS, E. L.; PEREIRA, S.M.; SANTOS, E. S.; ALMEIDA, E. O.; SILVA, T. J. Potential of carapeba (*Eugerres brasiliensis*) for aquaculture production. **Latin American Journal of Aquatic Research**, v.44, n.4, p.718-725, 2016.
- STOREBAKKEN, T. Binders in fish feeds I. Effect of alginate and guar gum on growth, digestibility, feed intake and passage through the gastrointestinal tract of rainbow trout. **Aquaculture**, v.47, n.1, p.11-26, 1985.
- SUNDELL K. S.; RØNNESTAD, I. Intestinal Absorption. In: FARRELL, A.P., (ed.), Encyclopedia of Fish Physiology: From Genome to Environment. **San Diego**: Academic Press. v.2, p.1311-1321, 2011.

- TUCKER, J.W. Snook culture. **American Fisheries Society Symposium**, n.46, p.297–305. 2005.
- WENK, C. The role of fibre in digestive physiology of the pig. **Animal Feed Science and Technology**, v. 90, n. 1-2, p. 21-33, 2001.
- WINDELL, J. T. Food analysis and rate of digestion. In: RICKER, W.E. (Ed.). Methods for assessment of fish production in freshwaters. **London: Willner**. p.197-203, 1968.
- YÁÑEZ-ARANCIBIA, A., **Ecología de la zona costera: Analisis de siete topicos**. Editorial AGT, México, D.F., 1986. 189p.

Table 1. Ingredients (g.kg^{-1}) and chemical composition (dry basis) of the experimental diets.

<i>Ingredients</i>	
Fishmeal	570.00
Wheat flour	270.00
Cellulose	80.00
Fish oil	65.00
Titanium oxide or Chrome oxide III	10.00
Vitamin/mineral mixture*	5.00
<i>Chemical composition</i>	
Crude protein (%)	44.33
Total lipids (%)	11.78
Carbohydrates (%)	26.13
Crude fibre (%)	6.60
Ash (%)	7.49
Phosphorus (%)	1.31
Energy (cal.kg^{-1})	4.319.45

* Rovimix® (UI kg^{-1} or g kg^{-1}): vitamin A. 5.0 MUI; vitamin D3. 0.20 MIU; vitamin E. 5.000 UI; vitamin K3. 1.0g; vitamin B1. 1.5 g; vitamin B2. 1.5 g; vitamin B6. 1.5 g; vitamin B12. 4.0 g; biotin. 0.05 g; vitamin C. 50 g; choline. 40 g; inositol. 1.0 g; ethoxyquin. 12.25 g; cooper. 0.5 g; magnesium. 1.5 g; zinc. 5.0 g; folic acid. 0.5 g; pantothenic acid. 4.0 g; nicotinamide. 7.0 g; cobalt. 0.01 g; iron. 5.0 g; iodine. 0.05 g; selenium. 0.01 g.

Table 2. Mean (\pm SD) gastro-somatic index (GSI), intestinal coefficient (IQ) and daily feed intake (Fi; %) of cobia (*Rachycentron canadum*), Brazilian mojarra (*Eugerres brasilianus*) and common snook (*Centropomus undecimalis*).

	GSI	IQ	Fi
Cobia	2.02 \pm 0.53 ^a	0.29 \pm 0.02 ^b	2.01 \pm 0.72 ^a
Brazilian mojarra	0.09 \pm 0.02 ^c	0.58 \pm 0.06 ^a	0.80 \pm 0.26 ^b
Common snook	0.51 \pm 0.08 ^b	0.31 \pm 0.04 ^b	2.29 \pm 0.73 ^a

Different letters in the same column indicate significant differences ($p < 0.05$).

Table 3. Mean scores (\pm SD) attributed during the evaluation of the gastrointestinal transit time (h) of cobia (*Rachycentron canadum*), Brazilian mojarra (*Eugerres brasilianus*) and common snook (*Centropomus undecimalis*) according to Storebakken (1985).

Time (h)	Cobia	Brazilian mojarra	Common snook
4	0.19 \pm 0.08	0.20 \pm 0.05	0.15 \pm 0.09
6	0.26 \pm 0.09	0.25 \pm 0.03	0.20 \pm 0.05
8	0.42 \pm 0.04 ^a	0.43 \pm 0.06 ^a	0.28 \pm 0.02 ^b
10	0.45 \pm 0.07	0.47 \pm 0.06	0.40 \pm 0.05
12	0.64 \pm 0.07	0.72 \pm 0.07	0.62 \pm 0.06
14	0.82 \pm 0.03 ^a	0.87 \pm 0.07 ^a	0.74 \pm 0.03 ^b
16	0.93 \pm 0.08	0.94 \pm 0.04	0.86 \pm 0.09
18	1.00 \pm 0.00	1.00 \pm 0.00	1.00 \pm 0.00

Different letters in the same column indicate significant differences ($p < 0.05$).

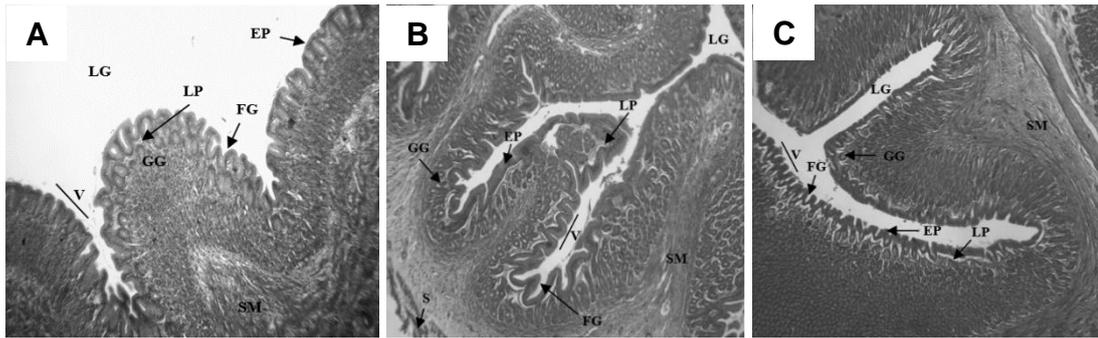


Figure 1. Histological cross section of the stomach of cobia (*Rachycentron canadum*, A), Brazilian mojarra (*Eugerres brasiliensis*, B) and common snook (*Centropomus undecimalis*, C), where the epithelium (EP), villi (V), gastric lumen (LG), muscular serous (SM), lamina propria (LP), gastric pits (GF), gastric (GG) and serous (S) glands are present. H.E. (100 x).

