

Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”

**Exigências em proteína e energia e valor biológico de alimentos para o
dourado *Salminus brasiliensis***

Ricardo Borghesi

Tese apresentada para obtenção do título de Doutor em
Agronomia. Área de concentração: Ciência Animal e Pastagens

Piracicaba

2008

Ricardo Borghesi

Zootecnista

**Exigências em proteína e energia e valor biológico de alimentos para o
dourado *Salminus brasiliensis***

Orientador:

Prof. Dr. JOSÉ EURICO POSSEBON CYRINO

Tese apresentada para obtenção do título de Doutor em
Agronomia. Área de concentração: Ciência Animal e
Pastagens

Piracicaba

2008

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - ESALQ/USP**

Borghesi, Ricardo

Exigências em proteína e energia e valor biológico de alimentos para o dourado
Salminus brasiliensis / Ricardo Borghesi. - - Piracicaba, 2008.
95 p.

Tese (Doutorado) - - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2008.
Bibliografia.

1. Dieta animal 2. Digestibilidade 3. Dourado 4. Energia 5. Nutrição animal
6. Proteínas I. Título

CDD 639.31

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor"

Aos meu pais, João Carlos e Maria Helena, pela educação, confiança, estímulos constantes e, principalmente por serem exemplos de vida e conduta.

À minha amada esposa Ana Clara pelo apoio, carinho, dedicação e por ser meu porto seguro em todos esses anos que estamos juntos

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, a Deus, por sempre estar ao meu lado me protegendo e orientando;

Aos meus pais, pelo grande exemplo de vida, pela educação e apoio nas horas mais difíceis;

À minha esposa Ana Clara, que soube compreender, tolerar, amar e me apoiar em todos os momentos;

Ao Prof. Dr. José Eurico Possebon Cyrino, pela orientação, paciência, compreensão, confiança e, principalmente pela amizade, tornando possível a elaboração deste trabalho;

A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, pelo auxílio pesquisa que tornou possível a realização desta pesquisa;

Ao CNPq, pela bolsa concedida;

Aos funcionários do Setor de Piscicultura do Departamento de Zootecnia da ESALQ, Ismael Baldessin Júnior e Sérgio Vanderlei Pena, pela amizade, apoio e sugestões na condução dos trabalhos;

Aos estagiários do Setor de Piscicultura do Departamento de Zootecnia da ESALQ, Fernando Rodrigo Sesso (“Kbelinho”), Gustavo Sanches Silva (“Du-K”), Rafael S.C. Barone (“K-lango”), Daniel Branco Padrão (“Inmetro”), Brunno Cerozi (“K-rrêro”), pela ajuda na condução dos trabalhos;

Ao amigo Ricardo Yuji Sado, por sua ajuda sempre que solicitada;

Ao amigo Álvaro José de Almeida Bicudo, pelas conversas, incentivo e ajuda com as análises estatísticas;

Ao Prof. Dr. Carlos Tadeu dos Santos Dias, pelos ensinamentos na área de estatística e grande colaboração na análise dos resultados;

Ao Prof. Dr. Valdomiro Shigueru Miyada, pelas importantes sugestões, mas principalmente pela confiança e amizade demonstrada;

Aos professores Drs. José Fernando Machado Menten, Margarida Maria Barros, Adibe Luiz Abdalla, Marília Oetterer e à Dra. Aline Mondini Calil Racanicci pelas sugestões e pela imensa colaboração;

Ao amigo, Jony Koji Dairiki, exemplo de caráter, dedicação e amor à piscicultura, pelo incentivo e ajuda imensuráveis durante todo o período de doutorado, esse trabalho também é seu;

A Agrocere Ltda., na pessoa do Sr. Marcelo Aparecido Silva, pela doação dos ingredientes;

À Degussa, nas pessoas do Sr. Leandro Hakenhaar e Luciana Cecco, pelo auxílio nas análises de aminoácidos;

