

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE DARCY RIBEIRO**

**ANDREA PINHEIRO DOS SANTOS JASPER**

**DETERMINAÇÃO DA DIGESTIBILIDADE APARENTE DE PROTEÍNA E  
ENERGIA DE ALIMENTOS PARA TAMBAQUI (*Colossoma macropomum*)**

**CAMPOS DOS GOYTACAZES**

**2011**

**ANDREA PINHEIRO DOS SANTOS JASPER**

**DETERMINAÇÃO DA DIGESTIBILIDADE APARENTE DE PROTEÍNA E  
ENERGIA DE ALIMENTOS PARA TAMBAQUI (*Colossoma macropomum*)**

Dissertação apresentada ao Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Ciência Animal na área de concentração Nutrição e Produção Animal.

**Orientador: Prof. Manuel Vazquez Vidal Júnior**

**CAMPOS DOS GOYTACAZES**

**2011**

## FICHA CATALOGRÁFICA

Preparada pela Biblioteca do **CCTA / UENF** 024/2011

Jasper, Andrea Pinheiro dos Santos

Determinação da digestibilidade aparente de proteína e energia de alimentos para tambaqui (*Colossoma macropomum*) / Andrea Pinheiro dos Santos Jasper – 2011.

54 f. : il.

Orientador: Manuel Vazquez Vidal Júnior

Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias. Campos dos Goytacazes, RJ, 2011.

Bibliografia: f. 46 – 54.

1. Tambaqui 2. *Colossoma macropom* 3. Digestibilidade 4. I. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias. II. Título.

CDD – 639.374

ANDREA PINHEIRO DOS SANTOS JASPER

**DETERMINAÇÃO DA DIGESTIBILIDADE APARENTE DE PROTEÍNA E  
ENERGIA DE ALIMENTOS PARA TAMBAQUI (*Colossoma macropomum*)**

Dissertação apresentada ao Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Ciência Animal na área de concentração Nutrição e Produção Animal.

Aprovada em 14 de fevereiro de 2011.

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Walter Amaral Barboza (DSc. Zootecnia) – UFES

---

Prof. Dalcio Ricardo de Andrade (DSc. Morfologia) – UENF

---

Prof.<sup>a</sup> Rita da Trindade Ribeiro Nobre Soares (DSc. Zootecnia) – UENF

---

Prof. Manuel Vazquez Vidal Júnior (DSc. Zootecnia) – UENF  
(Orientador)

**A Deus, pela proteção, conquistas, força e saúde.**

**Aos meus pais, por todo amor, confiança, apoio, conselhos, dedicação, exemplos de vida, e por serem minha fortaleza sempre.**

**Aos meus irmãos, pelos sorrisos, alegrias, incentivos e amor.**

**Ao meu marido, pelo amor, paciência, compreensão, companheirismo, generosidade, apoio e ser tão especial e essencial em minha vida.**

**As minhas avós, Dora, Lola e Joaquina, por simplesmente existirem.**

**DEDICO**

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, pela vida, saúde e proteção em meu estudos e trabalhos.

Aos meus pais, Rosangela Pinheiro dos Santos Jasper e Paulo Alfredo Jasper, pelo amor incondicional e força nos momentos mais difíceis.

Aos meus irmãos, Sirlene, Paula, Andre e Igor, pelos sorrisos, incentivos e vibrações positivas.

Ao meu marido, João Paulo Bestete de Oliveira, por todo o amor e carinho despendidos durante todo esse tempo de caminhada, sendo um companheiro tão presente e essencial em minha vida.

À Universidade Federal do Espírito Santo, pela minha formação acadêmica no curso de Zootecnia.

À Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF), pela oportunidade de realização do curso.

À Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, pelo apoio técnico fornecido no Laboratório de Nutrição Animal.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudo.

Ao professor Manuel Vazquez Vidal Júnior, pela paciência, compreensão, confiança e dedicação demonstrados no decorrer do curso.

Ao professor Dalcio Ricardo de Andrade, pelos aprendizados e ensinamentos ao longo do curso.

À professora Rita da Trindade Ribeiro Nobre Soares, pelo exemplo de vida, alegria e pela colaboração nas análises de energia realizadas neste trabalho.

Ao professor e mestre Walter Amaral Barboza, pela amizade, confiança, exemplo de vida e por incentivar-me a realizar esse curso.

A minha grande amiga Rachel, pela amizade, bolos de chocolate, pelos filmes e alegrias proporcionadas.

Aos demais professores, pelos ensinamentos transmitidos no decorrer do curso.

A toda a equipe da piscicultura, pela ajuda e sorrisos no momento de tensão e descontração.

À secretária da Pós-Graduação, Conceição Custódio dos Santos, por toda ajuda e simpatia.

Ao funcionário Jorge Pereira dos Santos Filho, pela amizade e colaboração durante todo período experimental.

Às minhas amigas Juliana e Natália, por toda a paciência, força e alegrias durante essa etapa de minha vida.

Às demais pessoas que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho, o meu fraterno agradecimento.

## **BIOGRAFIA**

Andrea Pinheiro dos Santos Jasper, filha de Rosangela Pinheiro dos Santos Jasper e Paulo Alfredo Jasper, nasceu na cidade de Vitória, Espírito Santo, em 06 de maio de 1985.

Concluiu o ensino médio na escola Núcleo de Educação Orientada (NEO), no Espírito Santo, em 2002.

Em novembro de 2003, ingressou na Universidade Federal do Espírito Santo, graduando-se em Zootecnia, em fevereiro de 2009.

Iniciou o mestrado em Ciência Animal em março de 2009, na Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, na área de Aquicultura, defendendo dissertação em fevereiro de 2011.

*“Cada um que passa em nossa vida, passa sozinho.  
Porque cada pessoa é única, e para nós, nenhuma  
substitui a outra.*

*Cada um que passa em nossa vida, passa sozinho; mas  
não vai sozinho, nem nos deixa a sós...*

*Leva um pouco de nós mesmos e deixa um pouco de si.*

*Há os que levam muito, mas não há os que levam nada;*

*Há os que deixam muito, mas não há os que deixam nada.*

*Esta é a mais bela responsabilidade de nossa vida:  
a prova evidente que almas não se encontram por acaso.”*

*Antoine de Saint-Exupéry*

## RESUMO

JASPER, A. P. S., Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Fevereiro de 2011. Determinação da digestibilidade aparente da proteína e energia de alimentos para tambaqui (*Colossoma macropomum*). Professor Orientador: DSc. Manuel Vazquez Vidal Júnior.

Objetivou-se determinar os coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) da matéria seca, proteína bruta e energia bruta do macarrão, milho, farelo de soja e farinha de peixe para tambaqui (*Colossoma macropomum*). Foram utilizados 120 animais com peso médio inicial de  $16,39 \pm 1,20$  g, distribuídos em seis aquários de metabolismo de 200 litros, com 20 peixes por unidade experimental. A determinação dos CDA foi realizada pelo método direto, sendo a coleta de fezes realizada a cada meia hora. Os CDA para matéria seca, proteína bruta e energia bruta foram de 95,89%, 96,76% e 94,78%, para macarrão; 89,53%, 93,75% e 89,74%, para milho; 89,06%, 96,59% e 89,47% para farelo de soja; e 84,53%, 98,66% e 93,74% para farinha de peixe. Os resultados permitem concluir que o tambaqui demonstra elevada capacidade para utilizar eficientemente os alimentos de origem animal e vegetal, o que possibilita flexibilidade na formulação de dietas completas e de menor custo.

**Palavras-chave:** Tambaqui, *Colossoma macropomum*, digestibilidade, alimentos.

## ABSTRACT

JASPER, A. P. S., Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. February/2011. Determination of apparent digestibility of protein and food energy for tambaqui (*Colossoma macropomum*). Adviser: Manuel Vazquez Vidal Júnior.

The objective was to determine the apparent digestibility coefficients (ADC) of dry matter, crude protein and gross energy of pasta, corn, soybean meal and fishmeal for tambaqui (*Colossoma macropomum*). A total of 120 animals with an average initial weight of  $16.39 \pm 1.20$  g were distributed in six tanks of metabolism of 200 liters, with 20 fish each. The determination of CDA was performed by direct method and the fecal collection held every half hour. The ADC of dry matter, crude protein and gross energy were 95.89%, 96.76% and 94.78% for pasta, 89.53%, 93.75% and 89.74% for corn, 89.06 %, 96.59% and 89.47% for soybean meal and 84.53%, 98.66% and 93.74% for fish meal. The results suggest that tambaqui demonstrates a high ability to efficiently utilize the foods of animal and vegetable, which allows flexibility in the formulation of complete diets and less costly.

**Keywords:** Tambaqui, *Colossoma macropomum*, digestibility, feed.

## LISTA DE FIGURAS

	Página
1. Aquários de metabolismo .....	28
2. Tubo para coleta de fezes .....	28
3. Esquema da abertura e fechamento do registro para retirada do tubo coletor.....	33
4. Esquema da separação e armazenamento das fezes.....	33

## LISTA DE TABELAS

	Página
1. Composição bromatológica das rações referência e teste na matéria seca e na matéria natural .....	31
2. Composição bromatológica dos alimentos na matéria seca e na matéria natural .....	31
3. Coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) da matéria seca (MS), proteína bruta (PB) e energia bruta (EB) das rações referência e rações teste para o tabaqui .....	37
4. Coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) da matéria seca (MS), proteína bruta (PB) e energia bruta (EB) de alimentos para tabaqui .....	38
5. Valores dos coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) da matéria seca (MS), proteína bruta (PB) e energia bruta (EB) do milho segundo alguns autore .....	39
6. Valores dos coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) da matéria seca (MS), proteína bruta (PB) e energia bruta (EB) do farelo de soja segundo alguns autores .....	39
7. Valores dos coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) da matéria seca (MS), proteína bruta (PB) e energia bruta (EB) da farinha de peixe segundo alguns autores .....	40
8. Valores de proteína digestível (PD), e energia digestível (ED) de alguns alimentos para tabaqui .....	43

## SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO .....	14
2.	OBJETIVO .....	16
3.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	17
3.1	A aquicultura .....	17
3.2	A espécie.....	18
3.3	Os alimentos .....	19
3.4	Proteína e energia na nutrição de peixes .....	22
3.5	Digestibilidade .....	23
3.6	Métodos para determinação da digestibilidade .....	24
4.	MATERIAL E MÉTODOS .....	27
4.1	Estrutura física, equipamentos e acessórios .....	27
4.2	Animais .....	28
4.3	Período de adaptação.....	28
4.4	Ensaio preliminares.....	29
4.5	Rações experimentais .....	30
4.5.1	Composição dos alimentos, ração referência e ração teste .....	30
4.6	Alimentação e coleta de fezes.....	32
4.7	Preparo das amostras e análises laboratoriais.....	34
4.8	Determinação dos coeficientes de digestibilidade aparente .....	34
5.	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	37
5.1	Parâmetros de qualidade da água .....	37
5.2	Coeficientes de digestibilidade .....	37
5.3	Proteína e energia digestível.....	43
6.	CONCLUSÃO .....	45

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	46
------------------------------------	----

## 1. INTRODUÇÃO

A aquicultura é o setor de produção de alimentos de origem animal que apresenta o crescimento mais acelerado, sendo responsável por 43% da produção mundial de pescado para consumo humano (FAO, 2007).