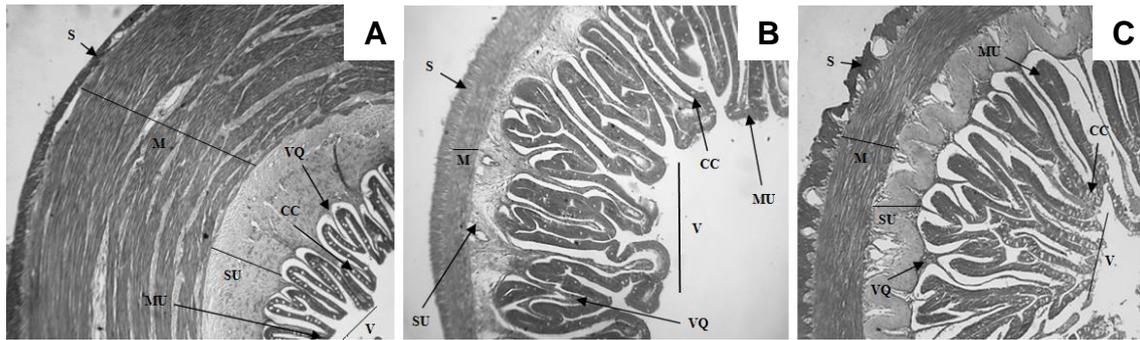


Figure 2. Transversal section of the intestine of cobia (*Rachycentron canadum*, A), Brazilian mojarra (*Eugerres brasiliensis*, B) and common snook (*Centropomus undecimalis*, C), where the serosa (S), muscular layer (M), submucosa layer (SU), villous crypts (VQ), mucosa (MU), goblet cells (CC) and villi (V) may be visualised. H.E. (100 x).

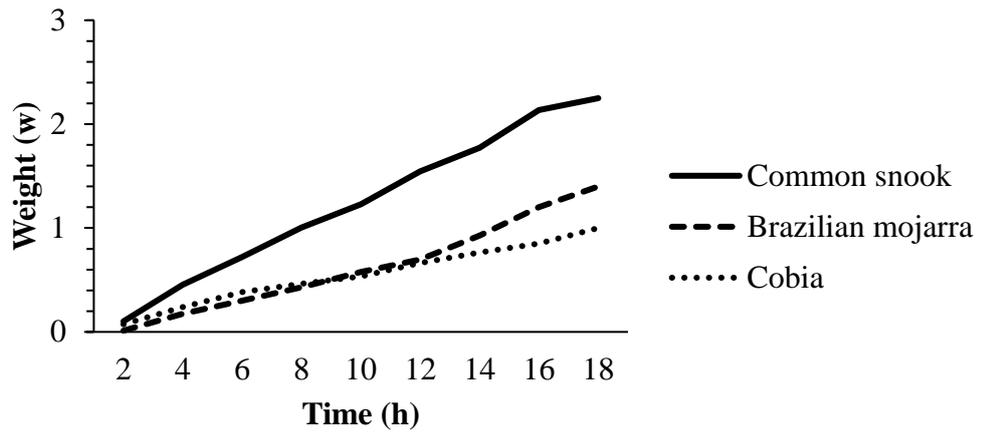


Figure 3. Cumulative weight (g) of faeces collected by sedimentation from cobia (*Rachycentron canadum*), Brazilian mojarra (*Eugerres brasilianus*) and common snook (*Centropomus undecimalis*) over time (h) after feeding.

Artigo científico II

Artigo científico a ser submetido à Revista *Aquaculture Research*

Todas as normas de redação e citação, deste capítulo, atendem as estabelecidas pela referida revista disponível em:
<http://onlinelibrary.wiley.com/journal/10.1111/%28ISSN%291365-2109/homepage/ForAuthors.html>

Coefficiente de digestibilidade aparente de ingredientes para juvenis de carapeba listrada *Eugerres brasilianus* (CUVIER, 1830)

Leilane Bruna Gomes dos Santos^{1*}, Nelson Gomes da Silva Neto¹, Scarlatt Paloma Alves da Silva¹, Enrique Melatti¹, Felipe dos Santos Silva¹, Clebson Marçal de Andrade¹, Ronaldo Olivera Cavalli¹

1. Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Pesca e Aquicultura, Laboratório de Piscicultura Marinha, Av. Dom Manoel de Medeiros, s/n, Dois Irmãos, 52171-900 Recife, PE, Brasil.

*E-mail: leilanebruna@yahoo.com.br

Apparent digestibility of common feed ingredients by the Brazilian mojarra *Eugerres brasilianus* (CUVIER, 1830)

ABSTRACT

The present study estimated the apparent digestibility coefficients (ADC) of dry matter (DM), crude protein (CP), ether extract (EE), mineral matter (MM), gross energy (GE) and amino acids (AA) of poultry viscera meal (PVM), soybean meal (SM), corn gluten meal (CGM), corn flour (CF) and shrimp meal (SM) by juveniles of the Brazilian mojarra (*Eugerres brasilianus*). Having a reference diet as a basis, five other experimental diets containing 70% of the reference diet and 30% of the feedstuff to be tested were formulated. Chromium oxide at 1 g.kg⁻¹ was added as an inert marker. Groups of 12 fish with 43.3 g (\pm 12.9) and 15.4 cm (\pm 1.3) were distributed in each of six 300 L cylindro-conical tanks of fiberglass in a recirculation system. The ADC of CP for CGM, SM, PVM and CM were higher than 89% and did not differ between themselves. The highest ADCs of EE were estimated for PVM (93.59%) and SM (92.81%). For the digestibility values of MM, the PVM (95.27%) and the S (90.28%) are statistically the same. However, for the SM and SH, the values were below 64%. ADC of the amino acids (AA) reflected the high digestibility of CP. Among PVM, SM, GMC and S, the values were above 88%, except for the CM ingredient, which presented values ranging from 57.38 to 98.37%, for isoleucine and taurine, respectively. Among non-essential ADCAA, values were above 87% for almost all evaluated ingredients (PVM, SM, GMC and S), except for CM which showed the relatively lower value (77.35%) for tyrosine. The results showed the ability of the Brazilian mojarra to take advantage of both the animal and vegetable

ingredients, as well as the high efficiency of absorbing some of the main essential AAs, such as lysine, methionine and threonine.

KEY WORDS: Digestibility, Brazilian mojarra, protein and energy ingredients, nutrition.

RESUMO

Os coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca, proteína bruta, extrato etéreo, matéria mineral, energia bruta e aminoácidos de cinco ingredientes (farinha de víscera de aves (FVA), farelo de soja (FS), farelo de glúten de milho (FGM), farinha de milho (FM) e farinha de camarão (FC)) foram estimados para juvenis de carapeba listrada (*Eugerres brasilianus*). Foram elaboradas seis rações, sendo uma referência, que serviu como base para o estudo e outras cinco com os ingredientes testes, incluindo 30% de cada ingrediente e 70% da dieta referência. O marcador inerte foi o óxido de crômio. Peixes com 43,27g ($\pm 12,90$) e 15,40 cm ($\pm 1,33$) foram distribuídos em seis tanques cilindro-cônicos (300 L; 12 peixes por tanque) em sistema de recirculação. Foram estimados os coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), energia bruta (EB) e aminoácidos (AA). Os CDAPB para os ingredientes FGM, FS, FVA e FM não diferiram entre si, apresentando valores acima de 89%. Para o CDAEE, os maiores valores foram para os ingredientes FVA (93,59%) e FS (92,81%). Para os valores de digestibilidade da MM, o FVA (95,27%) e a FC (90,28%) são estatisticamente iguais. Porém, para os ingredientes FS e FC, os valores foram abaixo de 64%. Os CDA dos aminoácidos (AA) refletiram a alta digestibilidade da PB. Entre os CDAAA essenciais do FVA, FS, FGM e FC, os valores foram acima de 88%, com exceção do ingrediente FM que apresentou valores que variaram de 57,38 a 98,37%, para isoleucina e taurina, respectivamente. Entre os CDAAA não essenciais, os valores foram acima de 87% para quase todos os ingredientes avaliados (FVA, FS, FGM e FC), exceto para a FM que apresentou o valor relativamente mais baixo (77,35%) para a tirosina. Os resultados encontrados evidenciam a capacidade da carapeba listrada de aproveitar tanto o ingrediente de origem animal quanto vegetal, devido também a elevada eficiência de absorver alguns dos principais AA essenciais, como a lisina, metionina e treonina.