À Ajinomoto Biolatina, na pessoa do Sr. Eduardo Nogueira, pelo auxílio nas análises de aminoácidos;

À equipe da CBO, na pessoa de Oneida Vasconcelos Vieira, pela condução das análises químicas;

À secretária da pós-graduação, Giovana, pela ajuda na condução dos procedimentos burocráticos do meu programa de estudos;

Um agradecimento sincero a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

RESUMO	7
ABSTRACT	8
LISTA DE FIGURAS	9
LISTA DE TABELAS	11
LISTA DE ABREVIATURAS	12
1 INTRODUÇÃO	13
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
2.1 O Dourado	15
2.2 Proteína	16
2.3 Energia	20
2.4 Fontes não protéicas de energia: lipídios e carboidratos	24
2.5 Digestibilidade	29
3 MATERIAL E MÉTODOS	33
3.1 Experimento I	33
3.2 Experimento II	38
3.3 Análises químicas	40
3.4 Análise de aminoácidos	41
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	41
4.1 Experimento I	41
4.2 Experimento II	63
5 CONCLUSÕES	75
REFERÊNCIAS	76

RESUMO

Exigências em proteína e energia e valor biológico de alimentos para o dourado *Salminus brasiliensis*

O Characifome dourado, *Salminus brasiliensis*, tem despertado crescente interesse dos piscicultores por apresentar rápido crescimento e ótima qualidade de carne. Porém, a falta de conhecimento sobre as exigências nutricionais e valor biológico dos alimentos para a espécie têm dificultado a formulação de dietas que permitam o máximo desempenho e, por consequência, sua produção intensiva. Para determinação da exigência nutricional em energia e proteína, juvenis de dourado ($5,29 \pm 0,21$ g) foram distribuídos em 75 gaiolas (60 L) alojadas em tanques de 1.000 L e alimentados por 60 dias com dietas contendo níveis de proteína bruta (PB) entre 35 e 51% (incremento de 4%) e teores de energia bruta (EB) de 4.200 a 5.000 kcal/kg de alimento (incremento de 200 kcal/kg). O experimento foi conduzido em um delineamento inteiramente aleatorizado em esquema fatorial 5×5 (cinco níveis de EB e cinco níveis de PB, com três repetições). Foram avaliados parâmetros de ganho de peso (GP), ganho de peso relativo (GPR), consumo alimentar diário (CAD), índice de conversão alimentar (ICA), taxa de crescimento específico (TCE) e retenção de nutrientes. Não houve interação significativa ($P > 0,05$) entre os níveis de proteína e energia para os parâmetros avaliados. Os valores de CAD, GP, GPR, CA e TCE e de retenção de nutrientes foram influenciados ($P < 0,05$) pelos níveis de proteína e de energia da dieta. O CAD diminuiu com o aumento do nível energético das dietas. As relações lipo-somáticas e víscero-somáticas foram afetadas ($P < 0,05$) pela energia dietética, aumentando com o aumento dos níveis de energia. Por meio do uso da regressão segmentada estimou-se a exigência protéica e energética para juvenis de dourado como sendo de 45,08% de PB e 4.600,0 kcal EB/kg, e uma relação energia:proteína variando entre 10,20 e 10,65 kcal de EB/g de PB, como ideal para ótimo desempenho e retenção de nutrientes e energia. Para avaliação do valor nutricional dos alimentos, foi determinado o coeficiente de digestibilidade aparente (CDA) da energia e nutrientes de fontes protéicas de origem animal e vegetal em dietas práticas para o dourado ($19,49 \pm 5,04$ g). Os peixes, foram confinados em gaiolas de polipropileno (80 L; 40 peixes/gaiola) e alimentados com dietas teste granuladas que continham 30% do ingrediente teste e 70% de uma ração referência (RR) prática contendo 48,14% de PB, 4.453,2 kcal de EB/kg e 0,1% de óxido de cromo III. Após a última alimentação, as gaiolas eram transferidas para aquários cilindro-cônicos (200 L) onde as fezes eram coletadas por sedimentação em recipientes refrigerados. Houve diferença ($P < 0,01$) para os CDAs dos nutrientes e energia das diferentes fontes protéicas. Foram obtidos valores de CDA de: 94,25; 91,26; 93,05 e 93,47% para a PB, 91,03; 90,33; 87,83 e 88,78% para a EB, 92,06; 84,49; 80,58 e 79,25% para matéria mineral, 83,90; 80,26; 84,25 e 84,55% para matéria seca e 97,38; 96,74; 93,32 e 91,46% para os lipídios, para a farinha de peixe (FP), farinha de vísceras (FV), farelo de soja (FS) e farelo de glúten de milho (FGM), respectivamente. O CDA médio dos aminoácidos foi de: 93,60; 89,95; 92,07 e 92,45% para FP, FV, FS e FGM, respectivamente. Todos os ingredientes testados foram eficientemente aproveitados e podem substituir parcialmente a FP em rações para o dourado.