A FAO, em 2008, publicou dados em relação à produção mundial de pescado no ano de 2007, com valores que giravam em torno de 142,6 milhões de toneladas, sendo que a produção pela aquicultura foi de 50,8 milhões de toneladas.

Nas últimas décadas, o cultivo mundial de organismos aquáticos cresceu em média 8,8% ao ano, atingindo a produção anual de aproximadamente 45,5 milhões de toneladas em 2004, com previsão de 83 milhões para 2030 (FAO, 2008).

O Brasil se destaca como um dos países de maior potencial para a expansão da aquicultura, no momento em que é crescente a demanda mundial por alimentos de origem aquática, não apenas em função da expansão populacional, mas também pela preferência por alimentos mais saudáveis (VALENTI *et al.* 2000; FAO 2004).

Entre as espécies com potencial para piscicultura, destaca-se o tambaqui (*Colossoma macropomum*), já que possui elevada eficiência na conversão de proteína dietética em peso corporal e em proteína depositada no tecido muscular (DORIA e LEONHARDT, 1993; ZANIBONI FILHO e MEURER, 1997). Além disto, apresenta elevada atividade da enzima amilase (KOHILA *et al.*, 1992), o que provavelmente pode explicar a sua capacidade de utilização de proteína vegetal em substituição à proteína animal (HERNÁNDEZ *et al.*, 1995; CRUZ *et al.*, 1997; SILVA *et al.*, 1997), ao digerir a matriz de carboidrato e tornar disponível a proteína vegetal, e possibilitar a redução no custo de produção desta espécie.

Estudos relacionados à alimentação e nutrição de peixes têm sido realizados para desenvolver tecnologias que viabilizem a produção, como a substituição de ingredientes tradicionalmente empregados nas rações por produtos alternativos, uma vez que os gastos podem atingir 70% do custo total de produção.

A determinação das exigências específicas de nutrientes é, frequentemente, a melhor forma de alcançar o uso de uma dieta referencial para ser utilizada no cultivo de cada espécie (GLENCROSS *et al.*, 1999). Assim sendo, o conhecimento da digestibilidade dos alimentos em tambaqui proporcionará maior eficiência de sua utilização e menor impacto ambiental da atividade, uma vez que poderá permitir a

redução nas quantidades de nutrientes excretados, além de permitir a utilização de diferentes tipos de alimentos em rações, apresentando uma alternativa econômica.

## 2. OBJETIVO

Determinar os coeficientes de digestibilidade aparente da proteína e energia do macarrão, do milho, do farelo de soja e da farinha de peixe, utilizados na formulação de dietas, para tambaqui (*Colossoma macropomum*).

### 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 A aquicultura

A aquicultura é considerada uma atividade diversificada, que abrange não apenas organismos considerados estritamente aquáticos, mas também aqueles que passam menor parte de seu desenvolvimento em terra, que podem ser utilizados para alimentação humana (CAMARGO e POUHEY, 2005).

O cultivo de animais aquáticos, pelo homem, é uma atividade antiga e que teve seu início na China. Este país é o maior produtor, com 57,8 milhões de toneladas em 2007, proporcionando um abastecimento alimentar interno estimado em 29,4 kg *per capita*, bem como a produção para fins de exportação (FAO, 2008).

Embora a produção da pesca extrativista tenha-se estagnado em meados de 1980, o setor aquícola tem mantido uma taxa média de crescimento anual de 8,8% em todo o mundo nas últimas décadas (FAO, 2008).

O Brasil apresenta condições favoráveis ao desenvolvimento da aquicultura, visto que possui recursos hídricos abundantes e que grande parte de sua extensão territorial encontra-se em área tropical, possibilitando maior opção de espécies a serem cultivadas. Entretanto ainda se desenvolve modestamente, devido à falta de incentivo governamental e à necessidade de definição de alternativas que tenham um impacto sócio-econômico que visem a um melhor aproveitamento dos recursos naturais de cada região do país. De acordo com a FAO (2008), o Brasil se encontra na 20ª posição mundial entre os produtores de pescado, com consumo *per capita* de 6,87 kg/ano.

Segundo Castagnolli (1995), um dos grandes entraves da aquicultura continental brasileira é a falta de organização do sistema de transferência de tecnologias, bem como a carência de pesquisa aplicada e a distribuição dos produtos pesqueiros.

De acordo com Bombardelli *et al.* (2005), para que a atividade da aquicultura se consolide de forma concreta, é necessária a consolidação dos processos de industrialização, para produzir novos produtos semiprontos ou prontos, permitindo a popularização deles, bem como a agregação de valor ao produto, devido à sua

melhor apresentação final, de forma semelhante ao que ocorreu com a cadeia produtiva do frango (BORGUETTI *et al.*, 2003).

### 3.2 A espécie

O tambaqui (*Colossoma macropomum*) é o segundo maior peixe de escamas de clima tropical em águas interiores do Brasil, pertencente à família Characidae, oriundo das bacias dos rios Amazonas e Orinoco. Apresenta características zootécnicas interessantes ao cultivo, como resistência a baixos níveis de oxigênio dissolvido, elevada eficiência na conversão de proteína da dieta, além da adaptação ao confinamento e arraçamento (SILVA *et al.*, 2007), enquadrando-se entre um dos maiores peixes explorados em piscicultura que apresenta hábito alimentar onívoro (NUNES *et al.*, 2006).

Em ambiente natural, este peixe pode alcançar 30 kg de peso vivo e, em cultivos, pode chegar a 1 kg no primeiro ano e 1,5 a 3,0 kg no segundo. É um dos peixes mais apreciados da culinária amazônica e amplamente aceito em outras regiões, além de ser uma das espécies nativas, da fauna brasileira, com grande potencial de expansão e que pouco se sabe sobre suas necessidades nutricionais (SILVA *et al.*, 2006), sendo criado intensivamente em cativeiro no Brasil e em alguns países da América Latina (SILVA *et al.*, 2003).

O tambaqui tem sido criado intensivamente em cativeiro no Brasil e, em alguns países da América Latina, devido ao alto rendimento (70 a 72%) do principal corte comercial, partido ao meio (comercializado em duas partes), porém o que contribui para o pequeno desenvolvimento da cadeia produtiva dessa espécie é a inexistência de frigoríficos especializados.

Na região norte, o tambaqui desponta como a principal espécie de peixe cultivada. O Estado de Rondônia destaca-se como um dos maiores produtores de tambaqui (OSTRENSKY *et al.*, 2008). Além disso, a demanda local por este peixe é expressiva e crescente, com potencial para aumentar a renda do produtor rural.

### 3.3 Os alimentos

A produção de rações eficientes depende da identificação de alimentos proteicos e energéticos de boa qualidade e dos conhecimentos da digestibilidade dos seus nutrientes. Segundo Teixeira *et al.* (2006), a seleção de ingredientes, para a formulação de dietas para peixes, tem sido baseada no custo da proteína e energia, sendo utilizadas diversas fontes de alimentos, como o farelo de soja, farelo de trigo, milho e as farinhas de peixe (PEZZATO, 1995).

De acordo com Andrigueto (2002), dentre os cereais, o milho é o mais empregado como alimento energético. Com baixo teor de lisina, triptofano e metionina, apresenta teor de gordura entre 3 e 6%, rico em ácidos graxos insaturados, e nível proteico médio de 9%, sendo a proteína digestível de 8,51%, com 2 a 3% de fibra e baixo nível de cálcio (LOGATO, 2000). Sua digestibilidade, em peixes, entretanto, varia conforme as espécies (HALVER e HARDY, 2002).

O amido, que representa aproximadamente 60% do grão de milho, pode ser comercializado *in natura* ou então transformado em glicose, dextrina e amido modificado. Este e seus derivados são utilizados na alimentação para produção de biscoitos, pães, macarrão, fermento em pó, entre outros (GERAGE *et al.*, 1999).

De acordo com a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA, 2000), o macarrão é definido como um produto não fermentado, obtido pelo empasto, amassamento mecânico, parcialmente cozido, desidratado ou não, da mistura da farinha de trigo e outros vegetais adicionados ou não a outros alimentos. Segundo Nicoletti (2007), o macarrão seco difere do fresco, pela umidade máxima do produto final, que representa 13% (g/100g) no primeiro e 35% (g/100g) no segundo.

A soja representa 56% de todas as oleaginosas produzidas no mundo. Os grãos de soja são processados, resultando no farelo de soja, fonte de proteína, com uso potencial na indústria de alimentação animal e humana. Do farelo de soja produzido no mundo, cerca de 80% é destinado à produção animal. O Brasil é o segundo maior produtor do mundo e o principal exportador mundial de farelo de soja, com total de 32% do mercado (USDA, 2009).

O farelo de soja é essencialmente uma fonte de proteína, com concentração de aminoácidos adequada às exigências dos peixes (LOVELL, 1989 citado por SANTOS, 2008). É rico em magnésio, fósforo, ferro e potássio, vitaminas do

complexo B, com exceção da vitamina B12, sendo excelente fonte de vitaminas E (antioxidante) e K, e níveis adequados de ácido ascórbico e pró-vitamina A (PEZZATO, 1995). Apresenta elevado teor de lisina, o principal limitante nos grãos de cereais (PEZZATO, 1995). Dessa forma, a combinação de farelo de soja com cereais complementa o balanço de aminoácidos essenciais da dieta, fornecendo proteína de melhor valor nutricional.

Fontes proteicas de origem animal, quando comparadas às de origem vegetal, são de superior qualidade por conterem um balanço de aminoácidos essenciais e melhor palatabilidade (WILSON, 1995).

Em todo o mundo, a farinha de peixe é a fonte proteica de origem animal mais abundante para a manufatura de ração na aquicultura, sendo considerada a fonte nutricional ideal para suprir as necessidades protéicas e lipídicas dos peixes carnívoros (LOGATO, 2000). Trata-se de um produto seco e triturado, obtido de peixes inteiros ou de pedaços, dos quais foi extraída ou não a parcela de óleo, com alto valor proteico, excelente fonte de energia digestível, boa fonte de ácidos graxos essenciais, minerais e vitaminas (TACON, 1993; EL SAYED, 1999).

Logato (2000) afirma que a farinha de peixe apresenta elevado valor biológico, perfil adequado de aminoácidos essenciais, bons níveis de cálcio e fósforo e vitaminas lipo e hidrossolúveis, sendo considerada como alimento padrão para ensaios experimentais (TACON, 1993; PEZZATO, 1995).

A redução na produção mundial da farinha de peixe e a expansão da demanda, causada pelo uso do produto nas fábricas de rações para animais domésticos terrestres (EL-SAYED, 1998) e aves (EL-SAYED, 1999), tem aumentado o custo da farinha de peixe, onerando, desta forma, os custos de produção em sistemas aquícolas.

Entretanto, Boscolo *et al.* (2001) relataram haver dificuldades em se conseguir farinhas de boa qualidade no Brasil. Durante o processamento da farinha de peixe, o superaquecimento pode diminuir consideravelmente o valor nutritivo. Da mesma forma, um aquecimento insuficiente do farelo de soja diminui a disponibilidade da proteína (NRC, 1993).

