

Renato Eiji Kitagima

**Digestibilidade da matéria seca, energia, proteína e aminoácidos
pelo catfish americano, *Ictalurus punctatus***

Florianópolis - SC
2009



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE AQUICULTURA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AQUICULTURA

Digestibilidade da matéria seca, energia, proteína e aminoácidos pelo
catfish americano, *Ictalurus punctatus*

Dissertação Apresentada ao programa de
Pós-Graduação em Aquicultura da
Universidade Federal de Santa Catarina
como parte dos requisitos necessários
para a obtenção do título de Mestre em
Aquicultura

Orientadora: Débora Machado Fracalossi

Renato Eiji Kitagima

Florianópolis - SC
2009

FICHA CATALOGRÁFICA

Kitagima, Renato Eiji,

Digestibilidade da matéria seca, energia, proteína e aminoácidos pelo catfish americano, *Ictalurus punctatus* / Renato Eiji Kitagima – 2009.

53 f : 17 grafs., 12 tabs.

Orientadora: Débora Machado Fracalossi.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Aqüicultura.

1.*Ictalurus punctatus*; 2.digestibilidade; 3.ingredientes; 4.aminoácidos.

**Digestibilidade da matéria seca, energia, proteína e aminoácidos
pelo catfish americano, *Ictalurus punctatus***

Por

RENATO EIJI KITAGIMA

Esta dissertação foi julgada adequada para obtenção do título de

MESTRE EM AQUICULTURA

e aprovada em sua forma final pelo Programa de
Pós-Graduação em Aquicultura

Prof. Cláudio Manoel Rodrigues de Melo, Dr.
Coordenador do Curso

Banca Examinadora:

Dra. Débora Machado Fracalossi - *Orientadora*

Dr. Alexandre Sachsida Garcia

Dr. José Eurico Possebon Cyrino

AGRADECIMENTOS

À Professora Débora Machado Fracalossi pelo importante aprendizado.

Aos meus pais, Junsabro Kitagima e Neuza Yooko Kitagima, e irmãos, Márcio e Keila, pelo apoio e incentivo.

Aos amigos de laboratório Fernanda Almeida de Freitas, Ronaldo Lima de Lima, Maria do Carmo Gominho Rosa, Rodrigo Vargas Anido, Ana Paula Oeda Rodrigues, Giovanni Vitti Moro, Leandro Lemos, Fanny Yasumaru, Fernando Henrique Cornélio, Vitor Augusto Giatti Fernandes, Leonardo Fogaça, Leonardo Matsunaga, Goro Kodama, Marco Eugênio Biz, Ricardo Takeuchi e colaboradores do LAPAD, pela amizade.

Aos amigos de moradia Alexandre Riyuji Oshiro, Danillo Moura Santos, Leonardo Rosa Lopes e Arliones Stevert Hoeller Junior.

Ao Carlito Klunk pela sua paciência.

À Associação dos Criadores de Catfish do Sul (ACCS), ao SEBRAE-SC e à Nicoluzzi Rações Ltda pelo financiamento dos estudos.

Ao André Theiss, proprietário da Bluefish Piscicultura e presidente da ACCS, pelas informações atualizadas sobre a criação do *catfish* americano em Santa Catarina.

À CAPES pela bolsa de estudos recebida.

SUMÁRIO

| | |
|--|----|
| INTRODUÇÃO | 11 |
| <i>A Espécie Alvo</i> | 11 |
| <i>Determinação da Digestibilidade de Nutrientes em Peixes</i> | 12 |
| <i>Proteínas e Aminoácidos: Função e Digestibilidade para Peixes</i> | 13 |
| <i>Ingredientes Protéicos Disponíveis na Região Sul</i> | 17 |
| <i>Ingredientes Protéicos de Origem Vegetal</i> | 17 |
| <i>Ingredientes Protéicos de Origem Animal</i> | 18 |
| <i>Justificativa</i> | 20 |
| <i>Objetivos</i> | 20 |
| CAPÍTULO I Validação de Metodologia de Digestibilidade para o <i>Catfish</i> Americano (<i>Ictalurus punctatus</i>) e Avaliação de Rações | 21 |
| Resumo - | 23 |
| Introdução..... | 24 |
| Materiais e Métodos | 24 |
| <i>Determinação da Densidade nos Tanques de Coletas de Fezes</i> | 24 |
| <i>Determinação do Tempo de Trânsito do Alimento</i> | 25 |
| <i>Intervalo Entre as Coletas Parceladas de Fezes</i> | 25 |
| <i>Digestibilidade de Rações Comerciais para o Catfish</i> | 26 |
| Resultados e Discussão | 27 |
| <i>Determinação da Densidade nos Tanques de Coletas de Fezes</i> | 27 |
| <i>Determinação do Tempo de Trânsito do Alimento</i> | 28 |
| <i>Intervalo Entre as Coletas Parceladas de Fezes</i> | 29 |
| <i>Digestibilidade de Rações Comerciais para o Catfish</i> | 30 |
| Literatura Citada | 32 |
| CAPÍTULO II Subprodutos protéicos de origem animal e vegetal como ingredientes para <i>catfish</i> , <i>Ictalurus punctatus</i> | 33 |
| Resumo | 34 |
| Introdução..... | 35 |
| Materiais e Métodos | 35 |
| Resultados e Discussão | 39 |
| Conclusões..... | 44 |
| Referências | 45 |
| Conclusões Gerais..... | 47 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS DA INTRODUÇÃO | 48 |
| ANEXO | 51 |

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

CAPÍTULO 1

- Figura 1** Regressão da quantidade de fezes coletadas ao longo dos dias de coletas, utilizando a soma das fezes de todos os tratamentos..... 28
- Figura 2** Tempo de passagem do alimento pelo trato digestório em peixes com peso médio de 99,6 g e 171,63 g. 28
- Figura 3** Coeficiente de digestibilidade aparente em fezes coletadas no reto do peixe ou coletadas por sedimentação com intervalos de 1 h, 6 h ou 12 h entre as coletas..... 29
- Figura 4** Coeficiente de digestibilidade aparente para proteína, energia e matéria seca de rações comerciais para *catfish*, produzidas por quatro fabricantes..... 31

CAPÍTULO 2

- Figura 1** Coeficiente de digestibilidade aparente da proteína bruta, energia bruta e matéria seca dos ingredientes testados. 39

ANEXO

- Figura 1** Heterogeneidade natural apresentada nos lotes de *catfish*..... 52
- Figura 2** Gaiolas de 98L utilizados nos experimentos de metodologia..... 52
- Figura 3** Incubadoras utilizadas nos experimentos..... 52
- Figura 4** Detalhe do tubo de coleta de fezes..... 52
- Figura 5** Centrifugação das fezes coletadas..... 52
- Figura 6** Fezes espalhadas em placas de PVC para secagem..... 52
- Figura 7** Fezes secas e moídas..... 53
- Figura 8** Identificação do reto do *catfish*..... 53
- Figura 9** Extrusão das fezes do reto..... 53
- Figura 10** Distribuição de água do Sistema de recirculação..... 53
- Figura 11** Biofiltro do sistema de recirculação..... 53
- Figura 12** Filtro Rotatório com malha de 800 µm do sistema de recirculação..... 53

LISTA DE TABELAS

Introdução

| | | |
|-----------------|--|----|
| Tabela 1 | Exigência em aminoácidos essenciais do catfish americano, truta arco-íris, salmão do pacífico, carpa comum, e tilápia-do-Nilo..... | 14 |
| Tabela 2 | Média da disponibilidade dos aminoácidos (%) para vários ingredientes para o catfish (WILSON e ROBINSON, 1981) | 16 |
| Tabela 3 | Vantagens e desvantagens do uso de alguns ingredientes protéicos de origem vegetal em relação à farinha de peixe..... | 18 |
| Tabela 4 | Vantagens e desvantagens do uso de ingredientes protéicos de origem Animal em relação ao farelo de Soja..... | 19 |

Capítulo 1

| | | |
|-----------------|--|----|
| Tabela 1 | Composição centesimal das rações (base seca) | 27 |
| Tabela 2 | Fração digestível dos nutrientes nas rações comerciais para <i>catfish</i> | 31 |

Capítulo 2

| | | |
|-----------------|--|----|
| Tabela 1 | Composição da ração basal..... | 36 |
| Tabela 2 | Composição centesimal dos ingredientes utilizados (expressa na matéria seca) | 37 |
| Tabela 3 | Composição de aminoácidos dos ingredientes utilizados..... | 38 |
| Tabela 4 | Média do coeficiente de digestibilidade aparente dos aminoácidos dos ingredientes testados..... | 42 |
| Tabela 5 | Aminoácidos digestíveis nos ingredientes testados e exigência em aminoácidos essenciais digestíveis para o <i>catfish</i> | 43 |
| Tabela 6 | Simulação da porcentagem de inclusão do ingrediente para atender às exigências em aminoácidos essenciais em ração com 28% de proteína digestível para o <i>catfish</i> e respectivos aminoácidos limitantes..... | 43 |

LISTA DE ABREVIATURAS

| | |
|---------------|--|
| AOAC | Association of Official Analytical Chemists |
| CDA | Coeficiente de Digestibilidade Aparente |
| DT | Dieta Teste |
| EB | Energia Bruta |
| EPAGRI | Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina S.A |
| FAO | Food and Agriculture Organization of the United Nations |
| FCN | Farelo de Canola |
| FGM | Farelo de Glúten de Milho |
| FPH | Farinha de Penas Hidrolisadas |
| FVF | Farinha de Vísceras de Frango |
| IBAMA | Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis |
| IBGE | Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística |
| MS | Matéria Seca |
| N | Nitrogênio |
| NASS | National Agricultural Statistics Service |
| NRC | National Research Council |
| PB | Proteína Bruta |
| PD | Proteína Digestível |
| RCP | Farinha de Resíduo de Camarão e Peixe |
| RPE | Farinha de Resíduo de Peixe |
| RR | Ração Referêncica |
| USDA | United States Department of Agriculture |

RESUMO

O *catfish*, *Ictalurus punctatus*, é produzido em Santa Catarina, no entanto, faltam dados sobre a biodisponibilidade dos nutrientes em ingredientes e rações utilizados na região Sul do Brasil. Os objetivos deste estudo foram (i) definir metodologia para avaliação do coeficiente de digestibilidade aparente (CDA) utilizando o *catfish* como modelo; (ii) determinar o CDA da matéria seca, proteína bruta (PB) e energia bruta de rações comerciais e sete ingredientes protéicos locais e (iii) determinar o CDA dos aminoácidos totais desses sete ingredientes. Ensaio de determinação de CDA podem ser feitos com densidade máxima de 20 peixes de 100 g em tanques de 100 L e coleta de fezes a partir de 10,5 a 11,5 h após alimentação com intervalo máximo entre coletas de 6 horas. Os teores de PB das rações comerciais atenderam às especificações dos rótulos (> 28% PB), porém, o máximo de proteína digestível encontrado foi de 25,6%, abaixo da exigência da espécie (28% proteína digestível). Os CDAs de PB dos ingredientes foram satisfatórios, mas notou-se um desbalanceamento de aminoácidos. Com exceção da farinha de resíduo de peixes e a farinha de vísceras de frango, a lisina foi o primeiro aminoácido limitante em todos os ingredientes.

Palavras-chave: *Ictalurus punctatus*, ingredientes, digestibilidade, aminoácidos

ABSTRACT

Channel *catfish*, *Ictalurus punctatus*, is farmed in Santa Catarina state, South Brazil; however, data on nutrient bioavailability of local ingredients are not yet available. The purposes of this study were: 1) to validating a methodology to measure apparent digestibility coefficient (ADC) in fish using channel catfish as a model, 2) measuring dry matter, crude protein (CP) and crude energy ADCs of commercial aquafeeds and seven local protein-rich-ingredients, and 3) determining total amino acid ADC for those selected ingredients. ADC trials can be done at a maximum density of twenty 100-g fish /100-L tanks, feces should be collected from 10.5 to 11.5 h post-feeding at a maximum of 6-h interval between collections. Crude protein content of commercial feeds met the specification on feed labels (> 28% CP), but the maximum digestible protein (DP) found was only 25.6%, below the species dietary requirement, which is 28% DP. Although ingredients CP ADCs were satisfactory, amino acids contents were unbalanced. Lysine was the first limiting amino acid in all ingredients, except in fish meal and poultry byproduct.

Keywords: *Ictalurus punctatus*, ingredients, digestibility, amino acid, catfish

INTRODUÇÃO

A Espécie Alvo

O *catfish* americano (*Ictalurus punctatus*) pertence à família Ictaluridae, bagres da América do Norte, que compreende sete gêneros e pelo menos 45 espécies (HARGREAVES e TUCKER, 2004). É um peixe bentopelágico de água doce, que pode chegar ao peso de 26 kg e comprimento 1,30 m, sendo comercialmente utilizado como peixe de mesa, aquarioria e pesca esportiva (FISHBASE, 2008). Entretanto, seu tamanho comercial na aquicultura está em torno de 0,7 a 1,5 kg.

Segundo a FAO (2008), o interesse comercial pela espécie iniciou-se na década de 70, quando a Comissão de Peixes e Pesca dos Estados Unidos passou a estocar exemplares coletados da natureza. O *catfish* é nativo do vale do Rio Mississippi, nos Estados Unidos da América, mas foi largamente introduzido no restante daquele país pela referida Comissão. A desova foi obtida pela primeira vez em aquário em 1890, quando foi descoberto que os machos guardam os ovos durante a incubação. Desovas em viveiros foram obtidas pela primeira vez em 1914, numa estação de piscicultura do governo americano. Ninhos artificiais para a desova foram utilizados pela primeira vez em 1916. Esta prática, aliada à inclusão de pás giratórias nos tanques de larvicultura para movimentar a água, de simulando o comportamento do macho no cuidado da desova, aumentaram significativamente o número de alevinos produzidos por fêmea.

A criação do bagre do canal é uma das maiores atividades em aquicultura nos Estados Unidos. A grande expansão do mercado para esta espécie iniciou em 1986 devido ao esforço do Instituto do *catfish*, organização criada para promover a criação da espécie, em divulgar aos consumidores as qualidades do bagre do canal, tais como carne branca, ausência de espinhos intra-musculares, ausência de “odor de peixe” em animais produzidos com ração à base de grãos e adaptação a uma larga faixa de temperatura, desde próximas ao congelamento até 34°C (LOVELL, 1998).

O *catfish* é uma espécie muito estudada, sendo que a tecnologia de produção semi-intensiva em viveiros, desenvolvida principalmente no sul dos Estados Unidos, é passível de adaptação pelos piscicultores da Região Sul do Brasil. Além disso, é uma espécie de fácil reprodução e as larvas aceitam alimento inerte logo no início da alimentação exógena, o que representa uma grande vantagem em relação às espécies cuja larvicultura depende de alimento vivo. Ainda, por ser uma espécie onívora, exige menor quantidade de proteína na ração.

Atualmente, apesar de haver um grande mercado dentro dos Estados Unidos, a produção interna está em declínio devido à importação da *catfish* provenientes de países asiáticos, principalmente China e Vietnã, e conseqüente baixo preço ofertado pelo produto (NASS, 2008) Houve redução na área de produção americana, de aproximadamente 76.890 ha em 2001 para 53.620 ha em 2008 (NASS, 2008). Apesar da ação *antidumping* do governo americano contra empresas vietnamitas, a importação de *Ictalurus* sp. (7.926 ton em 2007) e *Pangassius* sp. (30.484 ton em 2007) vêm aumentando a cada ano.

Segundo Fracalossi *et al.* (2008), o *catfish* foi introduzido no Brasil pela primeira vez em 1972, na Região Nordeste do país. Entretanto, o clima tropical da região não permitiu a reprodução, havendo pouca repercussão. Em 1985, a Região Sul recebeu os primeiros indivíduos, iniciando assim a produção de alevinos em um clima mais adequado e a engorda em viveiros. A espécie adaptou-se

muito bem à região, onde o maior produtor é o estado de Santa Catarina, que em 2006 produziu 785 t (EPAGRI, 2008). O principal mercado do *catfish* produzido em Santa Catarina é o abastecimento de pesque-pagues, grandes redes de supermercados de São Paulo e a exportação, principalmente para os Estados Unidos.

Determinação da Digestibilidade de Nutrientes em Peixes

Segundo Sanz (2000), a manutenção da qualidade da água e a adequada nutrição dos peixes são a base para o desenvolvimento sustentável da piscicultura. Desta forma, torna-se essencial determinar as exigências nutricionais para cada espécie, bem como avaliar as diferentes fontes de nutrientes, ou seja, os ingredientes utilizados no preparo de rações. As exigências nutricionais do *catfish* já foram amplamente estudadas (NRC, 1993; ROBINSON *et al.*; 2001; WEBSTER e LIM, 2002). Entretanto, não existem dados sobre a digestibilidade de ingredientes brasileiros ou mesmo de rações produzidas no Brasil para o *catfish* americano. Estudos sobre digestibilidade de alimentos fornecem dados importantes sobre a utilização dos nutrientes dos ingredientes, sendo particularmente importantes porque a disponibilidade e a composição dos ingredientes para a fabricação de rações no estado de Santa Catarina são distintas das existentes nos Estados Unidos ou mesmo em outros estados brasileiros.