PALAVRAS-CHAVE: Digestibilidade, carapeba listrada, ingredientes proteicos e energéticos, nutrição.

INTRODUÇÃO

A piscicultura marinha apresenta elevado potencial para desenvolvimento no Brasil, principalmente devido às condições climáticas, disponibilidade de áreas e riqueza de espécies. Apesar disso, até o momento, a única estatística oficial disponível sobre a criação de peixes marinhos no país se refere a produção de 49 t de beijupirá (*Rachycentron canadum*) em 2009 (Brasil, 2011). Para alavancar esse segmento da aquicultura, se faz necessário um maior desenvolvimento em pesquisas nas diversas áreas, como reprodução, larvicultura e nutrição, assim como sobre sistemas de produção.

Existem diversas espécies de peixes marinhos nativos que apresentam potencial para a piscicultura no país. Segundo Cavalli e Hamilton (2009), a carapeba listrada (*Eugerres brasilianus*) estaria entre estas principais espécies. Esta espécie é o membro da família Gerreidae que alcança maior tamanho (40 cm), é eurihalina (Eszinazi, 1972, Franco et al., 2012), onívora (Menezes e Figueiredo, 1980) e apresenta elevada demanda no NE brasileiro (Bezerra et al., 2001), além de ser uma possível alternativa à monocultura do camarão *Litopenaeus vannamei* em áreas estuarinas.

No nordeste do Brasil, *E. brasilianus* tem sido historicamente criada em conjunto com o robalo-flecha *Centropomus undecimalis* e a tainha *Mugil liza* desde os anos 1930 graças a disponibilidade de juvenis selvagens (Ihering, 1932). No entanto, essa produção não teve continuidade devido à indisponibilidade de juvenis criados em laboratório. Após estudos em Cuba terem sucesso na reprodução em cativeiro (Alvarez-Lajonchère et al., 1992; 1996), a facilidade de obtenção de desovas dessa espécie em cativeiro foi recentemente confirmada (Passini et al., 2013).

Além do potencial de produção pela aquicultura, a carapeba listrada tem grande importância ecológica e socioeconômica, principalmente pela pesca artesanal (Alvarez-Lajonchère & Tsuzuki, 2008; Soares et al., 2016). Apesar disso, ainda existem muitas lacunas a serem preenchidas no que se refere à alimentação e nutrição, sendo este um dos obstáculos para a produção dessa espécie em escala comercial. A determinação da digestibilidade dos nutrientes dos ingredientes é uma das primeiras etapas no desenvolvimento de rações (Glencross et al., 2007; NRC, 2011). Atualmente estão disponíveis informações referentes à digestibilidade de ingredientes para várias espécies de peixes marinhos (NRC, 2011). Entre estas, o “milkfish” (*Chanos chanos*) e as tainhas (*Mugil*) são espécies onívoras como a carapeba listrada, e podem, portanto, servir como referência para a formulação de dietas experimentais. Uma das grandes vantagens das espécies onívoras é a capacidade de aproveitamento, com maior eficiência, dos nutrientes de ingredientes de origem vegetal,

diferentemente do que ocorre com peixes carnívoros. Os ingredientes de origem vegetal, como farelo de soja, farinha de milho e glúten de milho, são consideradas alternativas mais econômicas em comparação à farinha de peixe (NRC, 2011). Por outro lado, os ingredientes vegetais podem ter como desvantagem a presença de fatores antinutricionais, como inibidores de proteases (Moyano et al., 1992) e a diminuição da palatabilidade, afetando diretamente o consumo do alimento (Oliveira, 2003).

Esse estudo, portanto, estimou os coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca, proteína bruta, extrato etéreo, matéria mineral, energia bruta e aminoácidos de cinco ingredientes comumente utilizados em dietas aquícolas (farinha de víscera de aves, farelo de soja, farelo de glúten de milho, farinha de milho e farinha de camarão) para juvenis de carapeba listrada (*Eugerres brasilianus*).

MATERIAL E MÉTODOS

Preparação das dietas

Uma dieta-referência foi formulada usando como base nas exigências nutricionais do milkfish (*C. chanos*) e da tainha (*M. platanus*) (Tabela 1). O óxido de crômio (Cr_2O_3) foi adicionado ($1,0 \text{ g.kg}^{-1}$) como marcador inerte. Também foram utilizados uma mistura comercial de vitaminas e minerais (Rovimix®, Nutron Alimentos, Brasil) e o antioxidante butilhidroxitolueno (BHT, Inspec, Espanha) nas proporções de $5,0 \text{ g.kg}^{-1}$ e $0,2 \text{ g.kg}^{-1}$, respectivamente. Contendo 70% da dieta-referência e 30% do ingrediente a ser testado (Farinha de víscera de aves, farelo de soja, farelo de glúten de milho, farinha de milho ou farinha de camarão), outras cinco dietas experimentais foram confeccionadas.

Para a confecção de todas as dietas experimentais, os ingredientes foram misturados e 20% do peso em água foi adicionado. As dietas foram então peletizadas em moinho de rosca sem fim, secas em estufa de ventilação forçada (50°C por 24 h) e armazenadas em recipientes plásticos a -20°C até a utilização.

Peixes e condições experimentais

Os juvenis de carapeba (*E. brasilianus*) foram capturados em julho de 2015 na fazenda Porto do Camarão, localidade de Tejucofapo, município de Goiana, PE, com uma rede de arrasto. Durante os três meses de aclimatização às condições laboratoriais, os peixes foram mantidos em tanques circulares de 500 L em um sistema de recirculação de água contendo aeração constante, filtro mecânico de areia, filtro biológico, fracionador de espumas

(*skimmer*) e lâmpadas ultravioletas. Durante este período, a dieta-referência foi fornecida quatro vezes ao dia (8:00, 11:00, 14:00 e 17:00 h) até a saciedade aparente.

Grupos de 12 peixes com médias (\pm DP) de peso e comprimento total de 43,3 g (\pm 12,9) e 15,40 cm (\pm 1,33) foram distribuídos em cada um dos seis tanques cilíndrico-cônicos de fibra de vidro (300 L) em um sistema de recirculação igual ao utilizado no período de aclimatização. O manejo da alimentação foi idêntico ao período de aclimatização. As repetições foram realizadas ao longo do tempo em três ciclos independentes de avaliação, sendo que cada ciclo durou 20 dias.