Chong *et al.* (2002), em estudo com o acará-disco (*Simphysodon aequifasciata*), demonstraram que a farinha de peixe possui alta digestibilidade de matéria seca (67-88%) e da proteína (77-91%).

Os peixes carnívoros, em geral, apresentam alta capacidade de aproveitamento da proteína bruta, energia bruta e matéria seca da farinha de peixe (SULLIVAN e REIGH, 1995; GONÇALVES e CARNEIRO, 2003; TIBBETTS *et al.*, 2004; ZHOU *et al.*, 2004; PORTZ e CYRINO, 2004). Isso ocorre devido à morfologia e fisiologia do trato gastrointestinal dos peixes carnívoros, que é adequado para digerir produtos de origem animal (ZAVALA-CAMIM, 1996).

Os peixes onívoros, entretanto, apresentam grande variação da digestibilidade da farinha de peixe. A tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus*, por exemplo, apresentou coeficientes de digestibilidade razoáveis para a farinha de peixe, sendo 78,6% para proteína; 72,2% para a energia; 57,5% para a matéria seca (PEZZATO *et al.*, 2002). Já para a piracanjuba, *Brycon orbignyanus*, foram observados valores baixos de digestibilidade para a farinha de peixe obtida de resíduos de filetagem, variando de 63,1%, 38,5% e 22,3% para a proteína bruta, energia bruta e matéria seca (MEURER, 1999), respectivamente, enquanto os valores encontrados por Wilson e Poe (1985 citado por GONÇALVES e CARNEIRO, 2003) para o bagre do canal, *Ictalurus punctatus*, foram de 85,0% para a proteína bruta e 92,0% para a energia bruta da farinha de peixe. Além das grandes diferenças morfológicas e fisiológicas encontradas no sistema digestório dos peixes onívoros, outro aspecto que deve ser levado em consideração é o tipo de farinha de peixe empregado.

Há farinhas de peixes produzidas a partir de peixe inteiro (anchova, *herring* e *menhaden*, entre outras), as quais apresentam excelentes índices de digestibilidade (NRC, 1993). Entretanto, há farinhas de peixe produzidas a partir de resíduos do processamento industrial, que são as produzidas atualmente no Brasil. Essas farinhas possuem qualidade nutricional inferior à farinha de peixe inteiro.

De uma maneira geral, a farinha de peixe, resíduo ou peixe inteiro, tem disponibilidade sazonal e custo elevado (MACEDO-VIEGAS e SOUZA, 2004), o que tem estimulado o estudo da substituição deste ingrediente por fontes proteicas alternativas, principalmente de origem vegetal (GOMES *et al.*, 1995; BOOTH *et al.*, 2001).

O principal ingrediente utilizado em substituição à farinha de peixe é o farelo de soja, o qual possui alta porcentagem de proteína, além de conter a maioria dos aminoácidos essenciais para os peixes (NRC, 1993). Outro aspecto importante é que o farelo de soja possui um baixo preço comparado ao da farinha de peixe inteiro, além de ser um ingrediente de fácil obtenção.

### 3.4 Proteína e energia na nutrição de peixes

O peixe, em seu ambiente natural, dificilmente, apresenta sinais de deficiência nutricional, que se deve ao fato de os alimentos disponíveis ao consumo serem relativamente balanceados, o que dificilmente ocorre quando se encontram em um meio modificado, como é o caso do confinamento (PEZZATO *et al.*, 1995).

Segundo Storebakken *et al.* (2000), os peixes não possuem exigência de proteína, mas sim de um conjunto balanceado de aminoácidos, que deve estar presente em níveis adequados na dieta, o que pode ser obtido por meio do incremento de alguns alimentos e/ou pela suplementação com aminoácidos sintéticos.

A ingestão regular de proteína faz-se necessária, pelo fato de os aminoácidos serem exigidos continuamente pelo organismo do peixe, seja para formação de novas proteínas ou para reposição das que são degradadas no corpo, para manutenção de tecidos e órgãos (PORTZ, 2001). De acordo com o autor, o teor inadequado de proteína na dieta resultará na redução do crescimento e na perda de peso do animal, devido à degradação de proteína dos tecidos, utilizada para manter suas funções vitais.

A determinação da concentração mínima de proteína a ser fornecida na ração para o crescimento dos animais reduz a excreção de resíduos, como nitrogênio e fósforo, no meio ambiente (HAYASHI *et al.*, 2002).

São escassas as informações sobre a digestibilidade proteica dos principais ingredientes utilizados na formulação das rações completas para peixes, sendo importantes para determinar níveis adequados de fornecimento de aminoácidos mais limitantes ou a combinação de certos alimentos na dieta, para se obter adequado balanceamento de nutrientes (FURUYA *et al.* 2001)

Segundo Brown e Robisson (1989 citado por FEIDEN *et al.*, 2009), é impraticável determinar, para uma espécie, um valor único de proteína na dieta que sirva para todas as situações e fases de cultivo, devido ao fato de que são muitos os fatores que influenciam essa exigência. Entre estes fatores, pode-se destacar a temperatura da água, a fonte de proteína utilizada, a idade do peixe, o nível de arraçoamento e a participação de fontes energéticas não proteicas.

Geralmente, espécies carnívoras, comparadas às onívoras e herbívoras, apresentam elevadas exigências de proteína na dieta (SAMPAIO, 2000). Segundo este autor, variações dentro de uma mesma espécie podem ocorrer, como o fato de a idade estar relacionada à exigência de proteína, ou seja, animais maiores exigem menos proteína e mais energia que os menores, sendo assim, observada a relação entre o balanço energia-proteína, a qualidade da proteína e a digestibilidade da fonte não proteica de energia com a exigência proteica do animal.

Primeiramente, os peixes se alimentam para atender a suas exigências em energia (EL-DAHAR e LOVELL, 1995 e SAMPAIO *et al.*, 2000). Assim, o fornecimento excessivo ou deficiente de energia digestível pode reduzir as taxas de crescimento nos animais e influenciar as respostas dos animais às dietas balanceadas, logo, a relação energia-proteína é um fator determinante na deposição de proteína e qualidade de carcaça (BONFIM, 2003).

De acordo com Furuya *et al.* (2001), os peixes têm uma relação média de ED (Kcal): PB (g) de 10 Kcal/g, independentemente do hábito alimentar, podendo variar de 8,55 Kcal/g a 12,35 Kcal/g (NRC, 1993).

### **3.5 Digestibilidade**

O valor nutricional dos alimentos ingeridos pelos peixes não se baseia apenas na composição química dos mesmos, mas também na capacidade de aproveitamento desses nutrientes e da energia, que serão absorvidos e utilizados pelos animais (NRC, 1993).

Wilson *et al.* (1981 citado por FURUYA *et al.*, 2001) afirmaram que formulações deficientes ou que excedem a quantidade de nutrientes exigida pela espécie irão interferir na utilização destes, bem como na composição química e no rendimento de carcaça dos peixes. Segundo estes autores, somente será obtida uma ração completa quando for determinada a digestibilidade de todos os nutrientes dos ingredientes que a compõem.

De acordo com Boscolo *et al.* (2002), os valores de proteína bruta e energia digestível, determinados na formulação de rações para peixes, são baseados em dados utilizados na confecção de dietas de outros animais, o que, de acordo com

Sugiura *et al.* (1998), não é nutricionalmente adequado, visto que os nutrientes não digeridos e assimilados pelo animal serão excretados para o meio, provocando um maior impacto tanto na produção quanto no ambiente. O tempo de passagem do alimento, pelo trato gastrointestinal, bem como a exposição deste às enzimas digestivas, irão influenciar a eficiência da digestão dos alimentos (NRC, 1993).

Uma forma de se estabelecer a eficiência de dietas consumidas é por meio da digestibilidade, método adotado em estudos que visam à avaliação nutricional dos alimentos fornecidos ao animal, pela quantificação da fração do nutriente ou da energia digerida e assimilada que não é eliminada nas fezes (CHOUBERT *et al.*, 1979; DE SILVA e ANDERSON, 1998 citados por OLIVEIRA FILHO, 2005).

Durante a excreção, os peixes sofrem perdas endógenas, oriundas de produtos da oxidação das proteínas, lipídeos, assim como enzimas digestivas, muco e células da parede intestinal e substâncias presentes na bile (LOVELL, 1998), cujas perdas fazem parte do processo conhecido como digestibilidade verdadeira. Segundo Hardy (1997), para determinar a digestibilidade verdadeira deve-se formular uma dieta isenta do nutriente e avaliar a contribuição endógena desse nutriente. Como essas perdas são pequenas, em torno de 5% (NRC, 1993), e de difícil quantificação, pelo fato de o peixe viver no meio aquático, o método mais utilizado é o da digestibilidade aparente, que não leva em conta as perdas endógenas citadas anteriormente (OLIVEIRA FILHO, 2005).

### **3.6 Métodos para determinação da digestibilidade**

A qualidade da dieta dos peixes pode ser melhorada nutricionalmente mediante a quantificação, a capacidade de digestão e de assimilação dos alimentos por estes animais, e isso pode ser realizado por meio da determinação da digestibilidade aparente (MCGOOGAM e REIGH, 1996). Ainda de acordo com os autores, um método de coleta de fezes que seja adequado e que, segundo o qual, se obtenha precisão nos resultados se faz necessário para a determinação da digestibilidade aparente em peixes.

Estimativas da digestibilidade tem sido prioridade para a nutrição na piscicultura, tanto para avaliar alimentos como para determinar a qualidade de

rações completas fornecidas aos animais (SADIKU e JUANCEY, 1995). Nas pesquisas em que se busca determinar os coeficientes de digestibilidade dos nutrientes dos componentes das rações, são comumente utilizados dois métodos: direto e o indireto. O método direto está relacionado à mensuração de todo alimento consumido e a coleta do total excretado pelo peixe; e o indireto, na coleta parcial das fezes, utilizando um marcador inerte na dieta, geralmente óxido de cromo ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ), em concentrações de 0,1 a 1,0% (NRC, 1993).

Segundo Belal (2005), os indicadores externos que podem ser adicionados à ração são: óxido de cromo ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ), bário, itérbio, titânio, ítrio, microtraços de ferro-níquel, areia lavada com ácido, Sipernat, polietileno, 5- $\alpha$  colestano. Pode-se, também, combinar marcadores e indicadores internos, componentes naturais existentes na ração, não digestíveis e de proporção constante, assim como algumas fibras não digestíveis. De acordo com este autor, os indicadores não devem interferir na digestibilidade e palatabilidade da dieta, e sua concentração deve ser facilmente determinada.

O ambiente aquático dificulta a separação entre as fezes dos peixes e a água, bem como a determinação do consumo de alimento, porém facilita sua contaminação pelo alimento não ingerido (SALLUM *et al.*, 2002; VIDAL JÚNIOR, 2000). O uso de indicadores externos inertes possibilita a utilização de água corrente nos coletores, uma vez que as perdas de fezes podem ser calculadas, proporcionando significativa redução no estresse dos peixes (KLONTZ, 1995).

No método indireto, estimam-se os coeficientes de digestibilidade aparente pela diferença de concentração do marcador contida no alimento e nas fezes, de forma que a coleta total de fezes não se torne necessária, sendo recolhida apenas uma fração de amostra representativa (SANTOS, 2008).