Segundo Belal (2005), métodos clássicos são utilizados para a avaliação do valor biológico de rações para peixes, a partir de estudos de nutrição com animais terrestres endotérmicos (suínos, bovinos, caprinos, aves etc.). A digestibilidade aparente pode ser medida *in vivo* por dois métodos. O primeiro método é chamado de “método direto” e consiste na coleta total de fezes e determinação do peso de todo o alimento consumido. Essa técnica prevê a determinação quantitativa dos nutrientes ingeridos e excretados, valendo-se a seguinte fórmula:

$$D\% = \frac{(I - E)}{I} \cdot 100$$

Onde: $D\%$ = coeficiente de digestibilidade; I = quantidade do nutriente ingerido; E = quantidade do nutriente excretado

A segunda técnica para medir o coeficiente de digestibilidade aparente chama-se “método indireto” ou “método do indicador inerte” (LOVELL, 1998), onde não é necessária a determinação da quantidade de alimento ingerido nem da quantidade de fezes excretadas, sendo a digestibilidade estimada por meio da relação da concentração do nutriente em relação a um indicador inerte, tanto no alimento como nas fezes. Estes indicadores podem ser internos e externos. O indicador externo é uma substância indigestível adicionada à ração em uma pequena quantidade, como o óxido de cromo (Cr_2O_3), bário, itérbio, titânio, ítrio, micro-traços de ferro-níquel, areia lavada com ácido, Celite[®], Sipernat, polietileno, 5- α colestano ou combinação de marcadores e os indicadores internos são componentes naturais existentes na ração, não digestíveis e de proporção constante, tais como algumas fibras não digestíveis (BELAL, 2005). Os indicadores não devem interferir na digestibilidade e na palatabilidade da dieta e sua concentração deve ser facilmente determinada (BELAL, 2005).

Medições quantitativas do material excretado são muito difíceis no ambiente aquático sem um nível considerável de erro. Desta forma, os métodos indiretos de coleta, com o uso do indicador indigestível, são os mais empregados para a determinação da digestibilidade para organismos aquáticos. A porcentagem do indicador é medida na ração e igualmente nas fezes para estimar o coeficiente de digestibilidade aparente (CDA), segundo as equações:

Para matéria seca (BELAL, 2005):

$$CDA\% = 100 - \left(\frac{100 \times \% \text{ indicador na ração}}{\% \text{ indicador nas fezes}} \right)$$

Para nutriente (NOSE, 1960; OLIVEIRA FILHO & FRACALLOSSI, 2006)

$$CDA\% = 100 - \left[100 \times \left(\frac{\% \text{ marcador na dieta}}{\% \text{ marcador nas fezes}} \times \frac{\% \text{ nutriente nas fezes}}{\% \text{ nutriente da dieta}} \right) \right]$$

Para o ingrediente (TIBBETTS *et al.*, 2006):

$$CDA\% = \left[\frac{((a + b) \times CDA\%_{DT} - (a) \times CDA\%_R)}{b} \right]$$

Onde: $a = 0,7 \times$ porcentagem de nutriente na dieta basal
 $b = 0,3 \times$ porcentagem de nutriente no ingrediente
 $DT =$ dieta teste (ração basal 70% e 30% ingrediente teste)
 $RR =$ ração referência (ração basal)

Em suma, o coeficiente de digestibilidade aparente (CDA) expressa a porcentagem aproveitada do nutriente dentro da quantidade total oferecida. Valores mais altos de CDA podem indicar uma melhor qualidade do alimento, ou seja, que é mais facilmente digerido no trato digestório de determinada espécie de peixe e conseqüentemente, há maior disponibilização dos nutrientes.

Existem inúmeros métodos de coleta de fezes para determinação da digestibilidade: coleta por sedimentação (sistema Guelph), sifonagem, filtragem por filtro rotatório, dissecação, extrusão por pressão abdominal, sucção anal e câmara metabólica. Cada método apresenta vantagens e desvantagens (BELAL, 2005). Dentre os fatores que podem causar interferência na digestibilidade está o tamanho das partículas dos ingredientes da ração (PEZZATO *et al.*; 2002), a quantidade de fibra, gordura (NRC, 1993), o método de coleta de fezes e a presença de antinutrientes (WILSON e POE, 1985).

Proteínas e Aminoácidos: Função e Digestibilidade para Peixes

Os aminoácidos são componentes estruturais das proteínas. Os componentes essenciais de todos os aminoácidos são os grupos carboxila (-COOH), amina (-NH₂) no carbono alfa e o radical

ligado ao carbono alfa (LEHNINGER, 1995). As proteínas são grupos de complexos componentes que contém carbono, hidrogênio, nitrogênio, oxigênio e, na maioria, enxofre. Inúmeras combinações e arranjos de seqüências de aminoácidos ocorrem em diferentes proteínas e determinam desta forma, uma larga diversidade de funções, como a formação de novos tecidos (crescimento e regeneração), manutenção de tecidos (renovação de células), síntese de substâncias reguladoras (enzimas, certos hormônios e globulina do plasma) e fonte de energia (LI, ROBINSON e MANNING, 2004).

Os tipos de proteína presentes nos tecidos dos peixes são geralmente baseados na sua função ou solubilidade. As proteínas fibrosas são altamente insolúveis (pouco digestíveis) e incluem o colágeno, a elastina e a queratina. Já as proteínas musculares têm alta digestibilidade e alto valor nutricional. As proteínas globulares são extraídas dos tecidos com água ou solução salina e representam as enzimas, proteínas-hormônio e proteínas solúveis do soro sangüíneo (LOVELL, 1989).

A exigência diária de proteína para peixes deve respeitar dois requisitos: 1) a necessidade de prover aminoácidos essenciais, sem os quais não há síntese de proteínas de deposição ou de outros componentes com função metabólica, tais como enzimas e 2) o fornecimento da quantidade correta de aminoácidos não-essenciais ou uma quantidade de nitrogênio tal que possibilite a síntese destes aminoácidos pelo peixe (NRC, 1993).

Os peixes necessitam de 10 aminoácidos essenciais (arginina, histidina, isoleucina, leucina, lisina, metionina, fenilalanina, treonina, triptofano e valina) como todos os animais monogástricos (LOVELL, 1989; NRC, 1993), mas cada espécie necessita de quantidades distintas de cada aminoácido essencial (Tabela 1). Fatores como o hábito alimentar, digestibilidade da dieta e método de análises dos dados, podem influenciar na exigência em aminoácidos (LOVELL, 1998).

Tabela 1. Exigência em aminoácidos essenciais do *catfish* americano, truta-arco-íris, salmão-do-pacífico, carpa comum e tilápia-do-nylo ¹

| Aminoácido | Catfish Americano | Truta Arco-Íris | Salmão do Pacífico | Carpa Comum | Tilápia-do- nylo |
|-------------------------|------------------------------|----------------------------|-------------------------------|------------------------|-----------------------------|
| Arginina | 4,3 | 4,4 | 6,0 | 4,3 | 4,2 |
| Histidina | 1,5 | 2,1 | 1,8 | 2,1 | 1,7 |
| Isoleucina | 2,6 | 2,6 | 2,2 | 2,5 | 3,1 |
| Leucina | 3,5 | 4,1 | 3,9 | 3,3 | 3,4 |
| Lysina | 5,1 | 5,3 | 5,0 | 5,7 | 5,1 |
| Metionina + Cistina | 2,3 | 2,9 | 4,0 | 3,1 | 3,2 |
| Fenilalanina + Tirosina | 5,0 | 5,3 | 5,1 | 6,5 | 5,5 |
| Treonina | 2,0 | 2,4 | 2,2 | 3,9 | 3,8 |
| Triptofano | 0,5 | 0,6 | 0,5 | 0,8 | 1,0 |
| Valina | 3,0 | 3,5 | 3,2 | 3,6 | 2,8 |

Fonte: NRC (1993). Esses valores foram determinados com ingredientes altamente purificados, com digestibilidade próxima a 100%.

Normalmente a farinha de peixe é a melhor fonte protéica entre os ingredientes disponíveis para a aqüicultura devido ao seu excelente perfil de aminoácidos para os peixes. Porém, sua inclusão em grandes quantidades na ração compromete o preço final pelo alto custo (PORTZ, 2001).

Segundo Lovell (1989), dietas desbalanceadas em relação às exigências em aminoácidos podem reduzir o desempenho dos animais. Quando alguns aminoácidos são oferecidos em excesso em relação aos níveis de exigência, eles podem causar o incremento de exigência de outras estruturas similares a aminoácidos e em outros casos, dietas com excesso de certos aminoácidos são diretamente tóxicas e têm efeitos negativos que não podem ser amenizados por adição de outros aminoácidos. Dietas formuladas com ingredientes práticos, isto é, aqueles rotineiramente utilizados na formulação de rações para animais, normalmente não causam problemas sérios de desequilíbrio entre aminoácidos (LOVELL, 1998). Por outro lado, o oferecimento de apenas um dos dez aminoácidos essenciais em quantidades abaixo daquela exigida para a espécie leva à redução no ganho em peso. Para certas espécies de peixes, a deficiência em metionina ou triptofano causa patologia, porque esses aminoácidos não são somente incorporados em proteínas, mas também utilizados para síntese de outros componentes essenciais tais como a serotonina, um neurotransmissor, que necessita de triptofano para sua produção e a deficiência desse aminoácido em salmonídeos traduz-se sinais clínicos de escoliose (LOVELL, 1998)

A lisina é considerada o primeiro aminoácido limitante em dietas práticas para o *catfish* e as rações para esta espécie são formuladas para atender o mínimo de lisina exigida, sendo provavelmente o único aminoácido que é suplementado em rações comerciais (LI, ROBINSON e MANNING, 2004). A Tabela 2 mostra o coeficiente de digestibilidade aparente dos aminoácidos de diferentes ingredientes para o *catfish*.

A proteína da maioria dos ingredientes vegetais que compõem uma ração devem ser processados para aumentar sua digestibilidade. A soja crua como exemplo, contém fatores antinutricionais que diminuem a digestibilidade protéica (NRC, 1993; PERES *et al*; 2003). O coeficiente de digestibilidade da proteína de ingredientes protéicos está normalmente entre 75 e 95% (NRC, 1993). A digestibilidade da proteína tende a diminuir com o aumento de carboidrato na dieta. O superaquecimento da farinha de peixe diminui a disponibilidade de proteína e o pouco aquecimento do farelo de soja indisponibiliza a proteína e, conseqüentemente, os aminoácidos (NRC, 1993), já que este ingrediente possui fatores antinutricionais que são desativados com o aquecimento. Para a truta, temperaturas de extrusão da ração à base de soja entre 100, 125 e 150 °C não influenciaram a digestibilidade de aminoácidos (SØRENSEN *et at*; 2002).

O coeficiente de digestibilidade aparente da proteína não reflete o coeficiente de digestibilidade aparente de todos os aminoácidos, que varia dentre e entre ingredientes (FURUYA *et al*; 2001). Logo, uma alta digestibilidade de proteína não significa que certo aminoácido essencial seja disponibilizado ao peixe, pois a maior parte deste aminoácido pode estar associada a proteínas de baixa digestibilidade, que é o caso das proteínas fibrosas. Por isso, é necessária a determinação da digestibilidade aparente dos aminoácidos, além da digestibilidade protéica, pois se as proteínas digeridas não possuírem o perfil da exigência nutricional da espécie, boa parte será utilizada para produção de energia.

Tabela 2. Média da disponibilidade dos aminoácidos (%) para vários ingredientes para o catfish (WILSON e ROBINSON, 1981).

| Aminoácido | Farelo de Amendoim | Farelo de Soja | Farinha de Carne e Ossos | Farinha de Menhaden | Milho | Farelo de Caroço de Algodão | Farelo de Arroz | Farelo de Trigo |
|-----------------|--------------------|----------------|--------------------------|---------------------|-------|-----------------------------|-----------------|-----------------|
| Alanina | 88,9 | 79,0 | 70,9 | 87,3 | 78,2 | 70,4 | 82,0 | 84,9 |
| Arginina | 96,6 | 95,4 | 86,1 | 89,2 | 74,2 | 89,6 | 91,0 | 91,7 |
| Ácido Aspártico | 88,0 | 79,3 | 57,3 | 74,1 | 53,9 | 79,3 | 82,4 | 82,8 |
| Ácido Glutâmico | 90,3 | 81,9 | 72,6 | 82,6 | 81,4 | 84,1 | 88,8 | 92,3 |
| Glicina | 78,4 | 71,9 | 65,6 | 83,1 | 53,1 | 73,5 | 80,0 | 85,2 |
| Histidina | 83,0 | 83,6 | 74,8 | 79,3 | 78,4 | 77,2 | 70,4 | 87,4 |
| Isoleucina | 89,7 | 77,6 | 77,0 | 84,8 | 57,3 | 68,9 | 81,4 | 81,8 |
| Leucina | 91,9 | 81,0 | 79,4 | 86,2 | 81,8 | 73,5 | 84,1 | 84,6 |
| Lisina | 85,9 | 90,9 | 81,6 | 82,5 | 69,1 | 66,2 | 81,3 | 85,9 |
| Metionina | 84,8 | 80,4 | 76,4 | 80,8 | 61,7 | 72,5 | 81,9 | 76,7 |
| Fenilalanina | 93,2 | 81,3 | 82,2 | 84,1 | 73,1 | 81,4 | 82,9 | 87,2 |
| Prolina | 88,0 | 77,1 | 76,1 | 80,0 | 78,4 | 73,4 | 79,5 | 88,3 |
| Serina | 87,3 | 85,0 | 63,7 | 80,7 | 63,9 | 77,4 | 82,0 | 83,0 |
| Treonina | 86,6 | 87,5 | 69,9 | 83,3 | 53,9 | 71,8 | 77,3 | 88,8 |
| Tirosina | 91,4 | 78,7 | 77,6 | 84,8 | 68,7 | 69,2 | 86,7 | 83,0 |
| Valina | 89,6 | 75,5 | 77,5 | 84,0 | 64,9 | 73,2 | 83,2 | 84,5 |
| Média | 88,4 | 81,0 | 74,3 | 82,9 | 68,3 | 75,1 | 82,2 | 84,9 |

Difícilmente a digestibilidade dos aminoácidos nos ingredientes é avaliada em ensaios de digestibilidade para peixes (ANDERSON *et al*; 1992), provavelmente devido ao alto custo da análise de aminoácidos. Esta análise necessita de equipamentos caros e mão-de-obra altamente especializada. No Brasil, são poucos os laboratórios que realizam tais análises.

Ingredientes Protéicos Disponíveis na Região Sul

Para o desenvolvimento do segundo capítulo deste estudo, que avaliou o coeficiente de digestibilidade aparente (CDA) de nutrientes para o *catfish*, foram selecionados os principais ingredientes protéicos de origem vegetal e animal, disponíveis para o fabrico de rações para peixes na Região Sul, conforme informação da empresa Nicoluzzi Rações, Ltda.

Ingredientes Protéicos de Origem Vegetal

Quando comparados com a farinha de peixe, os ingredientes protéicos de origem vegetal possuem menor concentração protéica e vários fatores anti-nutricionais (Tabela 3), que podem reduzir o valor nutricional destes ingredientes em rações para peixes. Entretanto, muitos destes fatores anti-nutricionais são sensíveis ao calor e facilmente destruídos por inúmeros processos de aquecimento, inclusive pelo processo de extrusão (DREW *et al*; 2007). Algumas soluções apresentadas pela indústria para atenuar esses efeitos negativos são o uso de concentrados protéicos obtidos do fracionamento de ingredientes de origem vegetal, o que reduz os fatores anti-nutricionais estáveis ao calor, bem como o uso de mais de um concentrado protéico para reduzir o efeito anti-nutricional; porém, o uso de concentrados protéicos de origem vegetal em altas quantidades pode ainda causar efeitos negativos na morfologia intestinal e na fisiologia de uma larga variedade de peixes (DREW *et al*; 2007). Além disso, o custo de concentrados protéicos vegetais é alto para uso em rações de peixes, sendo que subprodutos pouco processados, principalmente de oleaginosas, como o farelo de soja, são indispensáveis para atender à demanda crescente da aqüicultura (GATLIN *et al*; 2007). No Brasil, os ingredientes protéicos de origem vegetal são muito utilizados no fabrico de ração para peixes, visto que o país é um grande produtor de grãos e a maioria das espécies aqüícolas criadas comercialmente são de hábito alimentar onívoro, com menor exigência protéica na dieta.