A temperatura, pH, salinidade e concentração de oxigênio dissolvido foram monitorados diariamente com um medidor multiparâmetro (YSI 556 MPS, Yellow Springs, EUA). As concentrações de amônia total, nitrito e nitrato foram estimadas diariamente com kits da Alcon (Blumenau, SC). As variáveis de qualidade de água se mantiveram relativamente estáveis durante o período experimental. As médias (\pm DP) de temperatura, pH, salinidade, e concentrações de oxigênio dissolvido e amônia total foram 28,0°C (\pm 0,4), 8,0 (\pm 0,1), 20,0 (\pm 1,0), 6,4 mg.L⁻¹ (\pm 1,3) e 0,25 mg.L⁻¹ (\pm 0,14), respectivamente. Não foram detectadas concentrações significativas de nitrito e nitrato durante o período experimental.

Coleta das fezes

Diariamente, uma hora após a última alimentação, as paredes internas dos tanques eram limpas com esponja e os resíduos sifonados do fundo. O volume de água retirado pelo sifonamento era imediatamente repostado. Um tubo Falcon de 50 mL era então acoplado ao fundo dos tanques, porém mantido no interior de caixa térmica com gelo. As fezes foram coletadas após 16 h (Santos et al., em preparação), centrifugadas (3500 RPM a 4°C) por 5 min e armazenadas a -20°C. Posteriormente foram liofilizadas (Apha 1-4 LD *plus*), peneiradas para a retirada de escamas e mantidas em dessecador até a análise.

Estimativas de digestibilidade

Os coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), energia bruta (EB) e aminoácidos (AA) foram estimados conforme Nose (1960) e Bureau e Hua (2006):

$$CDA_{(n)} = 100 - \left[100 \left(\frac{\%Cr_2O_{3R}}{\%Cr_2O_{3F}} \right) \times \left(\frac{\%N_F}{\%N_R} \right) \right]$$

onde, $CDA_{(n)}$ = coeficiente de digestibilidade aparente do nutriente; Cr_2O_{3R} = % de óxido de cromo na ração; Cr_2O_{3F} = % de óxido de cromo nas fezes; N_F = nutriente nas fezes; N_R = nutriente nas rações;

$$CDA_{\text{ingrediente teste}} = CDA_{\text{dieta teste}} + [(CDA_{\text{dieta teste}} - CDA_{\text{dieta ref}}) \times (0,7 \times D_{\text{ref}} / 0,3 \times D_{\text{ingr}})]$$

onde, D_{ref} = % nutriente (ou kJ/g energia bruta) da dieta referência na mistura; D_{ingr} = % nutriente (ou kJ/g energia bruta) do ingrediente sendo testado.

Análises químicas

Todas as análises químicas foram realizadas no laboratório CBO (Campinas, SP) seguindo métodos analíticos recomendados pela AOAC (2007). A determinação da proteína bruta foi realizada pelo método de Dumas após digestão oxidativa do oxigênio a aproximadamente 900-1200°C. Os aminoácidos foram analisados por cromatografia líquida de alta eficiência em fase reversa, utilizando detecção em ultravioleta a 254 nm por 30 min. A umidade foi obtida por secagem em estufa a 105°C por 4-6 h até o peso constante, enquanto o teor de matéria mineral (cinzas) foi determinado pela queima da amostra em mufla a 550-600°C. Os lipídios foram extraídos por hidrólise ácida. A energia bruta foi medida com uma bomba calorimétrica (IKA modelo 5000, Staufen, Alemanha). O teor de óxido de cromo nas dietas e fezes foi quantificado por espectrofotometria de absorção atômica após digestão ácida (Furukawa e Tsukahara, 1966). Embora os ingredientes tenham sido previamente analisados, os resultados não são apresentados aqui.

Análise estatística

Os resultados foram analisados por análise unidirecional de variância (ANOVA) com o programa Statistica 7.0. Quando identificadas diferenças entre os grupos, foram realizadas comparações múltiplas entre as médias utilizando o teste de Tukey com significância de 95%. Os dados foram previamente verificados quanto à normalidade (Kolmogorov-Smirnov) e a homogeneidade das variâncias (Teste de Levene).

RESULTADOS

A composição centesimal e o perfil de aminoácidos das diferentes dietas experimentais estão apresentados na Tabela 2. A FVA e o FGM apresentaram os maiores valores de PB, sendo 52,33 e 50,53%, respectivamente, enquanto o valor mais baixo

encontrado foi para a FM (31,53%). O teor de EE foi maior para a FVA (14,32%) e menor para a FM (11,42%). As concentrações de MM foi expressivamente maior para a FC (17,27%) e para os demais ingredientes (FVA, FS, FGM e FM) os valores estiveram abaixo dos 10%. O maior valor de EB foi para a FVA (4682,74 Cal kg⁻¹) e o menor para FM (3309,80 Cal kg⁻¹).

Os três aminoácidos essenciais com concentrações mais elevadas foram arginina, leucina e lisina, para os ingredientes FVA, FS, FM e FC. E para o ingrediente FGM foram leucina, fenilalanina e valina. Dos aminoácidos não-essenciais, o ácido-glutâmico foi o que continha maior valor, seguido da glicina e prolina.

O CDA da matéria seca do farelo de glúten de milho (91,87%) foi significativamente maior (Tabela 3), seguido da farinha de víscera de aves (84,33%), farinha de camarão (75,95%), farinha de milho (64,98%) e farelo de soja (62,08%), esses dois últimos ingredientes não diferiram entre si. A farinha de milho (FM) e o farelo de soja (FS) apresentaram CDAs significativamente inferiores, os quais não diferiram entre si.

Os CDAs da proteína bruta (PB) da FVA, FS e FGM foram significativamente maiores (> 90%) e não diferiram entre si, enquanto a FC teve o menor CDA (84,37%). O CDA da FM apresentou um valor intermediário (89,11%), não diferindo dos demais ingredientes.

Para o CDA do extrato etéreo (EE), valores significativamente maiores foram estimados para a FVA (93,59%) e a FS (92,81%), os quais não diferiram do CDA da FGM (87,94%). Este, por sua vez, não diferiu do CDA do EE estimado para a FC (83,66%). A FM apresentou o menor CDA do EE entre os ingredientes analisados (73,63%).

A digestibilidade da matéria mineral (MM) da FVA (95,27%) foi a maior entre os ingredientes, embora não tenha diferido significativamente da FC (90,28%), a qual, por sua vez, não diferiu da FGM (84,68%). O FS e a FM tiveram CDAs da MM (< 66%) significativamente inferiores aos demais ingredientes.

Os CDAs da energia bruta (EB) da FGM e da FC foram significativamente maiores (97,16 e 96,76%, respectivamente), enquanto a FVA e o FS apresentaram valores intermediários (acima de 90%). A menor digestibilidade da EB foi estimada para a FM com 83,03%.

Os CDA dos aminoácidos (AA) dos diferentes ingredientes estão apresentados na Tabela 4. De maneira geral, a digestibilidade dos AA refletiu a da PB. Entre os CDAs dos AA essenciais do FVA, FS, FGM e FC, os valores foram acima de 88%, com exceção da FM, que apresentou CDAs variando de 57,38 a 94,20%, para isoleucina e metionina, respectivamente.