A coleta de fezes pode ser realizada sob duas maneiras: na primeira, as excretas podem ser obtidas por meio de um cultivo com tanque ou aquário após a defecação, com o peixe dentro da água; e na segunda, as amostras são coletadas diretamente do intestino posterior, antes de serem defecadas pelo peixe, sendo esta coleta realizada com o peixe fora d'água (NRC, 1993; PORTZ, 1999).

De acordo com Sallum (2000), o desenvolvimento de técnicas para coleta de fezes tem como objetivo contornar situações, tais como: o estresse causado ao animal (pela pressão abdominal, sucção anal, contenção em câmara metabólica ou

alimentação forçada), o sacrifício dos animais no método de dissecação intestinal e a lixiviação de nutrientes e de energia, principalmente das fezes.

O maior problema relacionado às metodologias de coleta, com o peixe fora d'água, está na possibilidade de se coletar parte da digesta que ainda não sofreu todo o processo de digestão, uma vez que pode haver digestão ou absorção na porção final do trato digestório, conforme demonstrado por Austreng (1978 citado por VIDAL JÚNIOR, 2000). Outro fator que pode induzir ao erro seria a possibilidade de as fezes conterem material endógeno em quantidade representativa, o que corrobora a subestimação dos coeficientes de digestibilidade. Já por outro lado, a principal fonte de erro dos métodos de coleta com o peixe dentro da água, demonstrado por Allan *et al.* (1999), consiste na perda de parte do material fecal por lixiviação, o que pode culminar na superestimação dos coeficientes de digestibilidade avaliados. Desta forma, a escolha da metodologia de coleta de fezes a ser adotada poderá gerar uma variação significativa dos resultados.

## **4. MATERIAL E MÉTODOS**

O trabalho foi conduzido no Setor de Aquicultura da Unidade de Apoio à Pesquisa em Zootecnia da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, localizada no município de Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro, Brasil.

### **4.1 Estrutura física, equipamentos e acessórios**

Foram utilizadas seis incubadoras de fibra de vidro de fundo cônico (Figura 1), adaptadas com registro de PVC, para permitir a coleta de fezes por decantação (Figura 2), denominadas aquários de metabolismo. Cada aquário experimental foi constituído por uma incubadora com 61 cm de diâmetro na parte superior, 100 cm de altura e volume de 200 litros.

Os aquários de metabolismo foram dotados de fluxo contínuo de ar, proveniente de sopradores, com pedras cilíndricas utilizadas como difusores, colocadas a 15 cm de profundidade, de forma a evitar a suspensão das fezes, o que aumentaria sua lixiviação.

Entre os aquários, foi colocado um aquecedor para manter o ambiente aquecido. A temperatura da água foi mensurada duas vezes ao dia (manhã e à tarde) com termômetro de bulbo de mercúrio na profundidade de 20 cm. O pH foi mensurado duas vezes por dia (manhã e à tarde) com potenciômetro.



Figura 1. Aquários de metabolismo



Figura 2. Tubo para coleta de fezes

## 4.2 Animais

Os tambaquis (*Colossoma macropomum*) foram adquiridos do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo (Campus Alegre), passaram por um período de quarentena e um período de adaptação em tanques externos, sendo, posteriormente, selecionados 120 animais com peso médio de  $16,39 \pm 1,20\text{g}$ , 20 por incubadora.

Os peixes foram pesados em balança analítica com precisão de 0,01g e distribuídos ao acaso entre os seis aquários de metabolismo.

## 4.3 Período de adaptação

O período de adaptação dos 120 peixes às instalações internas do laboratório, ao ambiente e ao manejo experimental (alimentação, limpeza e troca de água das incubadoras) foi de 15 dias, durante os quais, os peixes receberam dieta referênci

#### 4.4 Ensaios preliminares

Durante 15 dias, foram realizados ensaios preliminares, com objetivo de determinar a quantidade de animais, por aquário, de metabolismo, quantidade de ração fornecida por dia em cada aquário e duração do período de coleta de fezes. Nestes ensaios, foram utilizados 10, 15 e 20 peixes, alojados em três aquários, alimentados *ad libitum*, uma vez ao dia, com ração comercial, após a primeira coleta de fezes e limpeza das incubadoras.

Para determinar o número de animais utilizados, a fim de se obter quantidade suficiente de fezes para posteriores análises de matéria seca, proteína bruta e energia bruta, as fezes foram coletadas a cada meia hora, sendo acondicionadas em potes devidamente identificados, mantidos em freezer até término do período de ensaio, sendo pesadas após secagem em estufa a 55°C por 24 horas.

O consumo de ração pelos peixes foi determinado de forma a evitar sobras nos aquários de metabolismo e, conseqüente contaminação das fezes, sendo fornecida aos peixes 90% da quantidade de ração determinada.

Antes do fornecimento diário de ração, o pote contendo a ração era pesado em balança digital com precisão de 0,001g e colocava-se um prato plástico no fundo de cada aquário metabólico, de modo que a ração não consumida pelos animais fosse depositada. Ao término do fornecimento, o pote contendo a ração foi novamente pesado e, passados 5 minutos, a ração depositada nos pratos foi retirada, sendo levada à estufa a 55°C por 24 horas, sendo posteriormente pesada em balança digital.

A quantidade a ser fornecida de ração foi obtida pela média de ração consumida durante os sete dias. O consumo foi mensurado pela diferença entre a quantidade de ração que foi oferecida e a quantidade de ração que sobrou nos aquários.

## **4.5 Rações experimentais**

Para confecção da ração referência com 36% de proteína bruta, foi realizada uma mistura de duas rações comerciais. A primeira com 28% de proteína bruta e a segunda com 55% de proteína bruta, na proporção de 66,8 e 33,2%, respectivamente.

A ração comercial e os alimentos testados foram finamente moídos em moinho de martelo e passados em peneira de 0,5 mm. A homogeneização dos alimentos e das rações foi realizada em misturador tipo “Y” por 15 minutos cada.

As rações teste foram compostas por 70% de ração referência e 30% do alimento a ser testado.

As rações teste e a ração referência foram produzidas na Fábrica de Rações da Unidade de Apoio à Pesquisa em Zootecnia da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, localizada no município de Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro.

As rações referência e teste foram submetidas a um processo térmico e mecânico, a peletização, quando ocorreram a compactação e a passagem forçada dos alimentos através de aberturas nos anéis da peletizadora. Mediante o processo, obtiveram-se péletes com 3 mm de diâmetro e 0,5 a 1 cm de comprimento. As rações passaram pela secadora, sendo posteriormente trituradas e peneiradas, para obtenção de grânulos adequados ao tamanho da boca do tambaqui e, posteriormente, embaladas em sacos plásticos identificados e armazenadas sob refrigeração.

### **4.5.1 Composição dos alimentos, ração referência e rações teste**

Nas tabelas abaixo, encontram-se a composição bromatológica das rações referência e teste e a composição bromatológica dos alimentos, respectivamente.

Tabela 1 – Composição bromatológica das rações referência e teste na matéria seca e na matéria natural

	Ração Referência (RR)	RR + Macarrão	RR + Milho	RR + Farelo de soja	RR + Farinha de peixe
<b>MS (%)</b>	91,74	91,19	91,81	91,31	92,07
<b>PB<sub>MS</sub> (%)</b>	38,37	32,62	31,25	39,72	45,05
<b>MM<sub>MS</sub> (%)</b>	9,48	6,90	6,88	8,82	14,75
<b>EE<sub>MS</sub> (%)</b>	5,00	3,52	4,92	4,32	7,12
<b>ENN<sub>MS</sub> (%)</b>	47,15	56,96	56,95	47,14	33,08
<b>EB<sub>MS</sub> (kcal/kg)</b>	4771,70	4616,79	4660,12	4725,47	4656,76
<b>PB<sub>MN</sub> (%)</b>	35,70	29,75	28,69	36,38	41,48
<b>MM<sub>MN</sub> (%)</b>	8,69	6,37	6,23	8,05	13,40
<b>EE<sub>MN</sub> (%)</b>	4,29	3,01	4,22	3,69	6,16
<b>ENN<sub>MN</sub> (%)</b>	51,32	60,87	60,86	51,88	38,96
<b>EB<sub>MN</sub> (kcal/kg)</b>	4377,56	4210,05	4278,45	4314,82	4287,48

MS – Matéria seca; MN – Matéria natural; PB – Proteína bruta; MM – Matéria mineral; EE – Extrato etéreo; ENN – Extrato não-nitrogenado; EB – Energia bruta.

Tabela 2 – Composição bromatológica dos alimentos na matéria seca e na matéria natural

	Macarrão	Milho	Farelo de soja	Farinha de peixe
<b>MS (%)</b>	89,50	91,81	88,58	91,52
<b>PB<sub>MS</sub> (%)</b>	12,93	8,34	50,26	58,00
<b>MM<sub>MS</sub> (%)</b>	0,62	1,30	6,98	26,69
<b>EE<sub>MS</sub> (%)</b>	3,33	4,46	4,07	12,70
<b>ENN<sub>MS</sub> (%)</b>	83,12	85,90	38,69	2,61
<b>EB<sub>MS</sub> (kcal/kg)</b>	4267,26	4408,25	4705,86	4455,08
<b>PB<sub>MN</sub> (%)</b>	11,58	7,66	46,73	53,09
<b>MM<sub>MN</sub> (%)</b>	0,56	1,19	6,18	24,39
<b>EE<sub>MN</sub> (%)</b>	2,81	3,49	3,11	10,95
<b>ENN<sub>MN</sub> (%)</b>	85,05	87,66	43,98	11,57
<b>EB<sub>MN</sub> (kcal/kg)</b>	3819,19	4047,21	4168,45	4077,29

MS – Matéria seca; MN – Matéria natural; PB – Proteína bruta; MM – Matéria mineral; EE – Extrato etéreo; ENN – Extrato não nitrogenado; EB – Energia bruta.

#### 4.6 Alimentação e coleta de fezes

Antes da alimentação, as rações experimentais foram pesadas e acondicionadas em potes identificados com o número do aquário de metabolismo.

Durante os períodos pré-experimental e experimental, foram fornecidos 90% do consumo de ração, estabelecidos no ensaio de consumo. Os peixes foram alimentados uma vez ao dia. Antes do fornecimento diário da ração teste e ração referência foi colocado um prato no fundo do aquário para que a ração se depositasse, permitindo, assim, que os peixes pudessem capturá-la e ainda evitar que a mesma fosse diretamente para o tubo de coleta. O prato para alimentação foi retirado do aquário de metabolismo, após 5 minutos do fornecimento de ração.

Adotou-se velocidade de trânsito das dietas no trato gastrointestinal de 6 horas, que, de acordo com Silva *et al.* (2003), para o tambaqui, é de 6 – 8 horas.

As fezes foram coletadas por meio do método direto, a cada meia hora, para evitar a lixiviação de nutrientes e energia, durante sete dias, para se obter a quantidade adequada para as análises em laboratório. No momento da coleta, fechou-se o registro de cada aquário para desacoplar o tubo ligado ao fundo do aquário que continha fezes e água (Figura 3). Logo em seguida, despejou-se o conteúdo do tubo em um recipiente plástico identificado com o número do respectivo aquário; esperou-se a decantação das fezes, descartando-se o excesso de água e, posteriormente, armazenaram-se as fezes em outro recipiente plástico (750 mL) identificado, que foi levado ao freezer (Figura 4).