O farelo de soja é o resultado da trituração de flocos de soja, depois da extração do óleo de grãos descascados, sendo a fonte de proteína vegetal predominante em rações para o *catfish* nos Estados Unidos, devido ao bom perfil de aminoácidos e boa palatabilidade (ROBINSON *et al*; 2001). No Brasil, o conteúdo protéico do farelo de soja é por volta de 45% (ROSTAGNO, 2005), mas pode chegar a 48,5% no mercado americano (NRC, 1993). Segundo dados do IBGE (2008), a produção de soja no Brasil foi de 57.952.011 t em 2007. Essa quantidade expressiva deixa clara a sua disponibilidade como ingrediente protéico para o fabrico de rações animais.

O farelo de canola é o resultado da extração do óleo da espécie *Brassica napus*, o qual contém 38% de proteína bruta. Apesar de possuir menos lisina que o farelo de soja, a concentração deste aminoácido no farelo de canola é maior que em outras oleaginosas e apresenta boa palatabilidade para o *catfish* (ROBINSON *et al*; 2001). O início do cultivo da canola no Brasil foi

problemático devido ao aparecimento da enfermidade conhecida como “canela-preta”, causada por um fungo; entretanto, foram desenvolvidas linhagens resistentes à doença, como a HYOLA 43 e HYOLA 60 (TOMM, 2007). Recentemente, a demanda para a canola aumentou já que é alvo da produção de biodiesel, devido a sua alta concentração de óleo (38%), valorizado pela presença de ácidos graxos da série n-3, além de ser possível produzi-la no inverno. Segundo estimativas da FAO (2008), a produção de canola no Brasil foi de 78.000 t em 2007.

O farelo de glúten de milho é o resíduo gerado da extração da maior parte do amido e glúten do grão, sendo uma fonte de energia potencial para rações de *catfish* já que contém níveis de xantofilas similares ao do grão de milho, cuja concentração não causa pigmentação amarela na carne do *catfish* como o glúten de milho (ROBINSON *et al*; 2001). É um produto que contém 21% de proteína bruta e 10% de fibra bruta (ROSTAGNO, 2005). Não há dados disponíveis sobre a produção de farelo de glúten de milho no Brasil, mas sim sobre a produção de milho, que foi 51.846.196 t em 2007 (IBGE, 2008). Um dos nomes comerciais deste produto é Refinasil® (Corn Products do Brasil Ingredientes Industriais Ltda, Paraná Brasil).

Tabela 3. Vantagens e desvantagens do uso de alguns ingredientes protéicos de origem vegetal em relação à farinha de peixe.

| Ingredientes | Proteína Bruta % | Desvantagens | Vantagens |
|----------------------------|------------------|--|--|
| Farelo de soja | 48 ¹ | <ul style="list-style-type: none"> ▪ perfil de aminoácidos inadequado às exigências³ ▪ presença de fatores anti-nutricionais: inibidor de tripsina, lectinas, saponinas, polissacarídeos não amiláceos, fitato, fitoestrógenos, antígenos protéicos¹ | <ul style="list-style-type: none"> ▪ menor preço ▪ alta disponibilidade³ ▪ concentrações mais baixas de fósforo total e cinzas² |
| Farelo de canola | 38 ¹ | <ul style="list-style-type: none"> ▪ perfil de aminoácidos inadequado às exigências³ ▪ alta concentração de fibra bruta (10%)² ▪ presença de fatores anti-nutricionais: mirosinase glucosinolatos, fitato, tanino, fibra, compostos fenólicos¹ | <ul style="list-style-type: none"> ▪ menor preço ▪ concentrações mais baixas de fósforo total e cinzas² |
| Farelo de glúten de milho® | 21 ² | <ul style="list-style-type: none"> ▪ perfil de aminoácidos inadequado às exigências ▪ baixa concentração protéica² ▪ alta concentração de fibra em detergente neutro (35%)² | <ul style="list-style-type: none"> ▪ menor preço ▪ concentrações mais baixas de fósforo total e cinzas² |

¹ Drew et al (2007).

² Rostagno (2005).

³ NRC (1993).

Ingredientes Protéicos de Origem Animal

Resíduos protéicos, derivados do processamento de pescado cultivado, da pesca e do processamento de outros animais para consumo humano são fontes protéicas potenciais, normalmente subutilizadas como ingredientes para rações de peixes (HARDY *et al.* 2005). Essa subutilização é devida, em alguns casos, à oscilação na disponibilidade da matéria prima, a qual está relacionada à sazonalidade da pesca. No entanto, muitos destes resíduos possuem boa qualidade nutricional e apresentam boa digestibilidade para peixes (HARDY *et al.*, 2005, GODDARD *et al.*, 2008). O Brasil é um grande produtor de animais para consumo humano: 1,0 milhão t de pescado

(IBAMA 2005), 1,3 milhões t de bovinos, 3,0 milhões t de frangos e 552 mil t de suínos (IBGE, 2008). Portanto, o país tem condições de gerar uma grande quantidade de ingredientes de origem animal através da utilização dos resíduos do processamento de animais de corte. Entretanto, o maior desafio para essa produção é a inadequada conservação e processamento desses subprodutos. Ainda não há estimativas confiáveis sobre a produção brasileira destes produtos.

Segundo Bellaver (2005), a farinha de vísceras é o produto resultante da cocção, prensagem e moagem de vísceras de aves, sendo permitida a inclusão de cabeças e pés. Esta farinha não deve conter penas, exceto as que ocorrem acidentalmente, nem resíduos de incubatórios ou contaminação com casca de ovo. Permite-se a inclusão de todas as partes resultantes do abate, inclusive ovos não desenvolvidos, mas não é permitida a inclusão de penas, cuja inclusão caracteriza adulteração. A proteína varia de 55 a 65% e sua cor é dourada a marrom, com densidade de 545 a 593 kg/m³. O teor de gordura encontrada nas farinhas brasileiras é de 13,84% e o de fósforo é 2,66% (ROSTAGNO *et al*; 2005).

Já a farinha de penas hidrolisadas, é o produto resultante da cocção, sob pressão, de penas de aves limpas e não decompostas, obtidas no abate, sendo que 75% de sua proteína deve ser digestível *in vitro*, com uso de pepsina (ROBINSON *et al.*, 2001). A concentração protéica encontrada nas farinhas brasileiras fica entre 75 e 84% (ROSTAGNO *et al*; 2005).

A farinha de resíduos do processamento de peixes é o produto obtido de cortes e/ou partes de peixes de várias espécies (cabeças, rabo, pele, vísceras, barbatanas) não decomposto, com ou sem extração de óleo, tendo sido seco e moído. Não deve conter mais do que 10% de umidade e o teor de NaCl deve ser indicado (BELLAYER, 2005). No Brasil ainda necessita de uma normatização com relação à nomenclatura das farinhas de peixe devido a farinhas compostas de peixes inteiros e de resíduo de peixe terem a mesma indicação. Segundo Rostagno *et al*; (2005) as farinhas de peixes brasileiras variam de 54 a 61% de proteína, 2,41 a 2,87% de fósforo total e 19 a 22,81% de cinzas.

Tabela 4. Vantagens e desvantagens do uso de ingredientes protéicos de origem Animal em relação ao farelo de Soja.

| Ingredientes | Proteína Bruta % | Desvantagens | Vantagens |
|-------------------------------|------------------|--|--|
| Farinha de Peixe | 61 ² | <ul style="list-style-type: none"> ▪ preço elevado¹ ▪ altas concentrações de cinzas e fósforo total ² ▪ diminuição da disponibilidade¹ | <ul style="list-style-type: none"> ▪ perfil de aminoácidos³ ▪ concentração proteica² ▪ palatabilidade³ |
| Farinha de Vísceras de Frango | 57 ² | <ul style="list-style-type: none"> ▪ alta concentração de gordura² ▪ altas concentrações de cinzas e fósforo total ² | <ul style="list-style-type: none"> ▪ preço acessível ▪ perfil de aminoácidos³ ▪ concentração protéica² |
| Farinha de penas hidrolisadas | 84 ² | <ul style="list-style-type: none"> ▪ perfil de aminoácidos inadequado ³ ▪ palatabilidade | <ul style="list-style-type: none"> ▪ preço acessível ▪ concentração alta de proteína² ▪ baixa concentração de minerais² |

¹ Drew *et al* (2007).

² Rostagno (2005).

³ NRC(1993)

Justificativa

A crescente importância da criação do *catfish* americano em Santa Catarina demanda uma avaliação sobre a disponibilidade de nutrientes nas rações comerciais disponíveis no mercado, bem como nos ingredientes disponíveis para o fabrico destas rações. Com essa informação, será possível monitorar a qualidade das rações, além de formular rações nutricionalmente balanceadas e ambientalmente amigáveis, melhorando o desempenho dos peixes no ambiente de cultivo.

Ainda, há uma preocupação mundial em relação à substituição da farinha de peixe por ingredientes alternativos, já que há previsão de escassez deste ingrediente nas próximas décadas. A determinação do coeficiente de digestibilidade aparente de ingredientes alternativos pode indicar substitutos ou substitutos parciais à farinha de peixe em rações para espécies aquícolas. Além disso, não há estudos recentes que avaliem a digestibilidade de ingredientes para o *catfish*, sendo que os trabalhos mais citados até hoje são da década de 70 e 80 (CRUZ, 1975; WILSON; ROBINSON e POE, 1981; BROWN *et al*; 1985 e WILSON *et al*; 1985).

Objetivos

1. Validar metodologia para determinação da digestibilidade aparente em peixes, que gere dados confiáveis para avaliação de rações e ingredientes.
2. Determinar o coeficiente de digestibilidade aparente da matéria seca, energia bruta e proteína bruta de rações comerciais para o *catfish* americano e avaliar se estas rações atendem às exigências da espécie.
3. Determinar o coeficiente de digestibilidade aparente da matéria seca, energia bruta, proteína bruta e aminoácidos totais e avaliar o potencial de uso em rações para o *catfish* de sete ingredientes protéicos disponíveis na região sul do Brasil: farelo de canola, farinha de vísceras de frango, farinha de resíduo de peixe, farelo de soja, farinha de resíduo de camarão e peixe, farelo de glúten de milho e farinha de penas hidrolisadas.

Os capítulos a seguir foram redigidos como artigos científicos, obedecendo às normas dos periódicos “*Scientia Agricola*”, para o capítulo I, e “*Aquaculture International*”, para o capítulo II.

CAPÍTULO I
Validação de Metodologia de Digestibilidade para o *Catfish* Americano
***(Ictalurus punctatus)* e Avaliação de Rações**

**Validação de Metodologia de Digestibilidade para o *Catfish* Americano
(*Ictalurus punctatus*) e Avaliação de Rações**

Renato Eiji Kitagima e Débora Machado Fracalossi *

Departamento de Aqüicultura, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina
Rodovia Admar Gonzaga, 1346 88034-001 Florianópolis, SC - Brasil

*Autor para correspondência: deboraf@cca.ufsc.br

**Validação de Metodologia de Digestibilidade para o *Catfish* Americano
(*Ictalurus punctatus*) e Avaliação de Rações**

Resumo - O *catfish* americano, *Ictalurus punctatus*, amplamente produzido nos Estados Unidos, também é produzido no estado de Santa Catarina, Brasil. No entanto, não há conhecimento sobre a digestibilidade das rações utilizadas no país para sua criação. Portanto, o objetivo deste estudo foi validar metodologia para determinação do coeficiente de digestibilidade aparente (CDA) com esta espécie, bem como determinar a digestibilidade de algumas rações comerciais produzidas para a espécie. Inicialmente, foi realizado um ensaio para determinação da densidade ideal de peixes no tanque de coleta de fezes. Constatou-se que não houve diferença significativa na produção de fezes por peixe quando 10, 15 ou 20 peixes ($99,46 \pm 25,4$ g) foram estocados por unidade experimental de 98 L. Em ensaio subsequente, mediu-se o tempo de passagem do alimento no trato digestório, o qual variou de 11,5 h a 10,5 para peixes de 95 e 170 g, respectivamente. Ainda, testou-se o intervalo de tempo (1, 6 e 12 h) entre as coletas de fezes. A menor lixiviação de nutrientes foi obtida quando as fezes foram coletadas 1 h após a evacuação ($P < 0,05$), mas este intervalo não diferiu significativamente do intervalo de 6 h. Por fim, foi determinada a digestibilidade da matéria seca, proteína e energia de quatro rações comerciais para o *catfish*. As rações comerciais analisadas atenderam aos níveis de garantia para proteína bruta estabelecidos pelas empresas, mas não propiciaram 28% de proteína digestível, concentração exigida pela espécie. Os valores de proteína digestível foram de 23,3% a 25,6%. Uma ração comercial foi deficiente no aminoácido essencial valina. Com estes resultados fica evidente a importância da determinação da digestibilidade dos nutrientes para a adequada avaliação de dietas comerciais.

Palavras-chave: nutrientes, biodisponibilidade, disponibilidade

Introdução

O *catfish* americano, *Ictalurus punctatus*, é uma espécie nativa do delta do Rio Mississippi, no sudeste dos Estados Unidos da América. A maior produção ocorre nos estados americanos do Mississippi, Alabama, Louisiana e Arkansas (NASS, 2008), que possuem clima temperado. O *catfish* tem grande aceitação pelo mercado consumidor americano, principalmente pela ausência de espinhos intramusculares e pela carne branca com sabor suave (Lovell, 1998). No Brasil, o *catfish* é produzido com sucesso principalmente no estado de Santa Catarina, que possui clima subtropical. Entretanto, os ingredientes normalmente utilizados para formulação de rações para o *catfish* no Brasil diferem daqueles utilizados nos Estados Unidos. Desta forma, é essencial determinar a digestibilidade das rações comerciais para avaliar se estas atendem às exigências nutricionais da espécie para um máximo desempenho.

A avaliação da digestibilidade de nutrientes em peixes é feita principalmente pelo “método indireto” (Lovell, 1998), onde a inclusão de um marcador indigestível na ração permite a coleta parcial das fezes e do alimento consumido. Existem vários métodos para a coleta de fezes em peixes, sendo que os mais utilizados são a extrusão, dissecação do intestino e a coleta por sedimentação, após excreção na água (Belal, 2005). No entanto, existem vantagens e desvantagens inerentes a cada um dos métodos de coleta de fezes. O presente estudo objetivou validar metodologia para determinação de digestibilidade em peixes, utilizando o *catfish* como modelo, com a avaliação da densidade de peixes nas unidades experimentais, intervalo entre as coletas de fezes e tempo de passagem do alimento pelo trato digestório, e também o presente estudo objetivou avaliar a composição nutricional e a digestibilidade de rações comerciais para esta espécie.

Materiais e Métodos

Para validar a metodologia de determinação da digestibilidade de nutrientes para o *catfish* foram conduzidos três ensaios, os quais testaram a densidade dos peixes nos tanques de coleta de fezes, tempo de passagem do alimento pelo trato digestório e o intervalo de tempo entre as coletas de fezes. Foi avaliada ainda a qualidade de quatro rações comerciais para o *catfish* pela determinação da digestibilidade da proteína, energia e matéria seca e pela avaliação das respectivas composições nutricionais. Estes ensaios são descritos detalhadamente a seguir:

Determinação da Densidade nos Tanques de Coletas de Fezes

O objetivo deste ensaio foi determinar a densidade ideal dos peixes nas gaiolas dos tanques de coletas de fezes, baseando-se na quantidade de fezes coletada por peixe. Noventa peixes com peso médio de $99,46 \pm 25,4$ g foram estocados em tanques de 1000 L para aclimação, por 30 dias. Após esse período, os peixes foram aclimatados dentro de gaiolas de 98 L de volume útil, nas densidades de 10, 15 e 20 peixes por gaiola (n=3). Grupos de 6 gaiolas com os peixes nas diferentes densidades foram distribuídas ao acaso dentro de tanques de 1000 L, em sistema de recirculação de

água, com fotoperíodo de 12 h e aeração controlada. Durante sete dias, os peixes foram alimentados até a saciedade aparente às 10 e 16 h com ração comercial (27,33% de proteína bruta, PB) moída e peletizada e, no final deste período, foi iniciada a coleta de fezes. Durante 6 dias, às 17 h, as gaiolas contendo os peixes eram transferidas aleatoriamente para os tanques de coleta de fezes, com volume útil de 120 L. As fezes eram coletadas diariamente 16 h após a última alimentação. A coleta de fezes foi feita por sedimentação em tubos plásticos de 50 mL acoplados ao fundo dos tanques, os quais permaneciam dentro de caixas de isopor com gelo para diminuir a ação bacteriana nas fezes. Após a coleta, o conteúdo dos tubos de coleta foram centrifugados a $2.300 \times g$ por 5 min. O sobrenadante era descartado e, o pélete de fezes, seco em estufa a $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ por 24 h. As gaiolas contendo os peixes eram recolocadas nos tanques de alimentação, logo após a coleta de fezes. A qualidade de água foi monitorada diariamente pela determinação do oxigênio dissolvido e temperatura (oxímetro digital YSI 50), amônia (kit colorimétrico) e pH (pH-metro digital YSI 60). A qualidade de água se manteve dentro da zona de conforto para o *catfish* (Boyd,1990), a saber: temperatura $28,5 \pm 1,8^{\circ}\text{C}$; pH $7,37 \pm 0,4$; oxigênio dissolvido $7,2 \pm 1\text{ mg/L}$ e amônia total $<0,25\text{ mg/L}$. Foram também monitoradas a mortalidade, a presença de lesões corporais e a quantidade de fezes obtidas nas diferentes densidades testadas.