Entre os AA não essenciais, os CDAs foram estimados acima de 87% para todos os ingredientes, exceto para a FM que apresentou o valor relativamente mais baixo (77,35%) para a tirosina. Entre os ingredientes analisados, a FM apresentou a maior variação de CDAs dos AA.

DISCUSSÃO

Os juvenis de carapeba listrada foram capazes de digerir todos os ingredientes testados (FVA, FS, FGM, FM e FC), sendo estes frequentemente utilizados na composição de rações para peixes. Devido a adaptações morfológicas e fisiológicas que possibilitam utilizar melhor os carboidratos em relação as espécies carnívoras, de maneira geral as espécies onívoras utilizam mais eficientemente os ingredientes de origem vegetal (Kubarik, 1997). A digestibilidade, portanto, é um dos critérios para avaliação da eficiência de dietas para animais, por meio da quantificação da fração do nutriente ou da energia absorvida do alimento que não é excretada nas fezes (Choubert et al., 1979; NRC, 1993; De Silva e Anderson, 1998). Diversos fatores podem afetar os valores de CDA da matéria seca, entre eles o tipo de matéria-prima utilizada, o preparo da dieta e a espécie estudada. A carapeba, embora possua hábito alimentar onívoro, apresentou o menor valor de digestibilidade para a MS do FS (62,08%) em relação a outros peixes onívoros, assim como o bagre de canal (*Ictalurus punctatus*) (Kim et al., 1997) e a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) (Barros et al., 1988), que obtiveram para a MS 74 e 84,80%, respectivamente.

Em relação ao CDA da proteína bruta (PB), a FVA, o FS e o FGM foram os ingredientes que apresentaram os maiores coeficientes de digestibilidade (> 90%). O FS é amplamente utilizado como alternativa à farinha de peixe na formulação de dietas para a aquicultura devido ao alto conteúdo proteico, grande disponibilidade no mercado internacional e custo relativamente baixo (Chou et al., 2004). Em vista disso, o FS pode substituir até 50% da farinha de peixe em rações para algumas espécies carnívoras e até 94% para as onívoras (Pezzato, 1995). Apesar das várias características positivas, o FS pode conter uma quantidade significativa de polissacarídeos não-amiláceos (PNAs) em sua composição. Além dos PNAs, outros antinutrientes, como lecitinas, compostos antigênicos, inibidores de proteases, ácido fítico e saponinas, também podem afetar a qualidade do FS como ingrediente (Gatlin et al., 2007).

A digestibilidade da proteína bruta pela carapeba listrada apresentou variação de 84,37 a 93,52% entre os ingredientes aqui testados. A menor digestibilidade da proteína foi estimada para a farinha de camarão, o que pode estar relacionado aos elevados teores de matéria

mineral e quitina. Resultados similares também foram relatados por Furuya et al. (2001), que avaliaram a digestibilidade de alguns ingredientes para a tilápia do Nilo. A FGM apresentou a maior digestibilidade para a PB (93,52%), resultado semelhante ao encontrado para o jundiá *Rhamdia quelen* (Oliveira Filho, 2005). Em peixes, entretanto, a digestibilidade do milho varia conforme a capacidade de digestão das diferentes espécies (Halver e Hardy, 2002).

Em comparação aos peixes carnívoros, os onívoros tendem a melhor digerir ingredientes energéticos (Zavala-Camin, 1996). Apesar do hábito alimentar onívoro, a carapeba apresentou digestibilidade relativamente baixa da MM e da MS da farinha de milho (63,08 e 64,98%, respectivamente), enquanto, por outro lado, a digestibilidade da PB foi relativamente alta (89,11%). Em relação à FGM, o CDA da PB apresentou o maior valor (93,52%), sendo que o CDA dos demais ingredientes avaliados variou entre 84,37 e 92,25%. Resultados semelhantes foram encontrados para a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) e o pacu (*Piaractus mesopotamicus*) 91,39 e 95,6%, respectivamente (Guimarães et al.; 2008; Abimorad et al., 2008).

Segundo Furuya (2007), espécies com hábito alimentar onívoro, como a tilápia do Nilo e o pacu, toleram altos níveis de carboidratos nas dietas, o que está diretamente relacionado com as características do trato gastrointestinal. Embora os peixes não apresentem exigências por carboidratos, a inclusão nas dietas é uma estratégia para reduzir os custos da ração (Gatlin, 1999). No presente estudo, a dieta referência continha 26,8% de carboidrato, variando conforme a inclusão dos ingredientes testes (FVA, FS, FGM, FM e FC) nos diferentes tratamentos.

A qualidade das proteínas dos alimentos depende do perfil e disponibilidade dos aminoácidos (Rollin et al., 2003). Os valores de CDA da PB é a soma dos CDA de cada AA e outros compostos nitrogenados nos ingredientes (NRC, 2011). No entanto, o CDA para cada AA não necessariamente é o mesmo que o da PB (Storebakken et al., 1998). No presente estudo, os CDA dos AA foram semelhantes aos valores de CDA da PB dos ingredientes testados. O conhecimento do CDA dos ingredientes a serem utilizados é de fundamental importância para a formulação de dietas mais eficientes. Dessa forma, um melhor aproveitamento dos ingredientes pelo peixe possibilitará a diminuição do impacto ambiental e a melhoria no desempenho zootécnico.

A PB na dieta deve conter o perfil adequado de aminoácidos, uma vez que a deficiência de um determinado aminoácido pode interferir no equilíbrio das interações entre os demais e, dessa forma, afetar a taxa de ingestão, transporte de nutrientes, catabolismo, antagonismo, degradação do tecido muscular e formação de metabólitos tóxicos (Soler-

Jaramillo, 1996). A relação proteína:energia exigida pelos peixes é outro fator determinante para que se obtenha uma maior eficiência. A baixa relação P:E nas dietas pode levar a uma diminuição do consumo devido a rápida saciedade, além do acúmulo de gordura corporal e a falta de energia. Ao contrário, uma alta relação P:E pode resultar na diminuição de ganho de peso, uma vez que a PB passa a ser utilizada como fonte de energia (Cho, 1990), o que não é desejável, já que a PB é o nutriente mais caro na ração.

Na formulação de dietas para peixes, o ingrediente que possui o melhor balanço de aminoácidos é a farinha de peixe (Kubitza, 1999), embora seja o ingrediente mais oneroso nas rações. Porém, no Brasil existe um grande entrave para se obter farinha de peixe de boa qualidade, visto que as farinhas de peixes normalmente produzidas no Brasil geralmente contém níveis elevados de cinzas (Teixeira et al., 2008), o que interfere negativamente na sua digestibilidade.