Palavras-chave: Dourado; *Salminus brasiliensis*; Exigência nutricional; Proteína; Digestibilidade; Fontes protéicas; Energia

ABSTRACT

Protein and energy requirements and biological value of selected feedstuffs for the dourado *Salminus brasiliensis*

The dourado, *Salminus brasiliensis*, presents excellent farming characteristics, such as fast growth and excellent flesh quality. However, the lack of the knowledge on the species nutritional requirements and biological value of feedstuffs hamper the formulation of diets for optimized performance and, consequently, the species' intensive farming. To determine the species' nutritional requirements, juveniles dourado (5.29 ± 0.21 g) were stocked in 75 cages (60-L) set up in 1,000-L containers, and fed for 60 days diets containing levels of crude protein (CP) between 35 to 51% (4% increments) and gross energy (GE) varying of 4,200 to 5,000 kcal/kg feed (200 kcal increments). The trial was set up in a completely randomized design, 5×5 factorial scheme (five levels of GE and five levels of CP, with three replications). Data on weight gain (WG), percentage weight gain (PWG), daily feed consumption (DFC), food conversion ratio (FCR), specific growth rate (SGR) and nutrient retention were recorded. No interaction ($P > 0.05$) between dietary energy and protein levels for all parameters was detected. The values of DFC, WG, RWG, FCR, SGR and nutrient retention were affected ($P < 0.05$) by the dietary protein and energy levels. DFC decreased with increasing energy levels. The liposomatic and viscerosomatic indexes were affected ($P < 0.05$) by dietary energy levels, and increased with increasing energy levels. Through broken line analysis technique, the requirements estimated for optimum performance and nutrient and energy retention of dourado were 45.08% CP, 4,600.0 kcal GE/kg, and a energy:protein ratio varying between 10.20 and 10.65 kcal of GE/g of CP. Apparent digestibility is one of the main tools to evaluate the potential of an ingredient to be used in aquafeeds. To evaluate the apparent digestibility coefficient (ADC) of energy and nutrients of animal and plant protein sources in practical diets for the dourado (19.49 ± 5.04 g), fish were stocked in plastic cages (80-L) and fed pelleted test diets containing 30% of test ingredients plus 70% of a reference diet (RR) containing 48.14% CP, 4,453.2 kcal GE/kg, and 0.1% of chromium oxide III. After the last daily meal, cages were transferred to cylindrical conical-bottomed aquaria (200-L) where feces were collected by sedimentation in refrigerated containers. ADCs of nutrients and energy of selected protein sources differed ($P < 0.01$); ADC values were: 94.25; 91.26; 93.05 and 93.47% for CP, 91.03; 90.33; 87.83 and 88.78% for GE, 92.06; 84.49; 80.58 and 79.25% for ash, 83.90; 80.26; 84.25 and 84.55% for dry matter, 97.38; 96.74; 93.32 and 91.46% for lipid for fish meal (FM), poultry by-product meal (PBM), soybean meal (SBM), and corn gluten meal (CGM), respectively. The average ADC of amino acids was: 93.60; 89.95; 92.07 and 92.45% of FM, PBM, SBM and CGM, respectively. All tested ingredients were efficiently used and can partially replace FM in diets for carnivorous dourado.