Determinação do Tempo de Trânsito do Alimento

O objetivo deste estudo foi determinar o tempo de trânsito do alimento no trato digestório do *catfish*. Foi determinado o tempo necessário desde a ingestão de ração até a excreção das fezes para grupos de 15 peixes com dois pesos médios: $95,66 \pm 20,8\text{ g}$ e $171,63 \pm 15,03\text{ g}$, em duplicata. Os peixes foram aclimatados às condições experimentais e alimentados conforme descrito no ensaio anterior. As variáveis indicadoras da qualidade de água foram monitoradas diariamente para prevenir oscilações que alterassem o tempo de passagem do alimento. O oxigênio dissolvido manteve-se em $6,3 \pm 1\text{ mg/L}$, a temperatura em $28,7 \pm 1,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ e o pH $7,18 \pm 0,3$.

Encerrado o período de aclimação, os peixes foram alimentados com ração comercial moída (27,33% PB) e re-peletizada, adicionando-se 1% de óxido de cromo. Uma hora após a segunda alimentação, o tanque de coleta de fezes foi limpo e as fezes coletadas por sedimentação a cada 30 min em tubos de 50 mL, os quais eram levados para centrifugação e posterior secagem das fezes em estufa a $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ até peso constante. O período necessário para a evacuação das fezes com coloração esverdeada, correspondente ao início da alimentação com a ração suplementada com óxido de cromo, indicou o tempo mínimo de passagem do alimento no trato digestório. Foi também registrada a quantidade de fezes produzidas.

Intervalo Entre as Coletas Parceladas de Fezes

Este ensaio foi realizado para verificar se o período de exposição das fezes à água, durante os intervalos de tempo entre as coletas, afetaria a digestibilidade das rações, considerando-se a lixiviação de nutrientes das fezes para a água. Sendo assim, após o período de aclimação e antes da coleta de fezes, 6 grupos de 20 peixes ($113,0 \pm 29\text{ g}$) foram estocados em gaiolas de alimentação (98 L), dentro de tanques de 1000 L por três dias. A aclimação dos peixes e o monitoramento da

qualidade de água seguiram a metodologia descrita para o experimento de densidade de estocagem. Os peixes foram alimentados até a saciedade aparente, às 10 h e às 16 h, com ração comercial (27,33 % PB; 11,4 % cinzas; 7,6 % extrato etéreo; 92,1 % matéria seca; 45,76 % extrativo não nitrogenado; 7,94 % fibra bruta e 4184 kcal/kg energia bruta) à qual foram adicionados 0,5 % de óxido de cromo. Foi testada a coleta de fezes a cada hora, a cada 6 h e a cada 12 h; também foram retiradas fezes diretamente do reto de 100 peixes, por dissecação, como controle. A temperatura da água foi mantida a $29,39 \pm 0,48$ °C, o oxigênio dissolvido a $7,53 \pm 0,92$ mg/L e o pH a $7,62 \pm 0,1$.

As fezes foram coletadas da mesma forma descrita para os experimentos anteriores, secas a 50 °C por 24 h, moídas e congeladas (-20 °C) para análises posteriores. As fezes foram coletadas até completar a quantidade necessária para as análises (15 g).

O coeficiente de digestibilidade aparente (CDA) dos nutrientes foi determinado por meio da seguinte fórmula, de acordo com Cho & Slinger (1979) e Oliveira-Filho & Fracalossi (2006):

$$CDA\% = 100 - \left[100 \times \left(\frac{\% \text{ marcador na dieta}}{\% \text{ marcador nas fezes}} \times \frac{\% \text{ nutriente nas fe.}}{\% \text{ nutriente da die}} \right) \right]$$

As análises de composição das rações e das fezes seguiram as normas da AOAC (1999) e a análise de óxido de cromo, a metodologia proposta por Bremer Neto et al. (2003).

Digestibilidade de Rações Comerciais para o Catfish

Este experimento objetivou comparar a digestibilidade aparente da energia, proteína e matéria seca de rações comerciais para o *catfish*. Foram testadas quatro rações de crescimento, com 28% de proteína bruta. Para cada empresa fabricante, foi solicitada a doação de um saco da referida ração. A partir da embalagem e código do produto, adquiriu-se, no mercado local, a mesma ração, porém de lote distinto daquele fornecido pelo fabricante. Cada ração foi fornecida a três grupos de 15 juvenis de *catfish* com peso médio de 113 ± 19 g por unidade experimental de 120 L. A metodologia de coleta de fezes foi a mesma do experimento de lixiviação, sendo a coleta feita somente a cada 6 h. A alimentação foi restrita a 3,5 % da biomassa, de acordo com a temperatura e tamanho dos peixes (Lovell, 1998). A qualidade de água manteve-se dentro de padrões aceitáveis para o *catfish* (temperatura: $29,5 \pm 0,4$ °C; pH: $7,5 \pm 0,1$; oxigênio dissolvido: $5,6 \pm 0,6$ mg/L e amônia total <0,25 ppm), conforme Boyd (1990). A temperatura foi mantida próxima àquela utilizada no experimento do tempo de passagem. As análises de óxido de cromo e composição centesimal nas fezes e nas rações (Tabela 1) foram realizadas conforme descrito para o experimento anterior.

As rações comerciais foram moídas e peneiradas (600 µm) e o óxido de cromo (0,5%) incorporado à ração em misturador em "Y" (Tecnal, Te – 201/05). Esta mistura recebeu 30% de água morna, foi peletizada em matriz de 5 mm e seca por 12 h a 55 °C.

Tabela 1. Composição centesimal das rações (base seca).

| Rações Comerciais | Proteína Bruta | Cinzas | Extrato Etéreo | Matéria Seca | Extrativo Não Nitrogenado | Fibra Bruta | Energia Bruta |
|-------------------|----------------|--------|----------------|--------------|---------------------------|-------------|---------------|
| | % | | | | | | kca/kg |
| A | 28,4 | 15,5 | 9,1 | 94,1 | 39,7 | 7,3 | 4101 |
| B | 31,2 | 8,5 | 6,6 | 94,3 | 46,7 | 7,0 | 4292 |
| C | 31,4 | 9,4 | 7,1 | 92,8 | 44,5 | 7,6 | 4298 |
| D | 30,9 | 10,0 | 6,4 | 94,0 | 45,3 | 7,4 | 4254 |

Análise Estatística

Os dados dos experimentos de densidade, intervalo entre coletas e digestibilidade das rações comerciais foram submetidos à análise de variância e teste de Tukey (5%) para comparação de médias, quando necessário. O delineamento foi de blocos ao acaso, sendo o bloco representado pelos diferentes períodos de coleta. Para o experimento de densidade, onde a coleta se deu em dias seguidos, também foi feita uma simples regressão da quantidade de fezes produzidas por todas as unidades experimentais com o passar dos dias para avaliar se os peixes sofriam influência do manejo.

Resultados e Discussão

Determinação da Densidade nos Tanques de Coletas de Fezes

A produção média de fezes por peixe foi de $0,44 \pm 0,15$ g; $0,57 \pm 0,04$ g e $0,61 \pm 0,09$ g nas densidades 10, 15 e 20 peixes por gaiola de 98 L, respectivamente, mas estes valores não diferiram significativamente ($P > 0,05$). Foi constatado que os peixes na menor densidade ficavam mais agitados com a presença do alimentador e só se alimentavam quando a ração chegava ao fundo, enquanto que, nas demais densidades, os peixes ingeriam a ração logo que esta caía na água. Portanto, as densidades de 15 e 20 peixes permitiram a coleta de quantidades semelhantes e satisfatórias de fezes em seis dias. Como as coletas foram realizadas em dias seguidos, observou-se que a produção de fezes ia reduzindo com o decorrer dos dias (Figura 1). O manejo diário provavelmente afetou a quantidade de alimento digerido. Logo, para os experimentos seguintes, a coleta foi feita a cada três dias, que era o tempo necessário para que os peixes voltassem a se alimentar na mesma intensidade da primeira coleta.

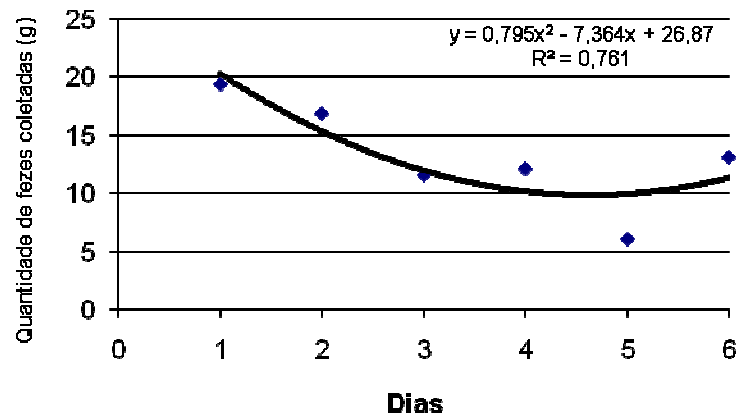


Figura 1. Regressão da quantidade de fezes coletadas ao longo dos dias de coletas, utilizando a soma das fezes de todos os tratamentos.

Determinação do Tempo de Trânsito do Alimento

Para os peixes com peso médio de 95,7 g, o tempo desde a ingestão do alimento até a excreção das fezes foi de 11,5 h, sendo que, 12,5 h após a primeira alimentação e 13 h após a segunda alimentação, foram observados picos de produção de fezes (Figura 2). Já nos peixes com média de peso de 171,6 g, o tempo mínimo de passagem foi de 10,5 h, sendo os picos de produção de fezes às 11,5 h e 14 h após a primeira e segunda alimentação, respectivamente.

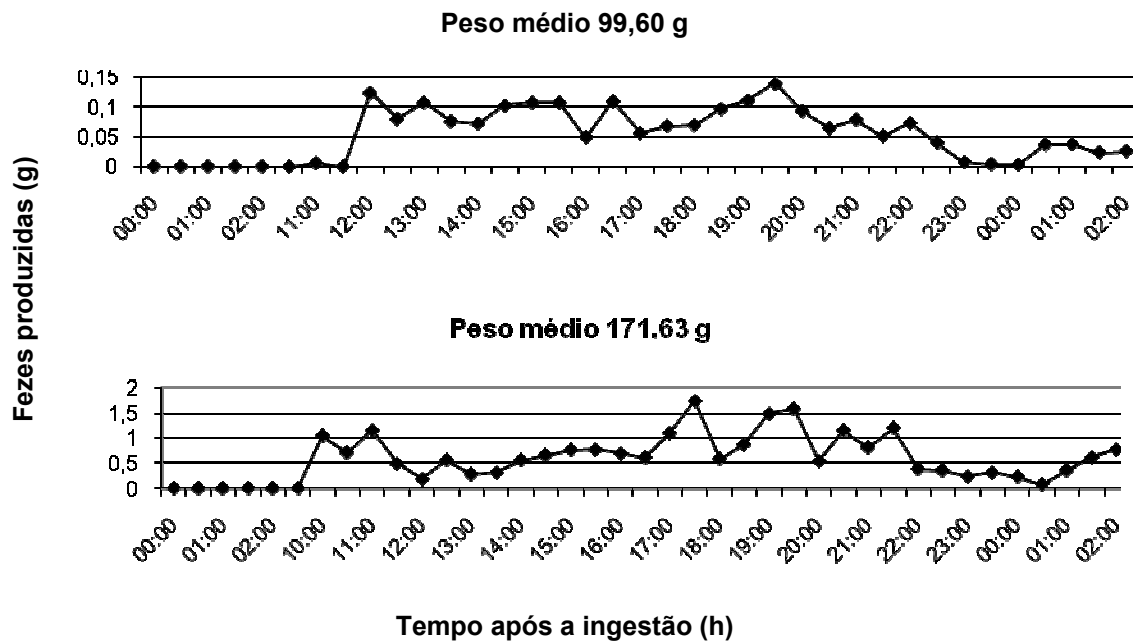


Figura 2. Tempo de passagem do alimento pelo trato digestório em peixes com peso médio de 99,6 g e 171,63 g.

Desta forma, ficou estabelecido que, a uma temperatura da água de 28,7 °C, o período de coleta de fezes pode iniciar de 8 a 10 h após a primeira alimentação, pois nesse período é excretada a porção final das fezes do dia anterior. Ressalta-se que foram feitas apenas duas alimentações diárias com intervalo de 6 h. As alterações dessas relações podem resultar em tempos de passagem

diferentes. Logo, os experimentos seguintes seguiram o mesmo manejo de alimentação e a temperatura da água foi mantida semelhante. Foi relatado um aumento na taxa de passagem do alimento pelo trato digestório para o *catfish*, a partir de 26 °C (NRC, 1993), mas este não resultou em aumento no coeficiente de digestibilidade aparente dos nutrientes.

Intervalo Entre as Coletas Parceladas de Fezes

Considerando-se os intervalos de 1, 6 e 12 h entre as coletas de fezes, houve diferença significativa apenas para o coeficiente de digestibilidade aparente para a proteína bruta, entre o intervalo de 12 h em relação ao de 1 h (Figura 3). Desta forma o intervalo máximo entre as coletas deverá ser de 6 h.

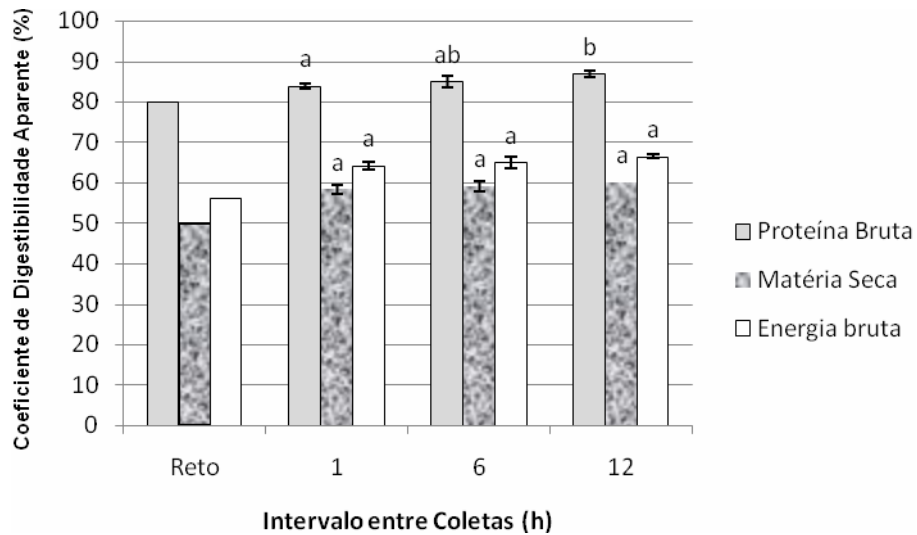


Figura 3. Coeficiente de digestibilidade aparente em fezes coletadas no reto do peixe ou coletadas por sedimentação com intervalos de 1 h, 6 h ou 12 h entre as coletas. Letras diferentes dentro de colunas de mesma coloração expressam diferenças significativas a um nível de significância de 5%.

Parte dos nutrientes das fezes é perdida com o passar do tempo de exposição destas à água, sendo que a maior perda acontece na primeira hora de exposição. Entretanto, a coleta de fezes diretamente no reto, antes da evacuação, também apresenta desvantagens, pois a contaminação com constituintes endógenos, como muco e produtos orgânicos digestíveis pode subestimar o coeficiente de digestibilidade aparente (Pezzato et al., 2002). A coleta no reto ou na porção distal do intestino assume que as fezes já teriam sido totalmente digeridas e a única causa da subestimativa seria a contaminação. No entanto, a revisão feita por Mclean et al. (1999), demonstra, através do uso de marcadores, que há absorção de proteínas e peptídeos no intestino posterior e no reto de diversas famílias de peixe (Triakidae, Cyprinidae, Gobiidae, Gadidae, Cichlidae, Salmonidae, Serranidae, Clariidae) e relata que a causa provável dessa função é o controle de efeitos fisiológicos relativos à reprodução, crescimento e imunidade. Logo, a coleta das fezes no reto ou na porção distal do intestino é fonte de sub-estimativa do coeficiente de digestibilidade aparente. No *catfish*, a existência de um esfíncter antes do início do reto, auxilia na identificação do correto local de amostragem das

fezes (Grizzle & Rogers, 1976). Entretanto, no presente estudo, mesmo com esta facilidade, constatou-se um baixo coeficiente de digestibilidade aparente nas fezes ali coletadas (Figura 3). Provavelmente isto se deva à presença de células intestinais e muco (glicoproteínas produzidas por células caliciformes) e nutrientes ainda absorvíveis, os quais subestimaram a digestibilidade dos nutrientes. Adicionalmente, uma possível contaminação das fezes por gordura visceral e sangue no momento da dissecação, não pode ser descartada. Outro problema inerente à técnica de dissecação é a pouca quantidade de fezes obtida por peixe, devido ao pequeno tamanho do reto do *catfish*. Foram necessários 100 peixes com média de 100 g para a obtenção de somente 8 g de fezes secas. Esta desvantagem também foi relatada por Abimorad & Carneiro (2004), em estudo semelhante com pacu (*Piaractus mesopotamicus*).