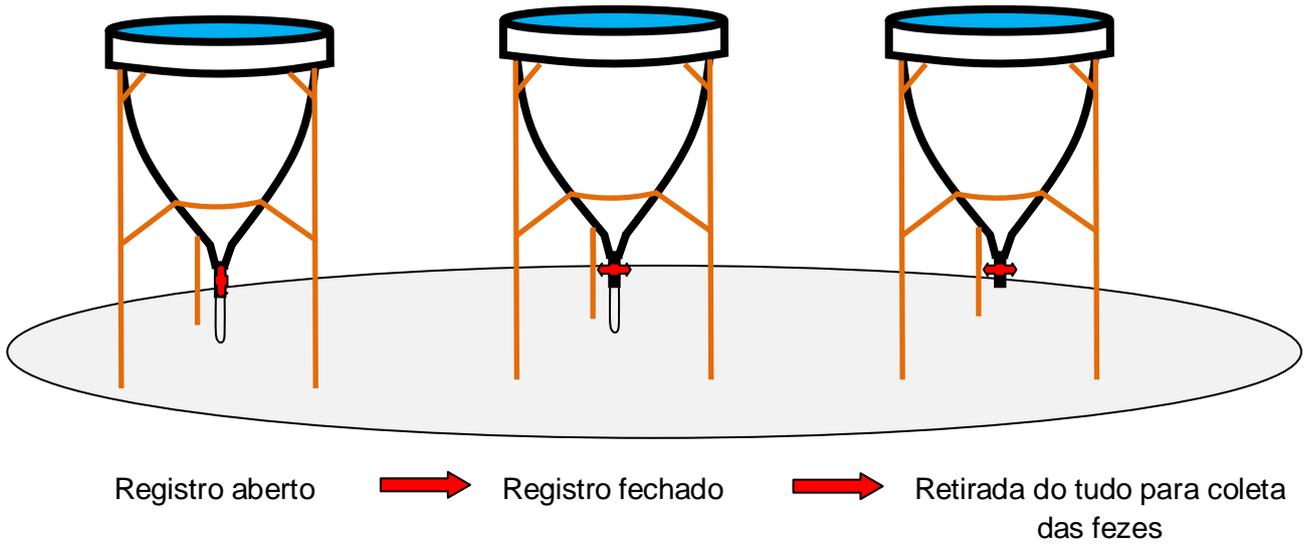


Figura 3. Esquema da abertura e fechamento do registro para retirada do tubo coletor.

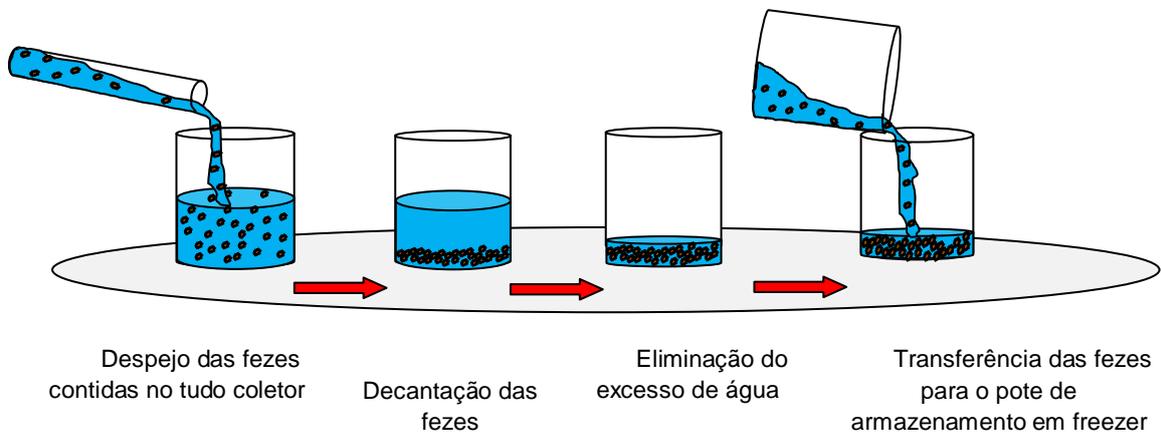


Figura 4. Esquema da separação e armazenamento das fezes.

#### 4.7 Preparo das amostras e análises laboratoriais

Ao final do experimento, os potes contendo as fezes armazenadas no freezer foram acondicionados em isopor e encaminhados ao laboratório para secagem e análises bromatológicas.

As fezes foram pesadas e identificadas em recipientes e, posteriormente, levadas para secagem em estufa de ventilação forçada a 55°C, por um período de seis dias. Após a secagem, as fezes foram pesadas e moídas em moinho de bola, por cerca de 3 minutos e acondicionadas em potes de vidro identificados.

As análises de matéria seca, proteína bruta, matéria mineral e extrato etéreo da ração referência, rações teste, alimentos e fezes, foram realizadas segundo metodologia descrita por Silva e Queiroz (2002), no Laboratório de Zootecnia e Nutrição Animal do Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (LZNA-CCTA/UENF). Para a determinação da energia bruta dos alimentos, das fezes e da ração referência, foram enviadas amostras para serem analisadas no Laboratório de Nutrição Animal da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ).

#### 4.8 Determinação dos coeficientes de digestibilidade aparente

Os coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca (CDAMS), da energia bruta (CDAEB) e da proteína bruta (CDAPB) e a quantidade de energia digestível e de proteína digestível dos alimentos foram obtidos pelas seguintes fórmulas.

- **Fórmulas para os cálculos dos coeficientes de digestibilidade**

$$\text{CDArt (\%)} = \frac{\text{Nutr I(g)} - \text{Nutr E(g)}}{\text{Nutr I(g)}} \times 100$$

(ANDRIGUETO, 1986)

**CDArt** = coeficiente de digestibilidade aparente da ração teste;

**Nutr I(g)** = Nutrientes ingeridos em gramas;

**Nutr E(g)** = Nutrientes excretados em gramas.

$$\text{CDArr (\%)} = \frac{\text{Nutr I(g)} - \text{Nutr E(g)}}{\text{Nutr I(g)}} \times 100$$

(ANDRIGUETO, 1986)

**CDArr** = coeficiente de digestibilidade aparente da ração referência;

**Nutr I(g)** = Nutrientes ingeridos em gramas;

**Nutr E(g)** = Nutrientes excretados em gramas.

$$\text{CDA (\%)} = (100/30) \times [\text{Teste} - (70/100 \times \text{Referência})]$$

(REIGHT *et al.*, 1990)

**CDA(%)** = Coeficiente de digestibilidade aparente da matéria seca, proteína bruta e energia bruta dos alimentos;

**Teste** = coeficiente de digestibilidade aparente da ração teste;

**Referência** = coeficiente de digestibilidade aparente da ração referência.

- **Fórmulas para os cálculos da energia digestível e proteína digestível**

$$\text{ED (kcal/kg)} = (\text{CDAEB} \times \text{EB}) / 100$$

Adaptado de Santos (2008)

**ED** = Energia digestível do alimento;

**CDAEB** = Coeficiente de digestibilidade aparente da EB do alimento;

**EB** = Energia bruta no alimento.

$$\text{PD (\%)} = (\text{CDAPB} \times \text{PB}) / 100$$

Adaptado de Santos (2008)

**PD** = Proteína digestível do alimento;

**CDAPB** = Coeficiente de digestibilidade aparente da PB do alimento;

**PB** = Proteína bruta no alimento.

Os coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca, proteína bruta e energia bruta dos alimentos, para tambaqui, foram determinados a partir das médias obtidas em cada tratamento. A proteína digestível e a energia digestível dos

alimentos também foram estimadas a partir das médias obtidas em cada tratamento. Os dados foram tabulados e submetidos à análise estatística descritiva.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Parâmetros de qualidade da água

Os valores médios obtidos para os parâmetros temperatura ( $26,4 \pm 1,3^{\circ}\text{C}$ ) e pH ( $6,6 \pm 0,05$ ) da água permaneceram na faixa de conforto térmico, para espécies de peixes tropicais, que pode ser alcançado dentro da faixa de temperatura entre 26 e  $30^{\circ}\text{C}$ , conforme recomendação de Kubitza (2003), e não apresentaram variações que pudessem interferir no desempenho dos peixes durante o período experimental.

### 5.2 Coeficientes de digestibilidade

Os valores dos coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) da matéria seca (MS), proteína bruta (PB) e energia bruta (EB) das rações referência e teste estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 – Coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) da matéria seca (MS), proteína bruta (PB) e energia bruta (EB) das rações referência e teste para tambaqui.

RAÇÕES	CDA				
	MS (%)	CV (%)	PB (%)	CV (%)	EB (%)
Referência (RR)	$91,61 \pm 0,35$	0,38	$96,72 \pm 0,41$	0,43	92,01
RR + Macarrão	$92,89 \pm 0,31$	0,33	$96,74 \pm 0,84$	0,86	92,84
RR + Milho	$90,98 \pm 1,64$	1,81	$95,83 \pm 0,94$	0,98	91,33
RR + Farelo de soja	$90,84 \pm 0,35$	0,39	$96,68 \pm 0,30$	0,31	91,25
RR + Farinha de peixe	$89,49 \pm 0,99$	1,11	$97,31 \pm 0,48$	0,50	92,53

CV – Coeficiente de variação.

Os coeficientes de digestibilidade aparente das dietas, para a matéria seca, variaram de 89,49% (farinha de peixe) a 92,89% (macarrão). A dieta farinha de peixe apresentou maior digestibilidade para a proteína bruta (97,31%), enquanto a proteína menos digestível foi a do milho (95,83%). Para a energia, observou-se que a dieta contendo macarrão foi a mais digestível (92,84%) e a contendo farelo de soja a menos digestível (91,25%).

Os valores dos coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) da matéria seca (MS), proteína bruta (PB) e energia bruta (EB) dos alimentos macarrão, milho, farelo de soja e farinha de peixe estão apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 – Coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) da matéria seca (MS), proteína bruta (PB) e energia bruta (EB) de alimentos para tambaqui.

ALIMENTOS	CDA				
	MS (%)	CV (%)	PB (%)	CV (%)	EB (%)
Macarrão	95,89 ± 1,03	1,07	96,76 ± 2,79	2,88	94,78
Milho	89,53 ± 5,48	6,12	93,75 ± 3,12	3,36	89,74
Farelo de soja	89,06 ± 1,17	1,31	96,59 ± 0,99	1,03	89,47
Farinha de peixe	84,53 ± 3,32	3,84	98,66 ± 0,56	0,57	93,74

CV – Coeficiente de variação.

Para a matéria seca, observou-se que o melhor coeficiente de digestibilidade aparente (CDA) foi para o macarrão (95,89%), seguido do milho (89,53%), farelo de soja (89,06%) e farinha de peixe (84,53%); enquanto a farinha de peixe apresentou o menor valor (84,53%). Para a proteína, a farinha de peixe apresentou o maior valor de digestibilidade (98,66%), seguido do macarrão (96,76%), farelo de soja (96,59%) e milho (93,75%). Considerando-se a digestibilidade energética, o macarrão foi o ingrediente mais digestível (94,78%), seguido da farinha de peixe (93,74%), milho (89,74%) e farelo de soja (89,47%).