Keywords: Dourado; *Salminus brasiliensis*; Nutritional requirement; Protein; Digestibility; Protein sources; Energy

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Consumo alimentar diário por agrupamento de energia bruta e proteína bruta	45
Figura 2 – Exigência em proteína bruta e energia bruta de juvenis de dourado para o máximo ganho de peso (GP), estimada pelo método da regressão segmentada ...	47
Figura 3 – Exigência em proteína bruta e energia bruta de juvenis de dourado para o máximo ganho de peso relativo (GPR), estimada pelo método da regressão segmentada	48
Figura 4 – Ganho de peso (GP) para os diferentes níveis de energia bruta e proteína bruta, estimado pelo método de regressão para ajuste da superfície de resposta	49
Figura 5 – Ganho de peso relativo (GPR) para os diferentes níveis de energia bruta e proteína bruta, estimado pelo método de regressão para ajuste da superfície de resposta	50
Figura 6 - Exigência em proteína bruta e energia bruta de juvenis de dourado para a máxima taxa de crescimento específico (TCE), estimada pelo método da regressão segmentada	52
Figura 7 – Taxa de crescimento específico (TCE) para os diferentes níveis de energia bruta e proteína bruta, estimada pelo método de regressão para ajuste da superfície de resposta	53
Figura 8 – Exigência em proteína bruta e energia bruta de juvenis de dourado para o máximo índice de conversão alimentar (ICA), estimadas pelo método da regressão segmentada	55
Figura 9 – Conversão alimentar (CA) para os diferentes níveis de energia bruta e proteína bruta, estimada pelo método de regressão para ajuste da superfície de resposta ..	56

Figura 10 – Relação energia bruta : proteína bruta para o máximo ganho de peso (GP) e máxima conversão alimentar (CA), estimada pela método da regressão segmentada	58
Figura 11 - Médias dos coeficientes de retenção de proteína (CRP) e energia (CRE) na carcaça de juvenis de dourado para as médias agrupadas dos níveis de proteína bruta (letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ($\alpha = 0,05$))	62
Figura 12 - Médias dos coeficientes de retenção de proteína (CRP) e energia (CRE) na carcaça de juvenis de dourado para as médias agrupadas dos níveis de energia bruta (letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ($\alpha = 0,05$))	62

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Composição das dietas referentes ao experimento I	35
Tabela 2 - Composição da ração referência (matéria natural) referente ao experimento II	38
Tabela 3 - Desempenho dos juvenis de dourado alimentados com dietas contendo diferentes níveis de energia e proteína	43
Tabela 4 - Composição corporal (base na matéria seca) e coeficientes de retenção protéica e energética dos juvenis de dourado alimentados com dietas contendo diferentes níveis de energia e proteína	60
Tabela 5 - Composição em energia bruta e nutrientes da ração referência e ingredientes testados	64
Tabela 6 – Perfil de aminoácidos da ração referência e dos ingredientes testados (% da matéria seca)	65
Tabela 7 – Coeficientes de digestibilidade aparente dos nutrientes e energia da ração referência e dos ingredientes testados	66
Tabela 8 - Coeficientes de digestibilidade aparente dos aminoácidos da ração referência e dos ingredientes testados	72