Não houve diferença entre os métodos de coleta de fezes por dissecação ou por extrusão manual e sedimentação (método de Guelph) para o coeficiente de digestibilidade aparente da proteína bruta, até 8 h de exposição das fezes à água, para juvenis de pacu (Abimorad & Carneiro, 2004), o que difere dos resultados observados no presente estudo. No entanto, as fezes foram coletadas no reto, secas e expostas à água em béquer de 40 mL naquele estudo, enquanto que, no presente estudo, as fezes permaneceram no tanque de coleta, sujeitas aos movimentos dos peixes, na situação real na qual permanecem até sua coleta, o que pode promover uma maior lixiviação dos nutrientes.

Digestibilidade de Rações Comerciais para o Catfish

Após os ensaios experimentais para determinação do tempo de passagem, melhor densidade nos tanques de coleta e intervalo possível entre as coletas, foram determinados os coeficientes de digestibilidade aparente de quatro rações comerciais para o *catfish*. O coeficiente de digestibilidade aparente da proteína bruta da ração D (76,5 %) foi inferior aquele apresentado pelas demais. Já o coeficiente de digestibilidade aparente da energia bruta da ração A (72,8 %) foi significativamente mais elevado que o das rações C (66,5 %) e D (66,1 %), mas não diferiu daquele apresentado pela ração B (68,5%) (Figura 4). No entanto, como as rações não possuíam a mesma composição centesimal, calculou-se a % digestível do nutriente para cada ração $[(CDA \times \% \text{nutriente na ração})/100]$, o que possibilita a comparação entre a quantidade do nutriente digerida por quilograma de cada ração com a exigência nutricional do *catfish* (exceto para matéria seca que já expressa a percentagem digestível). Na Tabela 2, observa-se que a diferença na digestibilidade dos nutrientes entre as rações não coincidiu com a quantidade de proteína digestível, devido às diferentes composições centesimais das rações. Logo, uma maior digestibilidade não significou um maior atendimento às exigências.

Estudos realizados em viveiros com *catfish* americano indicam que a concentração protéica digestível ótima na ração para crescimento, rendimento no processamento e composição corporal é de aproximadamente 28% (NRC, 1993). Com uma concentração de 24% de proteína bruta os peixes apresentam um ótimo crescimento, quando alimentados até a saciedade, mas tendem a acumular gordura corporal quando comparados aos alimentados com rações contendo 28 e 32 % de proteína bruta, principalmente pelas relações energia/proteína destas rações serem mais altas (Li et al; 2004).

Deve-se considerar ainda que rações com 32 a 36% de proteína bruta proporcionam um máximo de crescimento com alimentação restrita (NRC, 1993). A Tabela 2 sumariza a relação energia digestível/proteína digestível das rações comerciais testadas. Observa-se que esta relação é maior nas rações A e D, e que poderia resultar em acúmulo de gordura na carcaça.

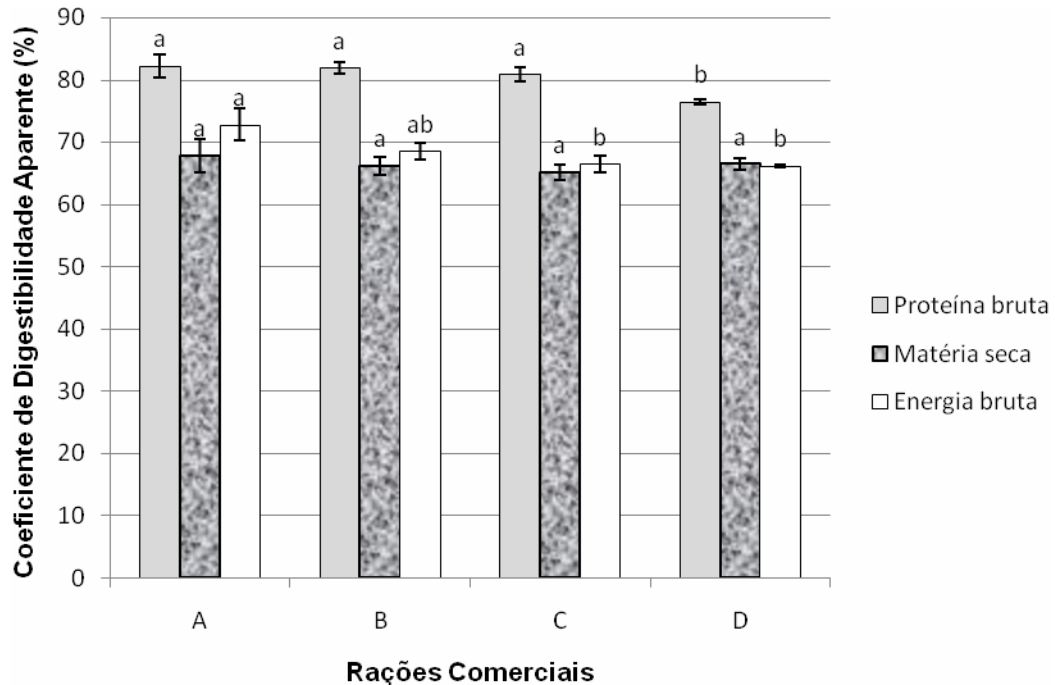


Figura 4. Coeficiente de digestibilidade aparente para proteína, energia e matéria seca de rações comerciais para *catfish*, produzidas por quatro fabricantes. Letras diferentes dentro de colunas de mesma coloração expressam diferenças significativas a um nível de significância de 5%.

Tabela 2. Fração digestível dos nutrientes nas rações comerciais para *catfish*.

| Ração Comercial | Proteína Digestível (PD) | Matéria Seca Digestível (%) | Energia Digestível (ED) | ED/PD |
|-----------------|--------------------------|-----------------------------|-------------------------|-------|
| A | 23,3 b | 67,8 a | 2.985 a | 12,8 |
| B | 25,6 a | 67,8 a | 2.940 a | 11,5 |
| C | 25,4 a | 65,1 a | 2.858 a | 11,3 |
| D | 23,7 b | 66,5 a | 2.812 a | 11,9 |

^{a,b} Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa ($P < 0,05$)

É comum o uso de valores tabelados de composição centesimal dos ingredientes para a formulação de rações para peixes, porque os dados sobre a fração digestível dos nutrientes são escassos. Entretanto, há diferenças marcantes na composição dos ingredientes, dependendo de sua procedência. Desta forma, recomenda-se que a digestibilidade dos ingredientes que compõem as rações comerciais, bem como a digestibilidade das próprias formulações comerciais sejam periodicamente analisadas.

Literatura Citada

- 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.
- ASSOCIATION of OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official Methods of Analysis of AOAC**, Washington, DC 1999, Patricia Cunniff (editora). 16 ed., 1141pp.
- BELAL, I. E. H. A review of some fish nutrition methodologies. **Biosource Technology** 96, 395-402, 2005.
- BOYD, C. **Water Quality in Ponds for Aquaculture**. London: Birmingham Publishing, 1990, 482 p.
- BREMER NETO, H., GRANER, C.A.F., PEZZATO, L.E., PADOVANI, C.R., CANTELMO, O.A. Diminuição do teor de óxido de cromo (III) usado como marcador externo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, p.249-255, 2003.
- CHO C.Y.; SLINGER S.J. Apparent digestibility measurement in feedstuffs for rainbow trout. In: **Fish Nutrition and Fishfeed Technology**, Vol.2 (ed. by J.E. Halver & K. Tiews), pp. 239-247. Heinemann, Berlin, Germany, 1979.
- GRIZZLE, J. M. & ROGERS, W. A.; *Anatomy & Histology of the Channel Catfish*, Auburn University, Agricultural Experiment Station, Alabama, USA, 1976, 94 pp.
- LI, M. H., ROBINSON, E. H., MANNING, B. B. **Nutrition em Biology and Culture of Channel Catfish**. 279-323p. 2004.
- LOVELL, R. T. **Nutrition and Feeding of Fish**. 2ª Ed. pp. 267, 1998.
- MCLEAN E.; RØNSHOLDT, B.; STEN, C.; NAJAMUDDIN, A. Gastrointestinal delivery of peptide and protein drugs to aquacultured teleosts. **Aquaculture**, 177:231–247, 1999.
- NATIONAL AGRICULTURAL STATISTICS SERVICE (NASS). **Agricultural Statistics Board – Catfish Production**. Department of Agriculture U.S., July, 2008.
- NRC, National Research Council. **Nutrient Requirements of Warmwater Fishes**. National Academy Press, Washington, 114p. 1993.
- OLIVEIRA-FILHO, P.R.C.; FRACALLOSSI, D.M. Coeficientes de digestibilidade aparente de ingredientes para juvenis de jundiá. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.4, p.1581-1587, 2006.
- PEZZATO, L.E., MIRANDA, E. C., FURUYA, W. M., PINTO, L. G. Q., BARROS, M.M., ROSA, G. J. M. Diâmetro do ingrediente e a digestibilidade aparente de rações por duas espécies de peixes tropicais. **Acta Scientiarum**, Maringá, v.24, n. 4, p. 901-907, 2002.

CAPÍTULO II
**Subprodutos protéicos de origem animal e vegetal como ingredientes para *catfish*,
*Ictalurus punctatus***

**Subprodutos protéicos de origem animal e vegetal como ingredientes para *catfish*,
*Ictalurus punctatus***

Renato Eiji Kitagima, Débora Machado Fracalossi*

Departamento de Aqüicultura, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina
Rodovia Admar Gonzaga, 1346 88034-001 Florianópolis, SC

*Autor correspondente. 55-48-3389-5216 Endereço eletrônico: deboraf@cca.ufsc.br

Resumo

Com o aumento da produção de *catfish* americano, *Ictalurus punctatus*, no Brasil, surge a necessidade de avaliar os coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) dos ingredientes disponíveis para fabricação das rações. Desta forma, foram determinados os CDAs da matéria seca (MS), proteína bruta (PB), energia bruta (EB) e aminoácidos (AA) de 7 subprodutos protéicos: farinha de resíduo de camarão e peixe (RCP), farinha de resíduo de peixe (RPE), farinha de penas hidrolisadas (FPH), farelo de canola (FCN), farelo de soja, farinha de vísceras de frango (FVF) e farelo de glúten de milho (FGM). Foram utilizadas dietas experimentais contendo 30% do ingrediente teste e 69,5% de uma dieta basal, composta por ingredientes semi-purificados, e 0,5% de óxido de cromo. Os peixes ($102,45 \pm 12,1$ g) foram mantidos a uma temperatura de $28,7 \pm 1,2$ °C em tanques de 120 L e alimentados duas vezes ao dia com o equivalente a 3,5% do peso vivo. Diariamente, às 0 e 6 h, as fezes eram coletadas por sedimentação, em tubos de 50 mL, secas a 50 °C e congeladas a -20 °C para posterior análise. O CDAs da MS para RCP e FGM foram significativamente menores ($P < 0,05$) (59,9% e 39,3%, respectivamente) que para os outros ingredientes, sendo pouco aconselhados como fontes protéicas para o *catfish*. A lisina foi o AA limitante em todos os ingredientes, exceto para RPE e FVF. A FPH apresentou um perfil de AA desbalanceado em relação às exigências do *catfish*, sendo limitante também em histidina. O FCN apresentou alto CDA para a PB (91,7%), mas necessita suplementação de lisina. Dentre os ingredientes protéicos avaliados, a RPE e FVF foram os únicos capazes de suprir às exigências em aminoácidos para o *catfish* em crescimento (28% proteína digestível). Entretanto, estes resíduos possuem alta concentração de fósforo e devem ser utilizados com cautela.

Palavras-chave: Digestibilidade, Subproduto, Resíduo, Aminoácidos, Catfish

Abreviações: AA, aminoácidos; CDA, coeficiente de digestibilidade aparente; DT, dieta teste; EB, energia bruta; FCN, farelo de canola; MS, matéria seca; FPH, farinha de penas; FCP, farinha de resíduo de camarão e peixe; RPE, farinha de resíduo de peixe; FVF, farinha de vísceras de frango; PB, proteína bruta; FGM, farelo de glúten de milho; RR, ração referência;

1. Introdução

O *catfish* americano, *Ictalurus punctatus*, criado comercialmente principalmente nos Estados Unidos, é uma espécie de água doce amplamente estudada e com importância econômica (Hargreaves e Tucker, 2004). Em 2007, somente nos Estados Unidos foram processadas 225.296 t (NASS, 2008). Há, ainda, uma crescente produção de *Ictalurus* sp. na China, que exportou 5.326 t para o mercado americano, em 2006 (USDA, 2007). No Brasil, o maior produtor é o estado de Santa Catarina, com produção anual crescente, chegando a 785 t em 2006 (EPAGRI, 2008). Esse aumento se deve à excelente adaptação da espécie ao clima da região sul do Brasil, bem como ao cultivo semi-intensivo, em tanques de terra. No entanto, apesar da existência de rações comerciais no Brasil para o *catfish*, ainda não há dados sobre a biodisponibilidade de nutrientes nos ingredientes disponíveis no país. A análise da composição em aminoácidos de quatro rações comerciais brasileiras (Capítulo I) revelou deficiências em relação às exigências para crescimento do *catfish*. Logo, apesar das rações comerciais atingirem os níveis de garantia para proteína bruta (Capítulo I), o desconhecimento da digestibilidade dos aminoácidos nos ingredientes que as compõem, pode levar à deficiência em alguns aminoácidos essenciais e conseqüente prejuízo no crescimento dos peixes.

Ainda, a necessidade atual da substituição da farinha de peixe por ingredientes protéicos alternativos, além da necessidade de diminuição na excreção de fósforo para o ambiente (Lall, 1991), justificam o estudo da digestibilidade de aminoácidos em ingredientes protéicos alternativos. Segundo Tacon e Metian (2008), em 2006 foram produzidas 22.734.000 t de ração pelos 36 principais países produtores em aquicultura, sendo que a inclusão de farinha de peixe nas rações de camarões marinhos chega a 40% e até 70% para peixes marinhos. Esta demanda é crescente devido ao aumento significativo anual da aquicultura que cresceu 8,5% ao ano de 1950 a 2006 (FAO, 2008). Entretanto, a alta inclusão de farinha de peixes em rações é uma prática sem sustentabilidade em longo prazo, devido à estabilização ou diminuição dos estoques de pequenos peixes pelágicos utilizados na fabricação de farinha. Portanto, a utilização de ingredientes e subprodutos protéicos alternativos, assim como a melhoria na qualidade destes é indispensável à sustentabilidade da aquicultura.

O presente estudo objetiva determinar o coeficiente de digestibilidade aparente da matéria seca, energia bruta, proteína bruta e aminoácidos totais de sete ingredientes protéicos (farelo de soja, farelo de canola, farelo de glúten de milho, farinha de vísceras de frango, farinha de resíduo de processamento de peixes, farinha de resíduo de processamento de camarões e peixes, farinha de penas de frango hidrolisada) e indicar possíveis usos destes ingredientes na formulação de ração para o *catfish* americano.

2. Materiais e Métodos

Para a determinação da digestibilidade, foram testados sete ingredientes protéicos e uma ração basal como referência. A ração basal (Tabela 1), contendo ingredientes semi-purificados, foi formulada para atender às exigências nutricionais do *catfish* com base nas recomendações de NRC (1993) e de Li et al. (2004).

Tabela 1. Composição da ração basal.

| Ingredientes | Quantidade (%) |
|---|----------------|
| Caseína em pó ¹ | 30,83 |
| Gelatina em pó ¹ | 8,00 |
| Dextrina ¹ | 19,75 |
| Celulose microfina ¹ | 25,00 |
| Carboximetilcelulose ² | 2,00 |
| Óleo de soja ³ | 5,81 |
| Óleo de fígado de bacalhau ⁴ | 0,34 |
| Premix macromineral ⁵ | 6,00 |
| Premix vitamínico e micromineral ⁶ | 1,76 |
| Óxido de crômio ² | 0,50 |

¹ Rhoister Indústria e Comércio Ltda (São Paulo, Brasil).

² Casa da Química Indústria e Comércio Ltda (São Paulo, Brasil).

³ Bunge Alimentos (Brasil).

⁴ Delaware Ltda (Porto Alegre, Brasil).

⁵ Fosfato bicálcico 454 g, Sulfato de potássio 297 g, Cloreto de sódio 174 g, Sulfato de magnésio 75 g.