CONCLUSÃO

Os resultados deste estudo evidenciam a capacidade da carapeba listrada de aproveitar tanto ingredientes de origem animal quanto vegetal, além da elevada eficiência na absorção de alguns AA essenciais, como a lisina, metionina e treonina. Esses resultados poderão auxiliar na formulação de dietas para a carapeba listrada com base na proteína e energia digestível. Devido à importância biológica e econômica da carapeba no nordeste do Brasil, somado à carência de informações sobre a alimentação e nutrição, o presente estudo visa criar subsídios para o cultivo desta espécie. Sugere-se, portanto, que sejam realizados experimentos futuros, avaliando dietas contendo os ingredientes testados neste trabalho.

REFERÊNCIAS

- ABIMORAD, E.G.; SQUASSONI, G.H.; CARNEIRO, D.J. Apparent digestibility of protein, energy, and amino acids in some selected feed ingredients for pacu *Piaractus mesopotamicus*. **Aquaculture Nutrition**, v.14, p.374-380, 2008.
- AOAC. Official Methods of Analyses of the Association of Analytical Chemists, 18th ed., rev. 2. Crude protein in meat and meat products including pet foods, c. 39. Method 992, v.15, p.6-7, 2007.
- BARBOSA, T.R. Sazonalidade da dieta e sobreposição alimentar de *Eugerres brasiliensis* (Cuvier, 1830) e *Diapterus rhombeus* (Cuvier, 1829) em um estuário tropical no nordeste do Brasil. 2012. 56p. **Dissertação (Mestrado)** em Recursos Pesqueiros e Aquicultura. Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

- BARROS, M.M.; PEZZATO, L.E.; SILVEIRA, A.C. Digestibilidade aparente de fontes energéticas pela tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). In: SIMPÓSIO LATINOAMERICANO, 5, SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AQUICULTURA, 6, Florianópolis. Anais... Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, p.433-437, 1988.
- BRASIL. **Boletim estatístico da Pesca e Aquicultura** – Brasil 2008-2009. Brasília, DF, Brasil: Ministério da Pesca e Aquicultura, 2011. 99p.
- BUREAU, D.P., HUA, K. Letter to the Editor of Aquaculture. **Aquaculture**, v. 252, p.103-105, 2006.
- CARVALHO, C.V.A.; BIANCHINI, A.; TESSER, M. B; SAMPAIO, L. A. The effect of protein levels on growth, postprandial excretion and tryptic activity of juvenile mullet *Mugil platanus* (Günther). **Aquaculture Research**, v. 41, p. 511-518, 2010.
- CAVALLI, R. O.; HAMILTON, S. Piscicultura marinha no Brasil com ênfase na produção do beijupirá. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, Belo Horizonte, n.6, p.64-69, 2009.
- CHO, C.Y. Fish nutrition, feeds, and feeding: with special emphasis on salmonid aquaculture. **Food Reviews International**, v.6, p.333-357, 1990.
- CHOU, R.L. et al. Substituting fish meal with soybean meal in diets of juvenile cobia *Rachycentron canadum*. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 229, p. 325-333, 2004.
- CHOURBERT, G.; DE LA NOUE, J.; LUQUET, P. Continuous quantitative automatic collector for fish feces. **Progressive Fish Culturist**, v.41, p.64-67, 1979.
- DE SILVA, S.S.; ANDERSON, T.A. **Fish nutrition in aquaculture**. London: Chapman & Hall, 1998, 319p.
- FLOTTER, S. R., GASPARINI, J. L., ROCHA, L. A., FERREIRA, C. E. L, RANGEL. C. A.; FEITOZA, B. M. **Brazilian reef fish fauna**: checklist and remarks. Brazilian Reef Fish Project: www.brazilianreeffish.cjb.net, 2003.
- FURUKAWA, A.; TSUKAHARA, H. On the acid digestion method for the determination of chromic oxide as an index substance in the study of digestibility of fish feed. **Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries**, v.32, p.502-506, 1966.
- FURUYA, W. M. Redução do impacto ambiental por meio da ração. In: III Seminário de Aquicultura, Maricultura e Pesca. Belo Horizonte, 2007.
- FURUYA, W.M.; PEZZATO, L.E.; PEZZATO, A.C.; BARROS, M.M.; MIRANDA, E.C. Coeficientes de digestibilidade e valores de aminoácidos digestíveis de alguns

- ingredientes para a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 30, n. 4, p. 1143-1149, 2001.
- FURUYA, W.M.; PEZZATO, L.E.; PEZZATO, A.C.; BARROS, M.M.; MIRANDA, E.C. Coeficientes de digestibilidade e valores de aminoácidos digestíveis de alguns ingredientes para a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, n. 4, p. 1143-1149, 2001.
- GATLIN III, D.M. Nutrition and feeding of red drum and hybrid striped bass. In: CHANG, Y.K.; WANG, S.S. (Ed.). *Advances in extrusion technology*. Lancaster: Technomic Publ. p. 43-52, 1999.
- GATLIN III, D.M., BARROWS, F.T., BROWN, P., DABROWSKI, K., GAYLORD, G., HARDY, R., HERMAN, E., HU, G., KROGDAHL, A., NELSON, R., OVERTURF, K., RUST, M., SEALY, W., SKONBERG, D., SOUZA, E.J., STONE, D., WILSON, R., WURTELE, E. Expanding the utilization of sustainable plant products in aquafeeds: a review. **Aquaculture Research**, v.38, p.551-579, 2007.
- GLENCROSS, B.D.; BOOTH, M.; ALLAN, G.L. 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.
- GUIMARÃES, I. G.; PEZZATO, L. E.; BARROS, M. M. Amino acid availability and protein digestibility of several protein sources for Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Aquaculture Nutrition*, Oxford, v. 14, n. 5, p. 396-404, 2008.
- HALVER, J.E.; HARDY, R.W. Nutrient flow and retention In: HALVER, J.E.; HARDY, R.W. (Eds.) **Fish nutrition**. 3.ed. San Diego: Elsevier Science, p.756-769, 2002.
- KIM, M.K.; ÖZKÖK, E.; HAN, I.K. Effect of soybean meal and full-fat soybean for fish meal replacement on the growth performance of carp grower. **Korean Journal of Animal Nutrition and Feeding**, v.21, n.6, p.503-510, 1997.
- KUBARIK, J. Tilapia on highly flexible diets. **Feed International**, v.6, p. 16-18, 1997.
- KUBITZA, F. *Nutrição e alimentação dos peixes cultivados*. 3.ed. Jundiaí: F. KUBITZA, 1999. 123p.
- MAGALHÃES, E.M.M.; VASCONCELOS-FILHO, A.L.; LIRA, M.C.A. Nota preliminar sobre alimentação de *Eugerres brasilianus* (Cuvier, 1830) (Pisces - Gerreidae), do complexo estuarino lagunar Mundaú/Manguaba, AL. **Boletim de Estudos em Ciências Marinhas**, n. 9, p. 201-215, 1996.
- MENEZES, N. A., FIGUEIREDO, J. L., **Manual de peixes marinhos do Sudeste do Brasil**. IV. Teleostei. São Paulo: Museu de Zoologia, Universidade de São Paulo, p.96, 1980.