LISTA DE ABREVIATURAS

CAD – consumo alimentar diário
CDA – coeficiente de digestibilidade aparente
CRE – coeficiente de retenção energética
CRP - coeficiente de retenção protéica
EB – energia bruta
EB:PB – relação energia bruta : proteína bruta
g – grama
GP – ganho de peso
GPR – ganho de peso relativo
ICA – Índice de conversão alimentar
kcal – quilocaloria
kg – quilograma
L – litro
LP – lipídio
MM – matéria mineral
MS – matéria seca
PB – proteína bruta
PF – peso final
PI – peso inicial
RHS – relação hepato-somática
RLS – relação lipo-somática
RVS – relação víscero-somática
SBV – sobrevivência
TCE – taxa de crescimento específico
TEP – taxa de eficiência protéica

1 INTRODUÇÃO

A produção comercial de peixes carnívoros foi impulsionada com o domínio de técnicas de propagação artificial, condicionamento e treino alimentar, representando, atualmente, 9% do total de produtos aquícolas produzidos no mundo (FAO, 2004). O aumento da exploração das espécies carnívoras deve-se não apenas ao fato de serem apreciadas por praticantes da pesca esportiva, mas também por apresentarem excelente carne de qualidade e aceitação no mercado.

Várias espécies de peixes carnívoros autóctones têm potencial para a aquicultura, e.g. o pintado (*Pseudoplatystoma coruscans*), o tucunaré (*Cichla* sp.), o cachara (*Pseudoplatystoma fasciatum*), a pirarara (*Phractocephalus hemiliopterus*), entre outras. Todavia, de modo geral, a aquicultura nacional caracteriza-se pelo uso de espécies exóticas. Entre as espécies nativas que vêm despertando crescente interesse dos produtores, destaca-se o dourado (*Salminus brasiliensis*), Characiforme carnívoro típico da Bacia do Prata, que apresenta rápido crescimento inicial, esportividade e ótima qualidade e valor de sua carne (ADAMANTE, 2005; GAZZOLA, 2003; MACHADO, 2004; VEGA-ORELLANA; FRACALOSI; SUGAI, 2006). Porém, a produção intensiva do dourado depende da superação técnica de alguns entraves relacionados ao canibalismo, adaptação ao confinamento e, principalmente, formulação de dietas nutricionalmente completas que, por sua vez, depende do conhecimento das exigências nutricionais e valor biológico dos alimentos para a espécie.

A exemplo das demais espécies carnívoras, a otimização ou maximização do desempenho do dourado em confinamento está condicionada ao uso de dietas com altos teores de proteína (> 40%), o que aumenta os custos de produção, uma vez que a proteína é considerada o nutriente mais caro da dieta que, por sua vez, é responsável por até 70% dos custos totais (BORBA; FRACALOSI; PEZZATO, 2006; CHO et al., 2005; CORTÉS-JACINTO et al., 2005; CYRINO, 2000). Sendo assim, é de extrema importância a determinação da quantidade mínima de proteína necessária para satisfazer as exigências de aminoácidos que proporcionarão o máximo desempenho (NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC, 1993).

Segundo Cho (1992), a quantidade ótima de proteína nas dietas para peixes está marcada por um delicado balanço entre energia e proteína (E:P). Um excesso de energia não protéica, como resultado da formulação de dietas com uma alta relação energia e proteína (E:P), pode levar à diminuição da ingestão antes que haja o consumo da quantidade suficiente de proteína,

comprometendo o ganho de peso e acarretando um maior acúmulo de gordura corporal, já que o consumo é determinado, fundamentalmente, pela energia total disponível na dieta (COLIN et al., 1993; NRC, 1993). Já, uma dieta com baixa E:P, também resulta em redução no ganho de peso, uma vez que parte da proteína será usada como fonte de energia, o que não é desejável visto seu elevado custo (NRC, 1993).