⁶ Nutron Alimentos (São Paulo, Brasil), composição /kg de produto: Ácido fólico 250 mg, Ácido pantotênico 5.000 mg, Antioxidante 0,6 g, Biotina 125 mg, Cobalto 25 mg, Cobre 2.000 mg, Colina 75.000 mg, Ferro 13.820 mg, Iodo 100 mg, Manganês 3.750 mg, Niacina 5000 mg, Selênio 75 mg, Vit. A 1.000.000 UI, Vitamina B1 1250 mg, Vit. B12 3.750 MCG, Vit. B2 2.500 mg, Vit. B6 1.785 mg, Vit. C 42.000 mg, Vit. D3 500.000 UI, Vit. E 20.000 UI, Vit. K 35.000 mg, Zinco 17.500 mg.

As dietas experimentais continham 69,5% da ração basal, 30% dos ingredientes teste (Cho e Slinger, 1979; Köprücü e Özdemir, 2005; Tibbetts et al. 2006) e 0,5% de óxido de crômio (marcador externo). Os ingredientes utilizados foram a farinha de resíduos de processamento de peixes, farinha de vísceras de frango, farelo de soja, farinha de penas hidrolisadas, farelo de canola, farinha de resíduos do processamento de camarões e peixes e o farelo de glúten de milho, cuja composição centesimal e em aminoácidos estão sumarizadas nas Tabelas 2 e 3, respectivamente.

Todos os ingredientes práticos foram moídos e peneirados (malha de 600 µm), antes da mistura em misturador em “Y” por 30 min. O óxido de crômio foi previamente misturado à caseína para facilitar sua homogeneização na dieta. Foram então adicionados os óleos e 40% de água. Esta mistura foi peletizada em matriz de 5 mm e seca por 12 h a uma temperatura de 55 °C.

Grupos de 20 juvenis de *catfish*, com peso médio de 102,45 ± 12,1 g, foram mantidos em tanques cilindro-cônicos de 200 L e alimentados diariamente com as dietas experimentais às 10 h e às 16 h por uma semana. A taxa de alimentação (3,5% do peso vivo) seguiu às recomendações para o peso da espécie e temperatura da água (28,7° ± 1,2°C) (Lovell, 1989). Após este período de aclimação às dietas experimentais, foi iniciada a coleta de fezes. Diariamente, antes da coleta de fezes, as paredes internas dos tanques eram rigorosamente limpas e 70 % da água substituída, para evitar qualquer contaminação nas fezes. A coleta de fezes iniciava às 18 h, com a colocação dos tubos de coleta (50 mL) nos tanques e terminava às 6 h do dia seguinte. Eram realizadas duas coletas por período, em intervalo de 6 h. Durante o período de coleta, os tubos

ficavam imersos em gelo para evitar degradação das fezes por ação bacteriana. As fezes resultantes das coletas eram centrifugadas a 2,296 x g por 10 min e o líquido sobrenadante descartado. O pélete de fezes resultante era seco a 50 °C e armazenado a -20 °C para posterior análise.

Tabela 2. Composição centesimal dos ingredientes utilizados (expressa na matéria seca).

| Ingrediente | Matéria Seca | Proteína Bruta | Cinzas | Extrato Etéreo | Fibra Detergente Ácido | Fósforo Total | Energia Bruta |
|--|-----------------|----------------|--------|----------------|------------------------|---------------|---------------|
| | % | | | | | | kcal/kg |
| Farinha de penas hidrolisadas ² | 92,96 | 78,1 | 5,4 | 5,6 | na | 0,6 | 5143 |
| Farinha vísceras de frango ² | 94,69 | 61,3 | 20,0 | 13,0 | na | 3,4 | 4650 |
| Farinha resíduo de peixe ² | 94,91 | 51,4 | 26,0 | 15,7 | na | 4,1 | 4298 |
| Farinha resíduo camarão e peixe ² | 92,92 | 35,3 | 42,0 | 6,8 | na | 3,2 | 3025 |
| Farelo de soja ³ | 87,01 | 49,9 | 7,5 | 3,6 | 5,8 | 0,66 | 4202 |
| Farelo de canola ⁴ | 88,06 | 43,5 | 6,8 | 5,0 | 11,0 | 1,1 | 4274 |
| Farelo de glúten de milho ⁵ | 87,72 | 24,1 | 8,4 | 5,6 | 11,4 | na | 4092 |
| Dextrina para peixes ⁶ | 98,47 | na | 0,08 | na | na | na | 5344 |
| Celulose microfina ⁶ | 98,48 | na | 0,1 | na | 100,0 | na | 3954 |
| Caseína ⁶ | 88,00 | 87,1 | 5,3 | 0,06 | na | na | 5000 |
| Gelatina em pó ⁶ | 88,89 | 100,0 | 1,5 | 0,3 | na | na | 4517 |
| Carboximetil celulose ⁷ | na ¹ | na | na | na | na | na | 3258 |
| Óleo de fígado de bacalhau ⁸ | na | na | na | na | na | na | 9371 |
| Óleo de soja ⁹ | na | na | na | na | na | na | 9333 |

¹ na = não analisado.

² Nicoluzzi Rações Ltda (Penha, Brasil).

³ COOPAVEL Cooperativa Agroindustrial (Paraná, Brasil).

⁴ Cermel Comercial Ltda (Rio Grande do Sul, Brasil).

⁵ Corn Products do Brasil Ingredientes Industriais Ltda (Paraná, Brasil).

⁶ Rhoster Indústria e Comércio Ltda (São Paulo, Brasil).

⁷ Casa da Química Indústria e Comércio Ltda (São Paulo, Brasil).

⁸ Delaware Ltda (Porto Alegre, Brasil).

⁹ Bunge Alimentos (Brasil).

A composição centesimal dos ingredientes e das rações experimentais foi determinada para matéria seca, fibra bruta, energia bruta, proteína bruta (6,25 x N), fósforo total e matéria mineral, conforme metodologia descrita pela *Association of Official Analytical Chemists* (AOAC, 1999). Nas fezes, foram realizadas as análises de energia bruta, proteína bruta e matéria seca, seguindo a mesma metodologia empregada para a análise das dietas. Ainda, a concentração de óxido de crômio (marcador externo) foi analisada nas rações e nas fezes, seguindo metodologia descrita por Bremer Neto et al. (2003). A análise de aminoácidos totais nas dietas e nas fezes foi realizada por hidrólise com ácido clorídrico 6 N, durante 24 h. Os aminoácidos liberados na hidrólise ácida reagiram com fenilsotilcianato (PITC) e foram separados por cromatografia líquida de alto desempenho (HPLC), em fase reversa, e detectados por U.V. a 254 nm. A quantificação foi feita por calibração interna multi-nível, com auxílio do ácido α -aminobutírico como padrão interno.

Tabela 3. Composição de aminoácidos dos ingredientes utilizados.

| Aminoácido | Farinha Penas Hidrolisadas | Farinha Visceras Frango | Farinha Resíduo Peixe | Farelo Soja | Farelo Canola | Farinha Resíduo Camarão e Peixe | Farelo Glúten Milho | Caseína | Gelatina |
|-----------------------|----------------------------|-------------------------|-----------------------|--------------|---------------|---------------------------------|---------------------|--------------|--------------|
| % | | | | | | | | | |
| <i>Essenciais</i> | | | | | | | | | |
| Arginina | 5,74 | 4,15 | 3,46 | 3,38 | 2,29 | 2,36 | 1,02 | 2,61 | 7,61 |
| Histidina | 0,70 | 1,33 | 1,14 | 1,19 | 0,94 | 0,97 | 0,60 | 2,83 | 1,15 |
| Isoleucina | 4,07 | 2,00 | 1,89 | 2,11 | 1,50 | 1,53 | 0,66 | 4,02 | 1,16 |
| Leucina | 6,45 | 3,79 | 3,68 | 3,52 | 2,58 | 2,62 | 1,69 | 8,33 | 2,63 |
| Lisina | 1,92 | 3,45 | 3,99 | 2,88 | 1,70 | 1,73 | 0,70 | 8,04 | 4,18 |
| Metionina + Cistina | 4,45 | 1,77 | 1,90 | 1,30 | 0,97 | 1,70 | 0,78 | 4,65 | 0,96 |
| Fenilalanina | 3,71 | 2,04 | 1,96 | 2,37 | 1,45 | 1,46 | 0,68 | 4,14 | 1,65 |
| Tirosina | 2,44 | 1,84 | 1,42 | 1,69 | 1,12 | 1,12 | 0,50 | 4,85 | 0,42 |
| Treonina | 4,30 | 2,03 | 2,15 | 1,82 | 1,50 | 1,53 | 0,85 | 3,72 | 1,37 |
| Valina | 5,36 | 2,49 | 2,41 | 2,17 | 2,10 | 2,10 | 1,01 | 5,05 | 1,96 |
| <i>Não-Essenciais</i> | | | | | | | | | |
| Ácido Aspártico | 5,71 | 4,30 | 4,24 | 5,37 | 2,61 | 2,61 | 1,34 | 5,33 | 4,17 |
| Ácido Glutâmico | 9,54 | 8,02 | 7,06 | 8,89 | 7,05 | 6,76 | 3,53 | 18,86 | 9,35 |
| Serina | 7,94 | 2,22 | 2,18 | 2,61 | 1,59 | 1,62 | 0,96 | 4,48 | 2,73 |
| Glicina | 5,75 | 6,16 | 6,31 | 1,97 | 1,87 | 1,88 | 0,89 | 1,52 | 20,05 |
| Alanina | 3,82 | 4,17 | 4,21 | 2,07 | 1,76 | 1,70 | 1,35 | 2,67 | 8,86 |
| Prolina | 8,18 | 3,75 | 3,63 | 2,39 | 2,38 | 2,38 | 2,28 | 8,75 | 13,22 |
| <i>Somatório</i> | <i>80,08</i> | <i>53,51</i> | <i>51,63</i> | <i>45,73</i> | <i>33,41</i> | <i>34,07</i> | <i>18,84</i> | <i>89,85</i> | <i>81,47</i> |

¹ O aminoácido essencial triptofano não é detectado na análise; ver texto para maiores detalhes.

Os coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) da proteína bruta, energia bruta, aminoácidos totais e matéria seca foram calculados segundo as seguintes fórmulas:

Para a matéria seca (Belal, 2005):

$$CDA\% = 100 - \left(\frac{100 \times \% \text{ indicador na ra}}{\% \text{ indicador nas fezes}} \right)$$

Para os nutrientes (Nose, 1960; Oliveira Filho e Fracalossi, 2006)

$$CDA\% = 100 - \left[100 \times \left(\frac{\% \text{ marcador na dieta}}{\% \text{ marcador nas fezes}} \times \frac{\% \text{ nutriente nas fe}}{\% \text{ nutriente da die}} \right) \right]$$

Para os ingredientes (Tibbetts et al., 2006):

$$CDA\% = \left[\frac{((\alpha + b) \times CDA\%_{DT} - (\alpha) \times CDA\%_{RR})}{b} \right]$$

Onde: $a = 0,7 \times$ porcentagem de nutriente na dieta basal
 $b = 0,3 \times$ porcentagem de nutriente no ingrediente
 $DT =$ dieta teste (ração basal 70% e 30% ingrediente teste)
 $RR =$ ração referência (ração basal)

Os CDAs das três repetições no tempo de cada ingrediente foram submetidos à análise de variância, em delineamento em blocos casualizados. Quando houve diferença significativa, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey, utilizando-se um nível de significância de 5%.

3. Resultados e Discussão

Os ingredientes testados afetaram significativamente o CDA dos nutrientes e da energia foram ($P < 0,05$) (Figura 1).

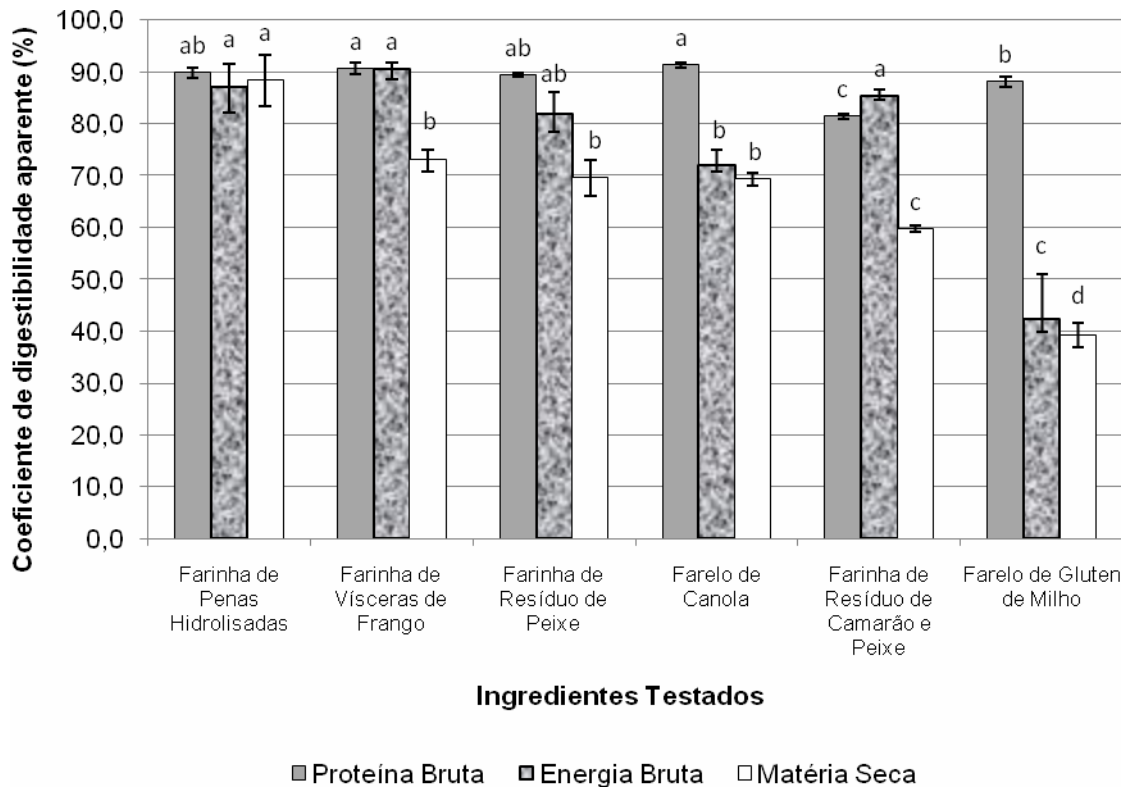


Figura 1. Coeficiente de digestibilidade aparente da proteína bruta, energia bruta e matéria seca dos ingredientes testados.

Os mais altos CDAs para a proteína foram obtidos com o farelo de canola (91,7%) e com a farinha de vísceras de frango (90,6%) e, o mais baixo, com a farinha de resíduo de camarão e peixe (81,4%). Já a farinha de resíduo de peixe (89,5%), farinha de penas hidrolisadas (89,8%) e o farelo de glúten de milho (88,1%) apresentaram CDAs intermediários para proteína (Figura 1). Em outro estudo com o *catfish*, foram relatados valores inferiores de CDA para a proteína bruta da farinha de vísceras de frango (65,00%) (Brown *et al*; 1985) e da farinha de penas hidrolisadas (74,00%) (Cruz, 1975). Já, para a também onívora tilápia-do-nylo (*Oreochromis niloticus*), foram relatados valores inferiores de CDA para proteína bruta da farinha de vísceras de frango (87,24%), farelo de canola (87,00%) e farinha de peixe, (78,55%), mas superiores para o farelo de glúten de milho (89,88%) (Pezzato et al; 2002).

O cálculo dos CDAs para o farelo de soja não foram incluídos na Figura 1, pois este ingrediente causou diarreia nos peixes, o que impediu a coleta adequada das fezes, as quais praticamente se diluíam na água. Para este ingrediente, houve uma redução de aproximadamente 90% na quantidade de fezes obtida no tubo coletor e o valor do CDA para proteína ficou, portanto, superestimado (97,01%). Apesar disso, os peixes apresentaram um consumo de ração satisfatório, ou seja, a inclusão de 30% de farelo de soja não alterou o apetite dos peixes. Foi realizado teste de atividade ureática neste ingrediente para estimar a ação de inibidores de tripsina e outros fatores antinutricionais instáveis ao calor, que poderiam ter ocasionado a diarreia. A atividade da enzima urease é determinada qualitativamente pela conversão da uréia a amoníaco, em presença do indicador vermelho de fenol. A análise mede a elevação do pH da solução contendo uréia, pela ação enzimática da urease presente no farelo. Entretanto, a baixa atividade ureática encontrada (0,03) não confirmou esta hipótese. As amostras estavam dentro da faixa considerada adequada (0,03 a 0,20). Outra possível explicação para a diarreia apresentada pelos peixes alimentados com o farelo de soja seria seu alto nível de inclusão (30% na ração teste), que poderia causar enterite no animal, tal como relatado em salmão-do-pacífico, *Salmo salar* (Uran *et al*; 2008). Entretanto, segundo Robinson *et al*; (2001), níveis de inclusão de 50% de farelo de soja em rações comerciais para *catfish* não são incomuns. Robinson e Li (1994) não obtiveram diferença no crescimento em viveiros de terra com substituição total da farinha de peixe na ração por soja e farelo de caroço de algodão. Cabe salientar que os peixes alimentados com farelo de canola não apresentaram diarreia, apesar deste ingrediente possuir quantidades semelhantes de fibra, proteína, gordura e carboidratos àquelas apresentadas pelo farelo de soja.