Os coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca, proteína bruta e energia bruta do milho, farelo de soja e farinha de peixe, comparados aos encontrados por outros autores estão apresentados nas Tabelas 5, 6 e 7, respectivamente.

Tabela 5 – Valores dos coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) da matéria seca (MS), proteína bruta (PB) e energia bruta (EB) do milho, segundo alguns autores.

Espécie	CDA do milho (%)			Referências
	MS	PB	EB	
Tambaqui	89,53	93,75	89,74	Dados obtidos
Matrinchã	52,27	70,82	-	Sallum <i>et al.</i> (2002)
Tilápia do Nilo	73,22	93,40	76,63	Boscolo <i>et al.</i> (2002)
Jundiá	57,20	73,00	59,10	Oliveira Filho e Fracalossi (2006)
Piavuçu	94,42	96,82	-	Gonçalves e Furuya (2004)
Pintado	-	64,18	64,95	Gonçalves e Carneiro (2003)
Pacu	-	84,38	86,69	Abimorad e Carneiro (2004)

Tabela 6 – Valores dos coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) da matéria seca (MS), proteína bruta (PB) e energia bruta (EB) do farelo de soja, segundo alguns autores.

Espécie	CDA do Farelo de soja (%)			Referências
	MS	PB	EB	
Tambaqui	89,06	96,59	89,47	Dados obtidos
Matrinchã	44,31	90,53	-	Sallum <i>et al.</i> (2002)
Tilápia do Nilo	65,49	89,28	71,38	Boscolo <i>et al.</i> (2002)
Jundiá	74,60	88,30	77,90	Oliveira Filho e Fracalossi (2006)
Piavuçu	82,16	96,63	-	Gonçalves e Furuya (2004)
Pintado	-	67,10	61,66	Gonçalves e Carneiro (2003)
Pacu	-	81,14	63,68	Abimorad e Carneiro (2004)

Tabela 7 – Valores dos coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) da matéria seca (MS), proteína bruta (PB) e energia bruta (EB) da farinha de peixe segundo alguns autores.

Espécie	CDA da Farinha de peixe (%)			Referências
	MS	PB	EB	
Tambaqui	84,53	98,66	93,74	Dados obtidos
Matrinchã	54,49	88,75	-	Sallum <i>et al.</i> , 2002
Tilápia do Nilo	79,78	84,95	87,19	Furuya <i>et al.</i> , 2001
Jundiá	70,30	85,00	77,40	Oliveira Filho e Fracalossi, 2006
Piavuçu	66,75	80,38	-	Gonçalves e Furuya, 2004
Pintado	-	84,14	72,80	Gonçalves e Carneiro, 2003
Pacu	-	88,40	78,14	Abimorad e Carneiro, 2004

A maior parte dos alimentos testados, neste estudo, é frequentemente utilizada na composição de rações para peixes.

O macarrão apresentou valores superiores, para digestibilidade da proteína bruta (96,76%) e energia bruta (94,78%), aos encontrados por Novoa (2009), com tilápia vermelha (*Oreochromis aureus x Oreochromis niloticus*), quando obteve 80,25% e 88,92%, respectivamente; e inferiores aos apresentados por Kill *et al.* (2005) em ensaios de digestibilidade com resíduo de macarrão para suínos (99,84% para PB e 95,42% para EB).

O macarrão é um ingrediente energético que pode ser utilizado na fabricação de rações para peixes, sendo aproveitado como produto ou como destino aos subprodutos das indústrias deste ingrediente. A alta digestibilidade do macarrão pode ser atribuída ao aumento da disponibilidade de nutrientes por meio do processo térmico pelo qual o ingrediente é submetido na industrialização.

O milho apresentou, para a matéria seca, coeficiente de digestibilidade aparente superior (89,53%) aos obtidos por Sallum *et al.* (2002) com matrinchã (52,27%); por Boscolo *et al.* (2002) com tilápia do Nilo (73,22%); por Oliveira Filho e Fracalossi (2006) com jundiá (57,20%); e apresentou coeficiente inferior ao apresentado por Gonçalves e Furuya (2004) com piavuçu (94,42%), conforme apresentado na Tabela 5. Para a proteína bruta, observou-se valor superior (93,75%) aos obtidos por Sallum *et al.* (2002) com matrinchã (70,82%); por Boscolo *et al.* (2002) com tilápia do Nilo (93,40%); por Oliveira Filho e Fracalossi (2006) com

jundiá (73,00%); por Gonçalves e Carneiro (2003) com pintado (64,18%); por Abimorad e Carneiro (2004) com pacu (84,38%); e apresentou valor inferior ao apresentado por Gonçalves e Furuya (2004) com piavuçu (96,82%). Para a energia bruta, observou-se valor superior (89,74%) aos obtidos por Boscolo *et al.* (2002) com tilápia do Nilo (76,63%); por Oliveira Filho e Fracalossi (2006) com jundiá (59,10%); por Gonçalves e Carneiro (2003) com pintado (64,95%); por Abimorad e Carneiro (2004) com pacu (86,69%).

O milho é o ingrediente amplamente utilizado na formulação de rações para animais monogástricos onívoros, devido à sua alta digestibilidade nesses animais (ROSTAGNO *et al.*, 2000). Em peixes, entretanto, a digestibilidade do milho varia conforme a capacidade de digestão das diferentes espécies (HALVER e HARDY, 2002). Segundo Zavala-Camim (1996), os peixes onívoros digerem melhor os ingredientes energéticos, em relação aos carnívoros.

O farelo de soja apresentou, para a matéria seca, coeficiente de digestibilidade aparente superior (89,06%) aos obtidos por Sallum *et al.* (2002) com matrinchã (44,31%); por Boscolo *et al.* (2002) com tilápia do Nilo (65,49%); por Oliveira Filho e Fracalossi (2006) com jundiá (74,60%); e por Gonçalves e Furuya (2004) com piavuçu (82,16%), conforme apresentado na Tabela 6. Para a proteína bruta, observou-se valor superior (96,59%) aos obtidos por Sallum *et al.* (2002) com matrinchã (90,53%); por Boscolo *et al.*, (2002) com tilápia do Nilo (89,28%); por Oliveira Filho e Fracalossi (2006) com jundiá (88,30%); por Gonçalves e Carneiro (2003) com pintado (67,10%); por Abimorad e Carneiro (2004) com pacu (81,14%); e apresentou valor inferior ao apresentado por Gonçalves e Furuya (2004) com piavuçu (96,63%). Para a energia bruta, observou-se valor superior (89,47%) aos obtidos por Boscolo *et al.*, (2002) com tilápia do Nilo (71,38%); por Oliveira Filho e Fracalossi (2006) com jundiá (77,90%); por Gonçalves e Carneiro (2003) com pintado (61,66%); por Abimorad e Carneiro (2004) com pacu (63,68%).

O farelo de soja tem sido apontado como a principal alternativa de substituição, por apresentar alta porcentagem de proteína bruta e conter a maioria dos aminoácidos essenciais para os peixes (NRC, 1993).

A farinha de peixe apresentou, para a matéria seca, coeficiente de digestibilidade aparente superior (84,53%) aos obtidos por Sallum *et al.* (2002) com matrinchã (54,49%); por Furuya *et al.* (2001) com tilápia do Nilo (79,78%); por Oliveira Filho e Fracalossi (2006) com jundiá (70,30%); e por Gonçalves e Furuya

(2004) com piavuçu (66,75%), conforme apresentado na Tabela 7. Para a proteína bruta, observou-se valor superior (98,66%) aos obtidos por Sallum *et al.* (2002) com matrinchã (88,75%); por Furuya *et al.* (2001) com tilápia do Nilo (84,95%); por Oliveira Filho e Fracalossi (2006) com jundiá (85,00%); por Gonçalves e Furuya (2004) com piavuçu (80,38%); por Gonçalves e Carneiro (2003) com pintado (84,14%); e por Abimorad e Carneiro (2004) com pacu (88,40%). Para a energia bruta, observou-se valor superior (93,74%) aos obtidos por Furuya *et al.* (2001) com tilápia do Nilo (87,19%); por Oliveira Filho e Fracalossi (2006) com jundiá (77,40%); por Gonçalves e Carneiro (2003) com pintado (72,80%); e por Abimorad e Carneiro (2004) com pacu (78,14%).

A farinha de peixe é o principal ingrediente proteico utilizado na fabricação de rações para peixes, pela boa palatabilidade e o balanço de aminoácidos, todavia, é um ingrediente caro e sua oferta é sazonal (MACEDO-VIEGAS e SOUZA, 2004). Além disso, as diferentes espécies diferem quanto à capacidade em digerir esse alimento, que pode variar devido à qualidade do produto, podendo ser fabricado tanto com resíduos como com o corpo inteiro do peixe. Com a redução dos estoques pesqueiros e considerando o alto preço, diversos estudos têm sido realizados na tentativa de substituir a farinha de peixe por outros alimentos proteicos, principalmente os de origem vegetal.

Os altos valores de digestibilidade da energia bruta observados para o macarrão (94,78%) e o milho (89,74%) são compreensíveis, por serem alimentos energéticos e terem elevados teores de carboidratos. O farelo de soja e a farinha de peixe apresentaram também altos coeficientes de digestibilidade da energia, 89,47% e 93,74%, respectivamente, provavelmente em decorrência do elevado teor de gordura desses alimentos. Estes fatos indicam que o tambaqui é uma espécie que utiliza eficientemente os carboidratos e lipídios, como fonte de energia, podendo poupar proteína catabolizada para obtenção de energia e melhorar sua utilização para formação de tecido muscular.

### 5.3 Proteína e energia digestível

Os valores de proteína digestível (PD) e energia digestível (ED) dos alimentos, para tambaqui, estão apresentados na Tabela 8.

Tabela 8 – Valores de proteína digestível (PD) e energia digestível (ED) de alimentos para tambaqui.

ALIMENTOS	PARÂMETROS		
	PD (%)	CV (%)	ED (kcal.kg <sup>-1</sup> )
Macarrão	11,21 ± 0,32	2,88	3545,74
Milho	7,18 ± 0,24	3,33	3696,32
Farelo de soja	45,14 ± 0,46	1,03	3803,71
Farinha de peixe	52,38 ± 0,30	0,57	3772,72

CV – Coeficiente de variação.

Para a proteína digestível, observou-se que a farinha de peixe apresentou maior valor (52,38%), seguido pelo farelo de soja (45,14%), macarrão (11,21%) e milho (7,18%). Para a energia digestível, observou-se que o farelo de soja apresentou o maior valor (3803,71 kcal/kg), seguido pela farinha de peixe (3772,72 kcal/kg), milho (3696,32 kcal/kg) e macarrão (3545,74 kcal/kg).