- MOYANO, F.J.; CARDENETE, G.; DE LA HIGUERA, M. Nutritive value of diets containing a high percentage of vegetable proteins for trout, *Oncorhynchus mykiss*. **Aquatic Living Resources**, v.5, p.21-39, 1992.
- NG, W.K.; LIM, P.K.; BOEY, P.L. Dietary lipid and palm oil source affects growth, fatty acid composition and muscle α -tocopherol concentration of African catfish, *Clarias gariepinus*. **Aquaculture**, Amsterdam, v.215, p.229-243, 2003.
- NOSE, T. On the digestion of food protein by gold-fish (*Carassius auratus* L.) and rainbow trout (*Salmo irideus* G.). **Bulletin of the Freshwater Fisheries Research Laboratory**, v.10, p.11-22, 1960.
- NRC - NATIONAL RESEARCH COUNCIL. Nutrient requirements of warmwater, fishes and shellfishes: nutrients requirements of domestic animals. Washington, D.C.: National Academies Press. 1993. 114p.
- NRC- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. Nutrient requirements of fish and shrimp. Washington D.C.: National Academies Press. 2011. 376p.
- OLIVEIRA FILHO, P.R.C. Coeficientes de digestibilidade aparente de ingredientes para juvenis de jundiá, *Rhamdia quelen*. 2005, 47f. Dissertação (Mestrado em Aquicultura) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 2005.
- OLIVEIRA, A. M. B. M. S. Substituição de fontes proteicas de origem animal por fontes protéicas de origem vegetal em rações para o “Black Bass” *Micropterus salmoides*. Piracicaba, 103 p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, USP. 2003.
- PEZZATO, L.E. Alimentos convencionais e não convencionais disponíveis para a indústria da nutrição de peixes no Brasil. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE NUTRIÇÃO DE PEIXES E CRUSTÁCEOS. Piracicaba: CBNA, p. 34-52, 1995.
- ROLLIN, X., PENG, J., PHAM, D., ACKMAN, R. G., e LARONDELLE, Y. The effects of dietary lipid and strain difference on polyunsaturated fatty acid composition and conversion in anadromous and landlocked salmon (*Salmo salar* L.) parr. **Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology**, v.134, p.349-366, 2003.
- SANTOS, L.B.G., SILVA, S.P.A., MELATTI, E., OLIVEIRA, C.R.R., CAVALLI, R.O. Anatomical characterization of the digestive tract and gastrointestinal transit time of cobia (*Rachycentron canadum*), Brazilian mojarra (*Eugerres brasiliensis*) and common snook (*Centropomus undecimalis*). Em preparação.

- SOLER-JARAMILLO, M.P. Sistema digestivo de los peces, camarones y su fisiología. In: SOLER-JARAMILLO, M.D.P.; RODRÍGUEZ-GÓMEZ, H.; DAZA, P. V. **Fundamentos en nutrición y alimentación en acuicultura**. Santa Fé de Bogotá: Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura, 1996. p. 23- 52.
- STOREBAKKEN, T., SHEARER, K. D., e ROEM, A. J. Availability of protein, phosphorus and other elements in fish meal, soy protein concentrate and phytate-treated soy protein concentrate based diets to Atlantic salmon, *Salmo salar*. **Aquaculture**, v.161, p.365-379, 1998.
- TACON, A.G. J.; METIAN, M. Global overview on the use of fish meal and fish oil in industrially compounded aquafeeds: Trends and future prospects. **Aquaculture**, v. 285, p.146-158, 2008.
- TEIXEIRA, E. A.; CREPALDI, D. V.; FARIA, P. M. C.; RIBEIRO, L. P.; MELO, D. C.; EULER, A. C. C. Composição corporal e exigências nutricionais de aminoácidos para alevinos de tilápia (*Oreochromis sp*). *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, Salvador, v. 9, n. 2, p. 239-246, 2008.
- VASCONCELOS FILHO, A. L.; OLIVEIRA, A.M.E. Composição e ecologia da ictiofauna do Canal de Santa Cruz (Itamaracá - PE, Brasil). **Trabalhos Oceanográficos, Universidade Federal de Pernambuco**, Recife, v. 27, n.1, p.101-103, 1999.
- ZAVALA-CAMIN, L. A. Introdução aos estudos sobre alimentação natural em peixes, Maringá: Nupélia, 1996, 129p.

Tabela 1. Formulação e composição centesimal (base seca) da dieta referência utilizada para estimar os coeficientes de digestibilidade aparente pela carapeba listrada (*Eugerres brasilianus*).

<i>Ingredientes (g.kg⁻¹)</i>	
Farinha de peixe	560,0
Farinha de trigo	289,8
Celulose	80,0
Óleo de peixe	64,0
Rovimix®	5,0
Óxido de crômio	1,0
BHT	0,2
<i>Composição centesimal</i>	
Proteína bruta (%)	43,52
Lipídio (%)	14,79
Carboidratos (%)	26,80
Fibra bruta (%)	6,62
Cinzas (%)	8,85
Fósforo (%)	1,51
Energia (cal kg ⁻¹)	4.285,12
Mistura de vitaminas e minerais (UI kg ⁻¹ ou g.kg ⁻¹): vitamina A, 5,0 MUI; vitamina D3, 0,20 MIU; vitamina E, 5.000 UI; vitamina K3, 1,0g; vitamina B1, 1,5 g; vitamina B2, 1,5 g; vitamina B6, 1,5 g; vitamina B12, 4,0 g; biotina, 0,05 g; vitamina C, 50 g; colina, 40 g; inositol, 1,0 g; etoxiquina, 12,25 g; cobre, 0,5 g; magnésio, 1,5 g; zinco, 5,0 g; ácido fólico, 0,5 g; ácido pantotênico, 4,0 g; nicotinamida, 7,0 g; cobalto, 0,01 g; ferro, 5,0 g; iodo, 0,05 g; selênio, 0,01 g.	

Tabela 2. Composição centesimal e perfil de aminoácidos da dieta referência (REF), farinha de vísceras de aves (FVA), farelo de soja (FS), farelo de glúten de milho (FGM), farinha de milho (FM) e farinha de camarão (FC) utilizados na estimativa dos coeficientes de digestibilidade aparente para juvenis da carapeba-listrada (*Eugerres brasilianus*).

Composição	REF	FVA	FS	FGM	FM	FC
PB (%)	43,52	52,33	45,72	50,53	31,53	43,07
EE (%)	14,79	14,32	11,70	13,72	11,42	12,45
MM (%)	8,85	9,82	8,55	6,33	6,40	17,27
EB (Cal kg ⁻¹)	4285,12	4682,74	4025,45	4409,13	3309,80	4008,40
<i>Aminoácidos Essenciais</i>						
Arginina	2,54	3,11	2,87	2,28	1,70	2,33
Histidina	1,29	1,46	1,29	1,19	0,58	1,03
Isoleucina	1,46	1,76	1,66	1,98	0,63	1,36
Leucina	2,70	3,25	2,96	5,19	1,94	2,44
Lisina	2,48	3,03	2,61	2,07	1,77	2,16
Metionina	1,47	1,72	1,13	1,47	1,00	1,31
Fenilalanina	1,64	1,90	1,90	2,40	1,03	1,55
Treonina	1,70	1,95	1,72	1,82	0,99	1,49
Valina	2,11	2,40	2,22	2,50	1,04	1,98
<i>Aminoácidos Não-essenciais</i>						
Ácido Aspártico	2,68	3,36	4,25	3,31	2,29	2,39
Ácido Glutâmico	5,46	6,52	7,04	8,23	4,01	4,94
Alanina	3,03	3,60	2,81	4,00	2,13	2,99
Cistina	1,61	2,10	1,56	1,14	0,81	1,49
Glicina	4,02	4,82	3,32	2,97	3,29	4,08
Serina	1,81	2,04	2,02	2,20	1,25	1,61
Taurina	0,65	0,52	0,42	0,39	0,51	0,53
Prolina	2,67	3,26	2,53	3,43	2,52	2,52
Tirosina	1,61	1,46	1,46	1,92	0,80	1,21