Os CDAs para energia foram mais elevados para a farinha de vísceras de frango (90,7%), farinha de penas hidrolisadas (87,2%) e para a farinha de resíduos de camarão e peixe (85,4%), e mais baixo para o farelo de glúten de milho (43,2%). Já a farinha de resíduo de peixes (82,0%) e o farelo de canola (72,0%) apresentaram CDAs intermediários para a energia (Figura 1). Cruz (1975) relatou um CDA inferior para a energia para farinha de penas (67%) para o *catfish* e Pezzato et al. (2002) relataram valores de CDA superiores para a tilápia-do-Nilo para a energia da farinha de vísceras de frango (69,61%), farinha de peixe (72,23%), mas valores inferiores para o farelo de glúten de milho (66,80%) e o farelo de canola (74,59%).

Para a matéria seca, a farinha de penas hidrolisadas apresentou o CDA mais alto (88,4%) e, o farelo de glúten de milho, o mais baixo (39,3%). Os demais ingredientes apresentaram valores intermediários para este índice (Figura 1). A farinha de resíduo de camarão e peixe proporcionou um baixo CDA para matéria seca (59,8%), provavelmente resultante da alta quantidade de cinzas encontrada nesse ingrediente (42,0%). A alta quantidade de cinzas, além daquela originada pelo esqueleto do peixe, pode ser consequência de contaminação por areia nos resíduos, já que foram visualizados cristais de areia, durante a execução da hidrólise ácida para posterior extração da gordura nas amostras deste ingrediente. Ainda, a provável contaminação dos resíduos de camarão com resíduos de siri (*Callinectes* sp.), os quais contêm uma concentração de cinzas mais elevada (32,8% versus 6,1%) e quitina (9,4% versus 4,8%), também é um fator a ser considerado (Moura *et al.*; 2006). A quitina é um polissacarídeo formado por unidades de β -(1-4)-N-acetil-D-glucosamina, $(C_8H_{13}O_5N)_n$, encontrado em exoesqueletos de artrópodes e fungos (Lehninger, 1995). Desta forma, é um composto rico em N não protéico, o que explicaria o baixo CDA encontrado para a proteína bruta (81,4%). Estes resultados corroboram aqueles relatados para a tilápia-do-Nilo por Köprücü e Ösdenir (2005) para os CDAs para proteína bruta (71,0%) e matéria seca (75,7%) do resíduo de lagostim, *Astacus* sp., e farinha de um crustáceo amphipode, da família Cragonytidae (75,8% e 77% para proteína bruta e matéria seca, respectivamente). Hardy *et al.* (2005) também obtiveram os menores CDA para proteína e energia para a truta arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*) com a farinha de camarão (75,9% e 57,0%, respectivamente) e farinha do resíduo do processamento de camarão (79,2% e 73,4%, respectivamente) quando comparados com os CDAs obtidos para a farinha de peixe (88,0% e 82,0%, respectivamente). Entretanto, a farinha de resíduo de camarão e peixe apresentou excelente palatabilidade para o *catfish*, evidenciada pela voracidade com que esta dieta era consumida. Este fato sugere o potencial de uso deste ingrediente, em concentrações menores, como palatilizante.

Os valores de CDA para os aminoácidos foram significativamente afetados pelos ingredientes protéicos testados (Tabela 4). A grande maioria dos CDAs para os aminoácidos essenciais ficaram acima de 80%, exceto para a arginina no farelo de glúten de milho (70,87%), isoleucina na farinha de resíduo de camarão e peixe (62,00%) e na farinha de resíduo de peixe (74,14%), lisina na farinha de resíduo de camarão e peixe (75,92%) e no farelo de glúten de milho (75,95%), fenilalanina na farinha de resíduo de camarão e peixe (78,15%), treonina na farinha de resíduo de camarão e peixe (79,13%), no farelo de canola (77,11%) e no farelo de glúten de milho (75,09%), e valina na farinha de resíduo de camarão e peixe (75,77%). Wilson e Poe (1985) também relataram valores baixos de CDA para isoleucina na farinha de *menhaden* (65,6%).

Com os resultados dos CDAs para os aminoácidos, foram calculados os aminoácidos digestíveis para cada ingrediente (Tabela 5). Já, na Tabela 6, foram estimadas as porcentagens de inclusão de cada ingrediente para atender às exigências em aminoácidos para o *catfish* (NRC, 1993, Li *et al.*; 2004) em dieta com 28% de proteína digestível. Dentre os ingredientes testados, somente farinha de resíduo de peixe e a farinha de vísceras de frango poderiam suprir as exigências em aminoácidos do *catfish* como ingredientes protéicos únicos na dieta.

Tabela 4. Média do coeficiente de digestibilidade aparente dos aminoácidos dos ingredientes testados^{1,2}.

| Aminoácidos | Farinha | Farinha | Farinha | Farelo | Farinha | Farelo | Valor de p |
|-----------------------|-----------------------|----------------------|---------------------|---------------------|-------------------------------|----------------------|------------|
| | Penas Hidrolisadas | Vísceras Frango | Resíduo Peixe | Canola | Resíduo Camarão e Peixe | Glúten Milho | |
| % | | | | | | | |
| <i>Essenciais</i> | | | | | | | |
| Arginina | 89,49 ^a | 89,12 ^a | 88,89 ^a | 84,02 ^b | 83,06 ^b | 70,87 ^c | <0,001 |
| Histidina | 92,70 ^a | 92,97 ^a | 90,99 ^a | 93,56 ^a | 85,92 ^a | 87,59 ^a | 0,081 |
| Isoleucina | 92,41 ^a | 80,83 ^{ab} | 74,14 ^{bc} | 91,50 ^a | 62,00 ^c | 93,03 ^a | 0,001 |
| Leucina | 91,69 ^a | 90,24 ^{ab} | 89,29 ^{ab} | 87,43 ^{ab} | 80,25 ^c | 86,95 ^b | <0,001 |
| Lisina | 80,65 ^b | 90,35 ^a | 90,25 ^a | 83,44 ^{ab} | 75,92 ^b | 75,95 ^b | 0,001 |
| Met + Cistina | 89,17 ^c | 98,24 ^a | 94,13 ^{ab} | 92,67 ^{bc} | 90,64 ^{bc} | 91,59 ^{bc} | 0,001 |
| Fenilalanina | 92,42 ^a | 90,49 ^{ab} | 88,33 ^{ab} | 85,44 ^{bc} | 78,15 ^d | 81,91 ^{cd} | <0,001 |
| Tirosina | 94,90 ^{ab} | 97,74 ^a | 97,17 ^{ab} | 85,70 ^c | 89,19 ^{bc} | 93,43 ^{abc} | 0,006 |
| Treonina | 92,94 ^a | 84,83 ^{abc} | 89,65 ^{ab} | 77,11 ^{bc} | 79,13 ^{bc} | 75,09 ^c | 0,006 |
| Valina | 92,22 ^a | 85,92 ^{ab} | 84,93 ^{ab} | 89,88 ^a | 75,77 ^b | 89,11 ^a | 0,009 |
| <i>Não essenciais</i> | | | | | | | |
| Ac. Aspártico | 87,96 ^a | 94,04 ^a | 93,04 ^a | 89,74 ^a | 92,71 ^a | 93,09 ^a | 0,061 |
| Ác. Glutâmico | 87,58 ^b | 89,67 ^a | 88,80 ^a | 94,77 ^a | 92,41 ^a | 87,33 ^b | 0,015 |
| Serina | 92,83 ^{ab} | 84,30 ^{bc} | 77,94 ^c | 99,23 ^a | 35,46 ^d | 94,59 ^a | <0,001 |
| Glicina | 93,91 ^a | 93,08 ^a | 94,96 ^a | 91,80 ^a | 88,88 ^a | 72,89 ^b | 0,001 |
| Alanina | 88,75 ^{ab} | 89,20 ^a | 89,43 ^a | 84,79 ^{ab} | 74,53 ^c | 84,19 ^b | <0,001 |
| Prolina | 86,83 ^a | 83,25 ^a | 85,22 ^a | 77,17 ^a | 65,27 ^b | 82,73 ^a | 0,001 |

¹ Médias de 2 repetições.

² O aminoácido essencial triptofano não é detectado na análise; ver texto para maiores detalhes.

A farinha de penas hidrolisadas, apesar de apresentar boa digestibilidade dos nutrientes apresentou um perfil de aminoácidos desbalanceado para o *catfish*, com deficiência em lisina e histidina. A Tabela 6 mostra que seria necessária a inclusão de 92% deste ingrediente para atender à exigência em lisina para o *catfish*. Robinson et al. (2001) recomendam a inclusão máxima de 10% de farinha de penas hidrolisadas em formulações para o *catfish* e relatam que, nos Estados Unidos, este ingrediente não é muito utilizado em rações comerciais para o *catfish*. Adicionalmente, durante o ensaio de digestibilidade com o *catfish*, constatou-se uma demora maior dos peixes para se acostumar à dieta com farinha de penas, sugerindo a baixa palatabilidade deste ingrediente. Ainda na Tabela 6, observa-se que a farinha de resíduo de camarão e peixe, o farelo de canola e o farelo de glúten de milho não poderiam ser utilizados como ingredientes protéicos únicos para o *catfish*, pois são deficientes em lisina. Já o farelo de glúten de milho não contém a concentração protéica exigida pelo *catfish* (Tabela 3).

A farinha de vísceras de frango, além de possuir um perfil de aminoácidos adequado às exigências do *catfish*, apresentou boa digestibilidade protéica e energética. Porém, a inclusão deste ingrediente em rações para *catfish* deve ser cautelosa devido à alta concentração de cinzas (20,0%), fósforo total (3,45%) e concentração de gordura (13,00%), conforme dados obtidos no presente estudo. Rostagno et al. (2005) também relatam valores altos de fósforo total (2,66%) e gordura bruta (13,84%) na farinha de vísceras.

Tabela 5. Aminoácidos digestíveis nos ingredientes testados e exigência em aminoácidos essenciais digestíveis para o *catfish*^{1,2}.

| Aminoácidos | Exigência <i>Catfish</i> | Farinha Penas Hidrolisadas | Farinha Vísceras Frango | Farinha Resíduo Peixe | Farelo Canola | Farinha Resíduo Camarão e Peixe | Farelo Glúten Milho |
|-----------------------|--------------------------|----------------------------|-------------------------|-----------------------|---------------|---------------------------------|---------------------|
| % | | | | | | | |
| <i>Essenciais</i> | | | | | | | |
| Arginina | 1,20 | 5,14 | 3,70 | 3,08 | 1,92 | 1,96 | 0,72 |
| Histidina | 0,42 | 0,65 | 1,24 | 1,04 | 0,88 | 0,83 | 0,53 |
| Isoleucina | 0,73 | 3,76 | 1,62 | 1,40 | 1,37 | 0,95 | 0,61 |
| Leucina | 0,98 | 5,91 | 3,42 | 3,29 | 2,26 | 2,10 | 1,47 |
| Lisina | 1,43 | 1,55 | 3,12 | 3,60 | 1,42 | 1,31 | 0,53 |
| Metionina +Cistina | 0,64 | 3,97 | 1,74 | 1,79 | 0,90 | 1,54 | 0,71 |
| Fenilalanina | 1,40 | 3,43 | 1,85 | 1,73 | 1,24 | 1,14 | 0,56 |
| Tirosina | 2,32 | 1,80 | 1,38 | 0,96 | 1,00 | 0,47 | 0,47 |
| Treonina | 0,56 | 4,00 | 1,72 | 1,93 | 1,16 | 1,21 | 0,64 |
| Valina | 0,84 | 4,94 | 2,14 | 2,05 | 1,89 | 1,59 | 0,90 |
| <i>Não-Essenciais</i> | | | | | | | |
| Ácido Aspártico | - | 5,02 | 4,04 | 3,94 | 2,34 | 2,42 | 1,25 |
| Ácido Glutâmico | - | 8,35 | 7,19 | 6,27 | 6,68 | 6,25 | 3,08 |
| Serina | - | 7,37 | 1,87 | 1,70 | 1,58 | 0,57 | 0,91 |
| Glicina | - | 5,40 | 5,73 | 5,99 | 1,72 | 1,67 | 0,65 |
| Alanina | - | 3,39 | 3,72 | 3,77 | 1,49 | 1,27 | 1,14 |
| Prolina | - | 7,10 | 3,12 | 3,09 | 1,84 | 1,55 | 1,89 |

¹ Exigência em dieta com 28% de proteína digestível (NRC, 1993, Li *et al.*, 2004)

² Valores expressos em % da dieta.

Tabela 6. Simulação da porcentagem de inclusão do ingrediente para atender às exigências em aminoácidos essenciais em ração com 28% de proteína digestível para o *catfish* e respectivos aminoácidos limitantes^{1,2}.

| Aminoácidos Essenciais | Farinha Penas Hidrolisadas | Farinha Vísceras Frango | Farinha Resíduo Peixe | Farelo Canola | Farinha Resíduo Camarão e Peixe | Farelo Glúten Milho |
|-------------------------------|----------------------------|-------------------------|-----------------------|---------------|---------------------------------|---------------------|
| Arginina | 23 | 33 | 39 | 63 | 61 | 167 |
| Histidina | 65 | 34 | 40 | 48 | 50 | 80 |
| Isoleucina | 19 | 45 | 52 | 53 | 77 | 119 |
| Leucina | 17 | 29 | 30 | 43 | 47 | 67 |
| Lisina | 92 | 46 | 40 | 101 | 109 | 269 |
| Metionina + Cistina | 16 | 37 | 36 | 72 | 42 | 90 |
| Fenilalanina+Tirosina | 24 | 38 | 45 | 64 | 65 | 137 |
| Treonina | 14 | 33 | 29 | 48 | 46 | 88 |
| Valina | 17 | 39 | 41 | 45 | 53 | 93 |
| Primeiro aminoácido limitante | Lisina | Lisina | Isoleucina | Lisina | Lisina | Lisina |

¹ Exigências para o *catfish* conforme o NRC (1993) e atualizações de Li *et al.* (2004).

² Valores expressos em % da dieta.

A farinha de resíduo de peixe, conforme esperado, apresentou alta digestibilidade dos nutrientes e energia; entretanto, assim como a farinha de vísceras de frango, apresenta alta concentração de cinzas (26,0%), fósforo total (4,13%) e extrato etéreo (15,7%). Entretanto, é um ingrediente com alta palatabilidade e alto valor biológico para peixes (Drew et al. 2007).

Já o farelo de canola apresentou excelente digestibilidade aparente para a proteína bruta (91,7%), a média mais alta dentre todos os ingredientes testados. Provavelmente o CDA da matéria seca (69,4%) e energia bruta (72,0%) poderiam ser aumentados com a extrusão deste ingrediente, já que seria esperado um aumento da digestibilidade do amido e conseqüentemente da energia bruta com este processamento. No entanto, a baixa concentração de lisina digestível (1,42%) presente no farelo de canola é uma limitação para o seu uso em formulações para o *catfish*.

O farelo de glúten de milho apresentou alta digestibilidade para a proteína bruta (88,1%). No entanto, possui baixa disponibilidade energética (42,3%) e, conseqüentemente, baixa digestibilidade para a matéria seca (39,3%). Apesar da extrusão do farelo de canola possivelmente aumentar esses valores de CDA, a concentração de 35,67% de fibra em detergente neutro (Rostagno et al, 2005) - fração que contém lignina, celulose e hemicelulose - é alta e provavelmente indigestível ao *catfish*. Ainda, a concentração protéica do farelo de glúten de milho é baixa, conforme análise realizada neste estudo (24%) ou mesmo relatada por outros autores: 18 a 20%, por Robinson *et al.* (2001) e 21% por Rostagno *et al.* 2005). A dieta teste contendo este ingrediente aparentou não agradar aos peixes, visto que estes ejetavam os peletes após a ingestão nos primeiros dias de alimentação.

5. Conclusões

A farinha de resíduo de peixe e a farinha de vísceras de frango são os ingredientes que melhor atendem às exigências do *catfish*. Entretanto, o excesso de fósforo presente nestes resíduos exige cautela no seu emprego em formulações para o *catfish* já que podem propiciar o desenvolvimento de cianobactérias potencialmente produtoras de *off-flavor* nos viveiros. Estudos para reduzir a concentração de P nestes resíduos, bem como para melhorar a padronização na produção, são necessários para uma maior segurança de emprego nas formulações para peixes. Ainda, há necessidade de estudos de longo prazo com estes resíduos, que testem diferentes níveis de inclusão e determinem os respectivos efeitos no desempenho e saúde dos peixes.