O macarrão apresentou valor aproximado, para proteína digestível (11,21%), e inferior, para a energia digestível (3545,74 kcal/kg), aos encontrados por Novoa (2009), com tilápia vermelha (*Oreochromis aureus x Oreochromis niloticus*), quando obteve 11,60% e 3905,14 kcal/kg, respectivamente; e apresentou valores inferiores aos encontrados por Kill *et al.* (2005), em ensaio de digestibilidade com suínos, quando obtiveram 12,98% para proteína digestível e 3626,00 kcal/kg para a energia digestível.

O milho apresentou, para a proteína digestível, valor igual (7,18%) ao obtido por Boscolo *et al.* (2002) com tilápia do Nilo (7,18%); superior ao obtido por Oliveira Filho e Fracalossi (2006) com jundiá (7,0%); e apresentou valor inferior ao obtido por Abimorad e Carneiro (2004) com pacu (7,42%). Para a energia digestível, observou-se valor superior (3696,32 kcal.kg<sup>-1</sup>) ao obtidos por Boscolo *et al.* (2002) com tilápia

do Nilo (3037,03 kcal.kg<sup>-1</sup>); por Oliveira Filho e Fracalossi (2006) com jundiá (2297 kcal.kg<sup>-1</sup>); e por Abimorad e Carneiro (2004) com pacu (3464,91 kcal.kg<sup>-1</sup>).

O farelo de soja apresentou, para a proteína digestível, valor superior (45,14%) aos obtidos por Boscolo *et al.* (2002) com tilápia do Nilo (42,19%); por Abimorad e Carneiro (2004) com pacu (36,18%); por Gonçalves e Carneiro (2003) com pintado (30,86%); e apresentou valor inferior ao obtido por Oliveira Filho e Fracalossi (2006) com jundiá (47,80%). Para a energia digestível, observou-se valor superior (3803,71 kcal/kg) aos obtidos por Boscolo *et al.* (2002) com tilápia do Nilo (3057,63 kcal/kg); por Abimorad e Carneiro (2004) com pacu (2676,92 kcal/kg); por Gonçalves e Carneiro (2003) com pintado (2708,45 kcal/kg); e por Oliveira Filho e Fracalossi (2006) com jundiá (3194,00 kcal/kg).

A farinha de peixe apresentou, para a proteína digestível, valor superior (52,38%) aos obtidos por Abimorad e Carneiro (2004) com pacu (51,54%); por Gonçalves e Carneiro (2003) com pintado (45,38%); e ao obtido por Oliveira Filho e Fracalossi (2006) com jundiá (47,10%). Para a energia digestível, observou-se valor superior (3772,72 kcal/kg) aos obtidos por Abimorad e Carneiro (2004) com pacu (2995,11 kcal/kg); por Gonçalves e Carneiro (2003) com pintado (2790,42 kcal/kg); e ao obtido por Oliveira Filho e Fracalossi (2006) com jundiá (3014,00 kcal/kg).

De modo geral, os alimentos proteicos (farelo de soja e farinha de peixe) apresentaram-se como boas fontes de proteína para o tambaqui, considerando-se os altos valores brutos e a digestibilidade desse nutriente, proporcionando níveis satisfatórios de proteína digestível.

Os dados deste estudo apresentaram baixos coeficientes de variação e desvio-padrão, refletindo a precisão aplicada para a coleta de fezes e análises químicas.

## 6. CONCLUSÃO

Os CDA para matéria seca, proteína bruta e energia bruta foram de 95,89%, 96,76% e 94,78%, para macarrão; 89,53%, 93,75% e 89,74%, para milho; 89,06%, 96,59% e 89,47%, para farelo de soja; e 84,53%, 98,66% e 93,74%, para farinha de peixe.

Os valores de proteína digestível e energia digestível foram, respectivamente, para o macarrão, 11,21% e 3545,74 kcal/kg; para o milho, 7,18% e 3696,32 kcal/kg; para o farelo de soja, 45,14% e 3803,71 kcal/kg; e para a farinha de peixe, 52,38% e 3772,72 kcal/kg.

O tambaqui (*Colossoma macropomum*) demonstra elevada capacidade para utilizar eficientemente o macarrão, o milho, o farelo de soja e a farinha de peixe.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIMORAD, E. G.; CARNEIRO, D. J. Métodos de Coleta de Fezes e Determinação dos Coeficientes de Digestibilidade da Fração Protéica e da Energia de Alimentos para o Pacu, *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg, 1887). *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.33, n.5, p.1101-1109, 2004.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA). Resolução – RDC nº 14, de 21 de fevereiro de 2000. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br>. Acesso em 03 de outubro de 2009.

ALLAN, G. J.; ROWLAND, S. J.; PARKINSON, S.; STONE, D. A. J.; JANTRAROTAI, W. Nutrient digestibility for juvenile silver perch *Bidyanus bidyanus*: developed of methods. *Aquaculture* 170, p. 131-145, 1999.

ANDRIGUETO, J. M. (Ed.) *Nutrição animal*. 4.ed. São Paulo: Nobel. Vol.1,1986.

ANDRIGUETTO, J. M. *Nutrição Animal*. São Paulo: Nobel. Vol. 1, p. 396, 2002.

BELAL, I. E. H. A review of some fish nutrition methodologies. *Biosource Technology* 96, p. 395-402, 2005.

BOMBARDELLI, R. A.; SYPPERRECK, M.A.; SANCHES, E.A. *Situação atual e perspectivas para o consumo, processamento e agregação de valor ao pescado*. Arquivos de Ciências Veterinárias e Zoologia da Unipar, Umuarama, v. 08, n. 02, p. 181-195, 2005.

BONFIM, M. A. D. *Proteína bruta e energia digestível em dietas para alevinos de curimatá*. Viçosa, 2003. p. 29. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Universidade Federal de Viçosa, 2003.

BOOTH, M. A.; ALLAN, G. L.; FRANCES, J. et al. Replacement of fish meal in diets for Australian silver perch, *Bidyanus bidyanus*. IV: Effects of dehuling and protein concentration on digestibility of grain legumes. *Aquaculture*, v.196, n.1-2, p. 67-85, 2001.

BORGHETTI, N. R. B. et al. *Uma visão geral sobre a produção de organismos aquáticos no Brasil e no mundo*. Curitiba: Grupo Integrado de Aquicultura e Estudos Ambientais, 2003.

- BOSCOLO, W. R.; HAYASHI, C.; MEURER, F. et al. Farinhas de peixe, carne e ossos, vísceras e crisálida como atractantes em dietas para alevinos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.30, n.5, p. 1397-1402, 2001.
- BOSCOLO, W. R.; HAYASHI, C.; MEURER, F. Digestibilidade aparente da energia e proteína bruta de alguns alimentos pela tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.31, n.2, p. 539-545, 2002.
- CAMARGO, S. G. O. ; POUHEY, J. L. O. F. Aqüicultura - um mercado em expansão. *Revista Brasileira de Agrociência*, Pelotas - RS - Prot. 160/2004, v. 11, p. 393-396, 2005.
- CASTAGNOLLI, N. Status of Aquaculture in Brazil. *World Aquaculture*, v.26, n.4, p. 35-39, 1995.
- CRUZ, W. D.; MIGUEL, C. B.; BONIFÁCIO, A.D. et al. Resíduo de cervejaria na alimentação de tambaqui, *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1818). *Boletim do Instituto de Pesca*, v.24 (especial), p. 133-138, 1997.
- CHONG, A.S.C.; HASHIM, R.; ALI, A.B. Assessment of dry matter and protein digestibilities of selected raw ingredients by discus fish (*Symphysodon aequifasciata*) using in vivo and in vitro methods. *Aquaculture Nutrition*, v.8, p.229-238, 2002.
- DORIA, C. R. C.; LEONHARDT, J. H. Análise do crescimento de *Piaractus mesopotamicus* e *Colossoma macropomum* (Pisces: Caracidae) em sistema semi-intensivo de policultivo com arraçoamento e adubação orgânica. *Revista Unimar*, v.15 (suplemento), p. 211-222, 1993.
- EL-DAHAR, A. A.; LOVELL, R. T. Effect of protein to energy ratio in purified diets on growth performance, feed utilization and body composition of mossambique tilapia, *Oreochromis mossambicus* (Peters). *Aquaculture Research*, n.26, p. 451-457, 1995.
- EL-SAYED, A. F. M. Total replacement of fishmeal with animal protein sources in Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* L), feeds. *Aquacult. Res.*, Oxford, v.29, n.4, p. 275-280, 1998.

EL-SAYED, A. F. M. Alternative dietary protein sources for farmed tilapia, *Oreochromis spp.* *Aquaculture*, v.179, p. 149-168, 1999.

FAO. FIGIS. Fisheries Statistics. *Fisheries global information system*, 2004.

FAO. Aquaculture development. Health management for responsible movement of live aquatic animals. Rome, 2007.

FAO. The state of world fisheries and aquaculture, p. 180, 2008.

FEIDEN, A. ; SIGNOR, A. A. ; BOSCOLO, W. R. ; SIGNOR, A. ; REIDEL, A. Exigência de proteína de alevinos de piavuçu. *Ciência Rural*, v. 39, p. 859-865, 2009; Série: 3; ISSN/ISBN: 01038478.

FURUYA, W. M.; PEZZATO, L. E.; MIRANDA, E. C.; PEZZATO, A. C.; BARROS, M. M. Coeficientes de digestibilidade aparente e valores de aminoácidos digestíveis de alguns ingredientes pela tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). *Revista Brasileira de Zootecnia / Brazilian Journal of Animal Science*, Viçosa-MG, v. 30, n. 4, p. 1143-1149, 2001.

GERAGE, A. C., SAMAHA, M. J., BITTENCOURT, C. R., CORREA, V. J. *Cadeia produtiva do milho: diagnóstico e demandas atuais no Paraná*. Londrina: IAPAR, 1999. p. 56.

GLENCROSS, B. D.; SMITH, D. M.; TONKS, M. L.; TARBRETT, S. J.; WILLIAMS, K. C. A reference diet for nutrition studies of the giant *Penaeus monodon*. *Aquaculture nutrition*, v.5. p. 33-39, 1999.

GOMES, E. F.; REMA, P.; KAUSHIK, S. J. Replacement of fish meal by plant proteins in the diet rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) digestibility and growth performance. *Aquaculture*, v.130, n.2-3, p. 177-186, 1995.

GONÇALVES, E. G.; CARNEIRO, D. J. Coeficientes de Digestibilidade Aparente da Proteína e Energia de Alguns Ingredientes Utilizados em Dietas para o Pintado (*Pseudoplatystoma coruscans*). *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.32, n.4, p. 779-786, 2003.

GONÇALVES, G. S.; FURUYA, W. M. Digestibilidade aparente de alimentos pelo piavuçu, *Leporinus macrocephalus*. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, v.26, n.2, p. 165-169, 2004.

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, 2002. p. 756-769.

HARDY, R. W. Understanding and using apparent digestibility coefficients in fish nutrition. *Aquaculture Magazine*, v.516, p. 84-89, 1997.

HAYASHI, C.; BOSCOLO, W. R.; SOARES, C. M.; MEURER, F. “Exigência de proteína digestível para larvas de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), durante a reversão sexual”. *Revista Brasileira de Zootecnia* – v.31, n.02, p. 823-828, 2002.