Tabela 3. Médias (\pm DP) e coeficientes de variação (CV) dos coeficientes de digestibilidade aparente (%) da matéria seca (MS), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), matéria mineral (MM) e energia bruta (EB) da farinha de vísceras de aves (FVA), farelo de soja (FS), farelo de glúten de milho (FGM), farinha de milho (FM) e farinha de camarão (FC) para juvenis de carapeba-listrada (*Eugerres brasilianus*).

	MS	PB	EE	MM	EB
FVA	84,33 \pm 1,88 ^b	90,25 \pm 1,76 ^a	93,59 \pm 2,25 ^a	95,27 \pm 0,38 ^a	91,08 \pm 1,53 ^b
FS	62,08 \pm 1,30 ^d	93,25 \pm 1,77 ^a	92,81 \pm 2,55 ^a	66,19 \pm 1,68 ^c	90,71 \pm 1,01 ^b
FGM	91,87 \pm 0,19 ^a	93,52 \pm 0,74 ^a	87,94 \pm 1,34 ^{ab}	84,68 \pm 2,38 ^b	97,16 \pm 1,64 ^a
FM	64,98 \pm 2,80 ^d	89,11 \pm 1,57 ^{ab}	73,63 \pm 2,30 ^c	63,08 \pm 1,52 ^c	83,03 \pm 1,46 ^c
FC	75,95 \pm 1,35 ^c	84,37 \pm 1,93 ^b	83,66 \pm 0,93 ^b	90,28 \pm 1,81 ^{ab}	96,76 \pm 0,34 ^a
CV (%)	16,63	4,14	9,44	18,11	6,26

Letras distintas na mesma coluna indicam diferenças significativas ($p < 0,05$).

Tabela 4. Médias (\pm DP) e coeficientes de variação (CV) dos coeficientes da digestibilidade aparente (%) dos aminoácidos da farinha de vísceras de aves (FVA), farelo de soja (FS), farelo de glúten de milho (FGM), farinha de milho (FM) e farinha de camarão (FC) para juvenis de carapeba listrada (*Eugerres brasilianus*).

Aminoácidos (%)	FVA	FS	FGM	FM	FC	CV (%)
<i>Essencial</i>						
Arginina	92,03 \pm 0,59 ^b	95,79 \pm 1,12 ^a	92,01 \pm 1,09 ^b	94,09 \pm 0,65 ^{ab}	96,12 \pm 1,07 ^a	2,10
Histidina	96,26 \pm 0,70 ^a	95,12 \pm 0,63 ^{ab}	91,16 \pm 1,50 ^b	71,39 \pm 1,34 ^c	93,86 \pm 0,42 ^{ab}	11,54
Isoleucina	90,58 \pm 0,93 ^b	92,86 \pm 0,79 ^b	95,56 \pm 0,44 ^a	57,38 \pm 0,72 ^c	94,79 \pm 0,32 ^a	18,83
Leucina	89,71 \pm 1,19 ^b	90,96 \pm 1,22 ^b	95,92 \pm 1,30 ^a	88,58 \pm 0,70 ^b	95,42 \pm 0,40 ^a	3,64
Lisina	95,20 \pm 1,48 ^a	96,32 \pm 0,78 ^a	88,41 \pm 0,66 ^c	88,25 \pm 0,51 ^c	91,94 \pm 0,20 ^b	4,06
Metionina	96,63 \pm 0,89 ^{ab}	99,63 \pm 2,31 ^a	94,03 \pm 0,83 ^b	94,20 \pm 0,90 ^b	95,18 \pm 0,72 ^b	2,41
Fenilalanina	90,78 \pm 0,77 ^c	94,00 \pm 0,03 ^{ab}	95,64 \pm 0,04 ^a	83,08 \pm 0,52 ^d	92,77 \pm 0,61 ^b	5,37
Taurina	94,57 \pm 0,43 ^{ab}	93,00 \pm 1,27 ^b	93,77 \pm 1,69 ^b	98,37 \pm 0,52 ^a	95,83 \pm 1,00 ^{ab}	2,21
Treonina	92,70 \pm 0,65 ^a	91,93 \pm 0,85 ^a	91,82 \pm 0,31 ^a	76,09 \pm 1,00 ^b	91,82 \pm 1,00 ^a	8,05
Valina	89,60 \pm 0,74 ^c	94,11 \pm 0,34 ^b	93,66 \pm 0,86 ^b	72,57 \pm 0,33 ^d	96,90 \pm 1,27 ^a	10,90
<i>Não-essencial</i>						
Ác. Aspártico	97,95 \pm 0,15 ^a	98,72 \pm 1,33 ^a	94,64 \pm 0,84 ^b	91,82 \pm 0,88 ^b	93,06 \pm 0,24 ^b	3,16
Ác. Glutâmico	96,52 \pm 0,41 ^a	97,17 \pm 0,40 ^a	95,65 \pm 0,83 ^a	89,23 \pm 0,47 ^b	95,06 \pm 0,70 ^a	3,35
Alanina	93,07 \pm 0,59 ^{ab}	94,86 \pm 0,38 ^a	95,34 \pm 0,94 ^a	90,94 \pm 0,39 ^b	94,21 \pm 1,07 ^a	1,87
Cistina	97,30 \pm 0,87 ^{ab}	97,25 \pm 0,67 ^{ab}	94,43 \pm 1,22 ^b	95,07 \pm 0,74 ^b	98,70 \pm 1,18 ^a	1,82
Glicina	92,21 \pm 0,33 ^b	94,97 \pm 0,99 ^a	91,45 \pm 1,25 ^b	93,40 \pm 0,27 ^{ab}	91,02 \pm 0,28 ^b	1,72
Serina	89,90 \pm 0,79 ^b	92,94 \pm 0,31 ^a	92,16 \pm 1,00 ^{ab}	81,77 \pm 0,99 ^c	93,04 \pm 0,58 ^a	5,28
Prolina	88,94 \pm 0,87 ^b	95,08 \pm 1,14 ^a	94,91 \pm 1,20 ^a	95,76 \pm 0,03 ^a	94,10 \pm 0,32 ^a	2,94
Tirosina	89,02 \pm 0,37 ^b	94,74 \pm 1,46 ^a	92,98 \pm 0,66 ^a	77,35 \pm 0,66 ^c	87,91 \pm 1,29 ^b	7,67

Letras distintas na mesma linha indicam diferenças significativas ($p < 0,05$).