Referências

- Association of Official Analytical Chemists (1999). Official Methods of Analysis of AOAC, Washington, DC, Patricia Cunniff (editora). 16 ed., 1141pp.
- Belal I E H (2005). A review of some fish nutrition methodologies. Biosource Technology 96, 395-402,.
- Bremer Neto H, Graner C A F, Pezzato et al. (2003). Diminuição do teor de óxido de cromo (III) usado como marcador externo. Revista Brasileira de Zootecnia, v.32, p.249-255.
- Brown P B, Strange R J, Robbins K R (1985). Protein digestibility coefficients for yearling channel catfish fed high protein feedstuffs. Progressive Fish-Culturist 47, 94-97.
- Cho C Y, Slinger S J (1979). Apparent digestibility measurement in feedstuffs for rainbow trout. In: Fish Nutrition and Fishfeed Technology, Vol.2 (ed. By J. E. Halver & K. Tiews), 239-247. Heinemann, Berlin, Germany.
- Cruz E M (1975). Determination of nutrient digestibility in various classes of natural and purified feed materials for channel *catfish*. PhD dissertation, Auburn University, Alabama.
- Drew M D, Borgeson T L, Thiensen D L (2007). A review of processing of feed ingredients to enhance diet digestibility in finfish. Animal Feed Science and Technology, 138: 118-136.
- EPAGRI (2008) Desempenho da pesca e da aquicultura. In: Síntese anual da Agricultura de Santa Catarina 2005-2006, 294pp. 181-189.
- FAO, 2008. FAO Fisheries Department, Fishery Information, Data and Statistics Unit. Fishstat Plus: Universal software for fishery statistical time series. Aquaculture production: quantities 1950–2006, Aquaculture production: values 1984–2006; Capture production: 1950–2006; Commodities production and trade: 1950–2006; Vers. 2.30.
- Hardy R W, Sealey W M, Gatlin III D M (2005). Fisheries and By-Product Meals as Protein Sources For Rainbow Trout *Oncorhynchus mykiss*. Journal of The World Aquaculture Society, v.36, nº3, 393-400.
- Hargreaves J A, Tucker C S (2004). Industry Development em Biology and Culture of Channel *Catfish*. 1-14p.
- Köprücü K, Özdemir Y (2005). Apparent digestibility of selected feed ingredients for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). Aquaculture, 250:308-316.
- Lall S P (1991). Digestibility, metabolism and excretion of dietary phosphorus in fish. In: Cowey, C.B., Cho, C.Y. (Eds.), Nutritional Strategies and Aquaculture Waste. Proceedings of the First International Symposium on Nutritional Strategies in Management of Aquaculture Waste. University of Guelph, Ontario, Canada, pp. 21–36.
- Lehninger A L, NELSON D L, COX M M (1995). Princípios de bioquímica. Traduzido por SIMÕES, A.A., LODI, W.R. 2nd edn. Sarvier, São Paulo
- Li M H, Robinson E H, Manning B B (2004). Nutrition: in: Biology and Culture of Channel *Catfish*. 279-323p.
- Lovell, R. T (1989). Nutrition and Feeding of Fish. Van Nostrand Reinhold, New York, p 267
- Moura C, Muszinski P, Schmidt C et al (2006). Quitina e Quitosana Produzidas a Partir de Resíduos Camarão e Siri: Avaliação do Processo em Escala Piloto. Vetor, Rio Grande, 16(1/2):37-45.
- NASS (2008). Agricultural Statistics Board – *Catfish* Production. Department of Agriculture U.S.
- Nose T (1960). On the digestion of food protein by goldfish (*Carassius auratus* L.) and rainbow trout (*Salmo irideus* G.). Bulletin Freshwater Fisheries Research Laboratory, Tokyo, 10:11-22.

- NRC, National Research Council, 1993. Nutrient Requirements of Warmwater Fishes. National Academy Press, Washington, 114p.
- Oliveira-Filho P R C, Fracalossi D M (2006). Coeficientes de digestibilidade aparente de ingredientes para juvenis de jundiá. Revista Brasileira de Zootecnia, 35(4):1581-1587
- Pezzato L E, Miranda E C, Barros M M Pinto et al (2002). Digestibilidade Aparente de Ingredientes pela Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). Revista Brasileira de Zootecnia. 31(4):1595-1604
- Robinson E H, Li M H (1994). Use of plant proteins in *catfish* feeds: replacement of soybean meal with cottonseed meal and replacement of fish meal with soybean meal and cottonseed meal. Journal of The World Aquaculture Society. 25:271-276.
- Robinson E H, Li M H, Manning B B (2001). A Practical Guide to Nutrition, Feeds, and Feeding of *Catfish*, second revision. Bulletin 1113, Office of Agricultural Communications, Mississippi, 39 p.
- Rostagno H S, Albino L F T, Donzele J L et al (2005). Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos. 2ª Ed., Viçosa, 186p.
- Tacon G J, Metian M (2008). Global overview on the use of fish meal and fish oil in industrially compounded aquafeeds: Trends and future prospects. Aquaculture 285:146–158.
- Tibbetts S M, Milley J E, Lall S P et al (2006). Apparent protein and energy digestibility of common and alternative feed ingredients by Atlantic cod, *Gadus morhua* (Linnaeus, 1758); Aquaculture 261:1314–1327.
- USDA (2007). Market News, *Catfish* and Basa Imports Continue to Increase Despite Confirmed Antidumping. Foreign Agricultural Service, 2p.
- Úran P, Schrama J W, Rombout J H W M et al (2008). Soybean meal-induced enteritis in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) at different temperatures. Aquaculture Nutrition 14(4):324:330
- Webster C D, Lim C E (eds)(2002). Nutrient Requirements and Feedings of Finfish for Aquaculture. CABI, New York
- Wilson R P, Robinson E H, Poe W E (1982). Apparent and true availability of amino acids from common feed ingredients for channel *catfish*. Journal of Nutrition 111:923–929
- Wilson R P, Poe W E (1985). Apparent digestibility protein and energy coefficients of common feed ingredients for channel *catfish*. Progressive Fish Culturist, 154-158

CONCLUSÕES GERAIS

O método de coleta de fezes por sedimentação (Guelph adaptado) é recomendável para experimentos de digestibilidade com peixes. Sendo que sua desvantagem, a lixiviação dos nutrientes das fezes para a água, pode ser minimizada por intervalos curtos de coleta de fezes, os quais não devem ultrapassar 6 h.

As densidades de 15 e 20 juvenis de *catfish* por unidade experimental de 98 L, propiciam uma produção média de fezes satisfatória para a execução das análises em apenas dois dias de coleta.

O tempo mínimo de passagem do alimento pelo trato digestório nestes juvenis de *catfish* é de 10,5 h a 28,7 °C, indicando que a coleta de fezes pode iniciar após este período.

As rações comerciais para o *catfish* apresentam diferentes coeficientes de digestibilidade aparente, o que pode estar relacionado a diferenças na qualidade dos ingredientes utilizados na formulação por cada fabricante.

Os coeficientes de digestibilidade aparente para a proteína e energia no farelo de canola, farelo de glúten de milho, farinha de resíduo de peixe, farinha de penas hidrolisadas, farinha de resíduo de camarão e peixe e farinha de vísceras de frango foram satisfatórios para o *catfish*. No entanto, a farinha de resíduo de camarão e peixe e farelo de glúten de milho apresentam baixa digestibilidade para a matéria seca e energia, além de desbalanceamento entre as concentrações de aminoácidos essenciais digestíveis e às exigências do *catfish*.

A farinha de vísceras de frango e a farinha de resíduos de peixes suprem às exigências do *catfish* em crescimento (dieta com 28% proteína digestível). Entretanto, os ingredientes protéicos de origem animal são potenciais poluentes, principalmente pela alta concentração de cinzas e fósforo total. Os ingredientes de origem vegetal são deficientes em lisina para o *catfish* em crescimento e necessitam ser combinados com ingredientes de origem animal para suprir às exigências protéicas e/ou em aminoácidos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS DA INTRODUÇÃO

ANDERSON, J.S., LALL, S.P., ANDERSON, D.M., CHANDRASOMA, J. Apparent and true availability of amino acids from common feed ingredients for Atlantic salmon (*Salmo salar*) reared in sea water. **Aquaculture**, V. 108, p. 111-124, 1992.

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

BELLAVER, C. LIMITAÇÕES E VANTAGENS DO USO DE FARINHAS DE ORIGEM ANIMAL NA ALIMENTAÇÃO DE SUÍNOS E DE AVES. **2º Simpósio Brasileiro Alltech da Indústria de Alimentação Animal**. Curitiba, 2005.

BREMER NETO, H., GRANER, C.A.F., PEZZATO, L.E., PADOVANI, C.R., CANTELMO, O.A. Diminuição do teor de óxido de cromo (III) usado como marcador externo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, p.249-255, 2003.

BROWN, P. B.; STRANGE, R. J.; ROBBINS, K.R. Protein digestibility coefficients for yearling channel *catfish* fed high protein feedstuffs. **Progressive Fish-Culturist** 47, 94-97, 1985.

CRUZ, E. M. Determination of nutrient digestibility in various classes of natural and purified feed materials for channel *catfish*. PhD dissertation, Auburn University, Alabama, 1975.

DREW, M. D.; BORGESON, T.L., THIENSEN, D.L. A review of processing of feed ingredients to enhance diet digestibility in finfish. **Animal Feed Science and Technology**, 138: 118-136, 2007.

EPAGRI - Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina S.A. Desempenho da pesca e da aqüicultura in Síntese anual da Agricultura de Santa Catarina 2005-2006. 294pp. 181-189; 2008.

FishBase. *Ictalurus punctatus* on Data base. Disponível em:

<<http://www.fishbase.org/Summary/speciesSummary.php?ID=290&genusname=Ictalurus&speciesname=punctatus>>. Acesso em: 17 dez. 2008.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO) **Production quantity of rapeseed 2007**. Disponível em: <http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor>. Acesso em 15 dez. 2008.

FRACALOSSO D.M.; MORO G. V.; CANTON, R.; KITAGIMA, R. E. Elaboração de um Caderno de Normas para a Produção de *Catfish* Americano. In: **Aquaciência 2006 - Tópicos Especiais em Biologia Aquática e Aquicultura II**. Jaboticabal, p.37-52, 2008.

FURUYA, W. M.; GONÇALVES G. S.; FURUYA V.R.B.; Hayashi C. Fitase na Alimentação da Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). Desempenho e Digestibilidade. **Revista Brasileira de zootecnia**, 30(3):924-929, 2001.

GATLIN III, D. E.; BARROWS, F. T.; BROW, P.; DABROWSKI, K.; GAYLORD, T. G.; HARDY, R. W.; HERMAN, E.; HU, G.; KROGDAHL, A.; NELSON, R.; OVERTURF, K.; RUST, M.; SEALEY, 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**, 38: 551-579, 2007.

GODDARD, S.; AL-SHAGAA, G; ALI, A. Fisheries by-catch and processing waste meals as ingredients in diets for Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. **Aquaculture Research**, 39:518-525, 2008.

HARDY, R. W.; SEALEY, W. M.; GATLIN III D. M.. Fisheries and By-Product Meals as Protein Sources For Rainbow Trout *Oncorhynchus mykiss*. **Journal of The World Aquaculture Society**, v.36, nº3, 393-400, 2005.

HARGREAVES, J. A., TUCKER, C. S. *Industry Development em Biology and Culture of Channel Catfish*. 1-14p. 2004.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola** em Grupo de Coordenação de Estatísticas Agropecuárias - GCEA/IBGE, DPE, COAGRO. Disponível em: http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/lspa_200811_5.shtm. Acesso em: 15 dez. 2008.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICAS - IBGE. **Pesquisas Trimestrais do Abate de Animais, do Leite, do Couro e da Produção de Ovos de Galinha**. Disponível em: http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia_impresao.php?id_noticia=1114. Acesso em 15 dez. 2008.

INSTITUTO BRASILEIRO DE MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS – IBAMA Estatística da Aqüicultura e Pesca no Brasil - Ano 2005. Disponível em: http://www.presidencia.gov.br/estrutura_presidencia/seap/estatistica/. Acesso: 19 dez. 2008.

LEHNINGER, A. L., NELSON, D.L., COX, M.M.. **Princípios de bioquímica**. Traduzido por SIMÕES, A.A., LODI, W.R. 2.ed., São Paulo: Sarvier. 841p; 1995.

LI, M. H., ROBINSON, E. H., MANNING, B. B. **Nutrition em Biology and Culture of Channel Catfish**. 279-323p. 2004.

LOVELL, R. T. **Nutrition and Feeding of Fish**. 1ºEd. pp. 267, 1989.

LOVELL, R. T. **Nutrition and Feeding of Fish**. 2ºEd. pp. 267, 1998.

NATIONAL AGRICULTURAL STATISTICS SERVICE (NASS). **Agricultural Statistics Board – Catfish Production**. Department of Agriculture U.S., July, 2008.

NOSE, T. On the digestion of food protein by goldfish (*Carassius auratus* L.) and rainbow trout (*Salmo irideus* G.). **Bulletin Freshwater Fisheries Research Laboratory**, Tokyo, v.10, 11-22, 1960.

NRC, National Research Council. **Nutrient Requirements of Warmwater Fishes**. National Academy Press, Washington, 114p. 1993.

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

PERES (, H. LIM, C.; KLESIUS, P. H. Nutritional value of heat-treated soybean meal for channel catfish (*Ictalurus punctatus*). **Aquaculture**, 225:67-82, 2003.

PEZZATO, L.E., MIRANDA, E. C., FURUYA, W. M., PINTO, L. G. Q., BARROS, M.M., ROSA, G. J. M. Diâmetro do ingrediente e a digestibilidade aparente de rações por duas espécies de peixes tropicais. **Acta Scientiarum**, Maringá, v.24,n. 4, p. 901-907, 2002.

PORTZ, L. Utilização de diferentes fontes proteicas em dietas formuladas pelo conceito de proteína ideal para o Black Bass, *Micropterus salmoides*. Tese (Doutorado). ESALQ/USP, Piracicaba SP, 2001.

ROBINSON, E.H.; LI, M.H.; MANNING, B.B. A Practical Guide to Nutrition, Feeds, and Feeding of *Catfish*, second revision. **Bulletin 1113**, Office of Agricultural Communications, Mississippi, 39 p., 2001.

ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; DONZELE, J. L.; GOMES, P. C.; OLIVEIRA, R. F.; LOPES, D. C.; FERREIRA, A. S.; BARRETO, S. L. T. Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos. 2ª Ed., Viçosa, 186p., 2005.

SANZ, F. **La Alimentación en Piscicultura**. Trouw España S.A. XVII Curso de Especialización FEDNA. 2000.

SØRENSEN, M., LJØKJERB, K., STOREBAKKENA, T., SHEARERC, K.D., SKREDE, A. Apparent digestibility of protein, amino acids and energy in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed a fish meal based diet extruded at different temperatures; **Aquaculture** 211, 215–225, 2001.

THEISS, A. **Informações sobre produção e comercialização do catfish**. Comunicação pessoal, Entrevista em março, 2008.

TIBBETTS S. M., MILLEY J. E., LAL S. P., Apparent protein and energy digestibility of common and alternative feed ingredients by Atlantic cod, *Gadus morhua* (Linnaeus, 1758); **Aquaculture** 261 p. 1314–1327, 2006.

TOMM, G. O. Indicativos tecnológicos para produção de canola no Rio Grande do Sul. Sistemas de Produção Online 03. **EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária**, 32 p., Set 2007.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE (USDA).. **Market News, Catfish and Basa Imports Continue to Increase Despite Confirmed Antidumping**., FOREIGN AGRICULTURAL SERVICE, Maio, 2007.

WEBSTER, C. D.; LIM, C. E. **Nutrient Requirements and Feedings of Finfish for Aquaculture**. 418p., 2002.

WILSON, R.P., ROBINSON, E.H., POE, W.E. Apparent and true availability of amino acids from common feed ingredients for channel *catfish*. **Journal of Nutrition** V.111, p. 923–929, 1981.

WILSON, R.P.; POE, W.E. Apparent digestibility protein and energy coefficients of common feed ingredients for channel *catfish*. **Progressive Fish Culturist**, p.154-158, 1985.

ANEXO



Figura 1. Heterogeneidade natural apresentada nos lotes de catfish



Figura 4. Detalhe do tubo de coleta de fezes



Figura 2. Tanques de 98L utilizados nos experimentos de metodologia



Figura 5. Centrifugação das fezes coletadas



Figura 3. Incubadoras utilizadas nos experimentos



Figura 6. Fezes espalhadas em placas de PVC para secagem



Figura 7. Fezes secas e moídas



Figura 10. Distribuição de água do Sistema de recirculação



Figura 8. Separação do reto do catfish



Figura 11. Biofiltro do sistema de recirculação



Figura 9. Extrusão das fezes do reto



Figura 12. Filtro Rotatório com malha de 800 μm do sistema de recirculação