HERNÁNDEZ, M.; TAKEUCHI, T.; WATANABE, T. Effect of dietary energy sources on the utilization of protein by *Colossoma macropomum* fingerlings. *Fisheries Science*, v.61, n.3, p. 507-511, 1995.

KILL, J. L.; SILVEIRA, E. R.; SILVA, F. C. O.; HAESE, D.; BUNSEN, S.; BELISÁRIO, J. A.; MARTINS, L. S.; LOPES, T. B. V. Valor nutritivo do resíduo de macarrão para suínos em crescimento. In ZOOTEC, 2005, Campo Grande, *Anais*. Campo Grande – MS, 2005.

KLONTZ, G. W. Care of fish in biological research. *Journal of Animal Science*, v. 73, n.11, p. 3492, 1995.

KOHLA, U.; SAINT-PAUL, U.; FRIEBE, J. et al. Growth, digestive enzyme activities and hepatic glycogen levels in juvenile *Colossoma macropomum* Curvier from South America during feeding, starvation and refeeding. *Aquaculture Fisheries Management*, v.23, n.1, p. 189-208, 1992.

KUBITZA, F. *Qualidade da água no cultivo de peixes e camarões*. Jundiaí: Kubitza, 2003.p. 229.

LOGATO, P. V. R. *Nutrição e Alimentação de Peixes de Água Doce*. Viçosa, Aprenda Fácil, p. 128, 2000.

LOVELL, R. T. *Nutrition and Feeding of Fish*. 2 ed. Boston: Kluwer Academic Publishers, p. 267, 1998.

MACEDO-VIEGAS, E.M.; SOUZA, M.L.R. Pré-processamento e conservação do pescado produzido em piscicultura. In: CYRINO, J.E.P.; UBINATI, E.C.; FRACALOSSO, D.M. et al. (Eds). Tópicos especiais em piscicultura de água doce tropical intensiva. São Paulo: TecArt, 2004. p. 405-480.

MCGOOGAN, B. B.; REIGH, R. C. Apparent digestibility of selected ingredients in red drum (*Sciaenops ocellatus*) diets. *Aquaculture*, v.141, p. 233-244, 1996.

MEURER, S. *Digestibilidade aparente da material seca, proteína e energia brutas de alguns ingredientes para juvenis de piracanjuba, Brycon orbignyanus*. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 1999. 81p. Dissertação (Mestrado em Aquicultura) – Universidade Federal de Santa Catarina, 1999.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. *Nutrient requirements of warmwater, fishes and shellfishes: nutrient requirements of domestic animals*. Washington, D.C.: 1993. 114p.

NICOLETTI, A. M. *Enriquecimento nutricional de macarrão com uso de subprodutos agroindustriais de baixo custo*. Santa Maria, RS: UFSM. 77p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia dos Alimentos). Universidade Federal de Santa Maria. 2007.

NOVOA, D.M.T. *Valor energético e digestibilidade da proteína em alimentos para tilápia vermelha*. Campos dos Goytacazes, RJ: UENF. 52p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal). Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. 2009.

NUNES, E. S.; CAVERO, B. A. S.; PEREIRA-FILHO, M.; ROUBACH, R. Enzimas digestivas exógenas na alimentação de juvenis de tambaqui. *Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília*, 41(1): p. 139-143. 2006.

OLIVEIRA FILHO, P. R. C. *Coeficiente de digestibilidade aparente de ingredientes para juvenis de jundiá, Rhamdia quelen*. Florianópolis, SC. 49p. Dissertação (Mestrado em Aquicultura). Universidade Federal de Santa Catarina. 2005.

OLIVEIRA FILHO, P.R.C.; FRACALOSSO, D. M. Coeficientes de digestibilidade aparente de ingredientes para juvenis de jundiá. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.35, n.4, p.1581- 1587, 2006 (supl.).

OSTRENSKY, A.; BORGHETTI, J.R.; SOTO, D. *Aqüicultura no Brasil: o desafio é crescer*. 1ª ed. Brasília, p. 276, 2008.

PEZZATO, L. E. Alimentos convencionais e não-convencionais disponíveis para indústria da nutrição de peixes no Brasil. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE NUTRIÇÃO DE PEIXES E CRUSTÁCEOS, 1995, Campos do Jordão. *Anais...* Campos do Jordão, p. 34-52, 1995.

PEZZATO, L. E. MIRANDA, E. C., BARROS, M. M. et al. Digestibilidade aparente de ingredientes para a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.31, n.4, p. 1595-1604, 2002.

PORTZ, L. *Relação energia: proteína na nutrição do "black bass" (Micropterus salmoides)*. Dissertação de Mestrado. ESALQ-USP, Piracicaba, SP, 88p. 1999.

PORTZ, L. Recentes avanços na determinação das exigências e digestibilidade da proteína e aminoácidos em peixes. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38. Piracicaba, 2001. *Anais*. Ribeirão Preto: SBZ, 2001. p. 528-542.

PORTZ, L.; CYRINO, J. E. Digestibility of nutrients and amino acids of different protein sources in practical diets by largemouth bass, *Micropterus salmoides*. *Aquaculture Research*, v.35, p. 312-320, 2004.

RIGHT, R. C.; BRADEN, S. L.; CRAIG, R. J. Apparent digestibility coefficients for common feedstuffs in formulated diets for red swamp crayfish, *Procambarus clarkii*. *Aquaculture*, v.84, p. 321-334, 1990.

ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; DONZELE, J. L. et al. *Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais*. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2000. 141p.

SADIKU, S. O. E. & JAUNCEY, K. (1995). Digestibility apparent amino acid availability and waste generation potential of soybean flour: poultry meat blend based diets for tilapia, *Oreochromis niloticus*, fingerling. *Aquaculture Research*, 26: 651-657.

SALLUM, W. B. *Óxido crômico III como indicador externo em ensaios metabólicos para o matrinhã (Brycon cephalus, Gunther 1869) (Teleostei, Characidae)*. 2000. 116f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Lavras.

SALLUM, W. B.; BERTECHINI, A. G.; CANTELMO, O. A.; PEZZATO, L. E.; LOGATO, P. R. V. Coeficiente de digestibilidade aparente da matéria seca, proteína bruta e extrato etéreo de ingredientes de ração para o matrinhã (*Brycon cephalus*,

Günther 1869) (Teleostei, Characidae). *Ciênc. agrotec.*, Lavras, v.26, n.1, p. 174-181, jan./fev., 2002.

SAMPAIO, A. M. B.; KUBITZA, F.; CYRINO, J. E. P. Relação energia: proteína na nutrição do tucunaré. *Scientia Agricola*, v.57, n.2, p. 213-219, 2000.

SANTOS, M. V. B. *Digestibilidade aparente da proteína e energia e o tempo de passagem de alimentos para acará-bandeira (Pterophyllum scalare Lichtenstein, 1823)*. Campos dos Goytacazes, RJ: UENF. 74p. Dissertação (Mestrado em Produção Animal). Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. 2008.

SILVA, P. C.; FRANÇA, A. F. S.; PADUA, D. M. C. et al. Milheto (*Pennisetum americanum*) como substituto do milho (*Zea mays*) na alimentação do tambaqui (*Colossoma macropomum*). *Boletim Instituto Pesca*, v.24 (especial), p. 125-131, 1997.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. *Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos*. Viçosa, UFV, p. 235, 2002.

SILVA, J. A. M.; PEREIRA FILHO, M.; OLIVEIRA-PEREIRA, M. Frutos e sementes consumidos pelo tambaqui, *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1818), incorporados em rações: digestibilidade e velocidade de trânsito pelo trato gastrointestinal. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.32, n.6, p. 1815-1824, 2003.

SILVA, L. F. L.; PACHECO, K. M. G. MIRANDA, E. C.; FRAGA, A. B. et al. *Níveis de proteína bruta no desenvolvimento de alevinos de tambaqui (Colossoma macropomum)*. In: XVI Congresso Brasileiro de Zootecnia e VIII Congresso Internacional de Zootecnia, 2006, Recife. ZOOTECH, 2006.

SILVA, J. A. M. da; PEREIRA-FILHO, M.; CAVERO, B. A. S.; OLIVEIRA-PEREIRA, M. I. Digestibilidade aparente dos nutrientes e energia de ração suplementada com enzimas digestivas exógenas para juvenis de tambaqui (*Colossoma macropomum* Cuvier, 1818). *Acta Amazônica*, Manaus, 37(1): 157-164.2007.

STOREBAKKEN, T.; SHEARER, K .D.; BAEVERFJORD, G. 2000. A. Digestibility of macronutrients, energy and amino acids, absorption of elements and absence of intestinal enteritis in Atlantic salmon, *Salmo salar*, fed diets with wheat gluten. *Aquaculture*, 184:115-132.

SUGIURA, S. H., DONG, F. M. & RATHBONE, C. K. & HARDY, R. W. (1998). Apparent protein digestibility and mineral availabilities in various feed ingredients for salmonid feeds. *Aquaculture*, 159: 177-202.

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

TACON, A. G. J. *Feed ingredients for warmwater fish: Meal and other processed feedstuffs*. Rome: FAO, 1993.

TEIXEIRA, E. A.; CREPALDI, D. V.; FARIA, P. M. C.; RIBEIRO, L. P.; MELO, C.; EULER, A. C. C.; SALIBA, E. O. S. Substituição de farinha de peixes em rações para peixes. *Revista Brasileira de Reprodução Animal*, Belo Horizonte, v.30, n.3/4, p. 118-125, 2006.

TIBBETTS, S. M.; SANTOSH, P. H.; MILLEY, J. E. Apparent digestibility of common feed ingredients by juvenile haddock, *Melanogrammus aeglefinus*. *Aquaculture Research*, v.35, n.7, p. 643-651, 2004.

USDA- United States Department of Agriculture. *World Agricultural Supply and Demand Estimates*, 2009.

VALENTI, W. C.; POLI, C. R.; PEREIRA, J. A.; BORGHETTI, J. R. *Aqüicultura no Brasil: bases para um desenvolvimento sustentável*. Brasília: CNPq, p.399, 2000.

VIDAL JÚNIOR, M. V. *Técnicas de determinação de digestibilidade e determinação da digestibilidade de nutrientes de alimentos para tambaqui (Colossoma macropomum)*. Viçosa, MG: UFV. 96p. Tese (Doutorado em Zootecnia). Universidade Federal de Viçosa. 2000.

WILSON, R. P. Fish feed formulation and processing. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE NUTRIÇÃO DE PEIXES E CRUSTÁCEOS, 1995, Campos do Jordão. *Anais...* Campos do Jordão: Colégio Brasileiro de Nutrição Animal, 126 p., p.53-68, 1995.

ZANIBONI FILHO, E.; MEURER, S. Limitações e potencialidades do cultivo de tambaqui (*Colossoma macropomum* Cuvier, 1818) na região subtropical do Brasil. *Boletim Instituto Pesca*, v.24(especial), p. 169-172, 1997.

ZAVALA-CAMIM, L. A. *Introdução aos estudos sobre alimentação natural em peixes*. Maringá: Nupelia, 1996, p. 129.

ZHOU, Q. C.; TAN, B. P.; MAI, K. S. et al. Apparent digestibility of selected feed ingredients for juvenile cobia, *Rachycention canadum*. *Aquaculture*, v.241, n.1-4, p. 441-451, 2004.