Em dietas para peixes carnívoros, grande parte da proteína dietética é suprida pela farinha de peixe que, devido ao seu alto valor biológico, equilíbrio em aminoácidos e ótima palatabilidade, é considerada a principal fonte protéica em rações para peixes (ALLAN et al., 2000; DENG et al., 2006; GLENCROSS et al., 2007; OLIVEIRA FILHO; FRACALLOSSI, 2006; WU et al., 2006; ZHOU et al., 2004). Contudo, estudos têm demonstrado aumento na demanda e progressiva escassez da farinha de peixe de qualidade no mercado mundial, fatos que levam ao aumento relativo em seu preço. Por esta razão, a produção de ração comercial de qualidade para a aquicultura dependerá, em um futuro próximo, da obtenção e uso de sucedâneos da farinha de peixe, tanto no aspecto nutricional quanto de custo.

Em resposta a este cenário, diversas pesquisas vêm sendo realizadas com o propósito de identificar fontes protéicas alternativas, disponíveis regionalmente, como substitutos parciais ou totais da farinha de peixe permitindo, assim, a redução nos custos com alimentação (ALLAN et al., 2000; DENG et al., 2006; GLENCROSS et al., 2007; LEE, 2002; PORTZ; CYRINO, 2004; WU et al., 2006; ZHOU et al., 2004).

A correta avaliação de um ingrediente depende não só da determinação de sua composição química, como também da determinação do seu valor nutricional e digestibilidade, ou seja, do conhecimento da quantidade de energia e nutrientes que o animal – peixe – é capaz de absorver e fixar a partir de dietas formuladas com tal ingrediente. Portanto, a determinação do coeficiente de digestibilidade aparente dos nutrientes de um ingrediente deve ser o primeiro passo quando se pretende avaliar seu potencial de inclusão numa dieta balanceada para peixes (ALLAN et al., 2000; PEZZATO et al., 2002).

Como há uma carência de informações sobre a exigência nutricional e valor biológico dos ingredientes para espécies carnívoras autóctones, este trabalho teve por objetivos determinar a exigência em energia, proteína, relação energia:proteína e os coeficientes de digestibilidade aparente da energia e nutrientes de alguns ingredientes normalmente utilizados na formulação de dietas para aquicultura, utilizando o dourado como modelo de estudo.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 O dourado

O dourado, espécie do gênero *Salminus*, teve sua sistemática e taxonomia redefinidas por Géry e Lauzanne (1990) que, ao revisarem este gênero, verificaram que *Salminus maxillosus* (Valenciennes, 1850) (Characiformes: Characidae) era sinônimo de *Salminus brasiliensis* (Cuvier, 1816), nomenclatura que passou a ser adotada para designar a espécie, uma vez que é o sinônimo sênior (MACHADO, 2003). A espécie apresenta coloração amarelo-dourada e nadadeiras alaranjadas; é encontrada na Bacia do Prata (rios Paraná, Paraguai e Uruguai), bacia do rio São Francisco, bacia do rio Mamoré (Bolívia) e alto rio Chaparé (Bolívia). É uma espécie reofílica, que habita preferencialmente ambientes lóticos e encachoeirados, podendo atingir porte de até 5 kg para os machos e 26 kg para as fêmeas (FROESE; PAULY, 2006; KOCH; MILANI; GROSSER, 2000; MACHADO, 2003; MORAES et al., 2004; MORAIS FILHO; SCHUBART, 1955; RIBEIRO, 2005; SCHÜTZ, 2003; ZANIBONI FILHO, 2003).

É uma espécie voraz que, nas fases larval e juvenil, alimenta-se preferencialmente de peixes, microcrustáceos e insetos e, na fase adulta, é exclusivamente piscívora, considerada predador ativo com excelente habilidade natatória. O dourado apresenta desova total, eliminando um único lote de ovócitos maduros em um intervalo relativamente curto, portanto sua reprodução ocorre uma vez por ano, período em que faz migração até a cabeceira dos rios para a desova. Após a fecundação, os ovos são transportados pelas águas em direção a remansos e lagoas marginais formadas nas épocas das chuvas, onde se desenvolvem até a fase juvenil, quando então retornam à calha dos rios para reiniciar o ciclo (BORGHETTI; CANZI; FERNANDEZ, 1990; KOCH; MILANI; GROSSER, 2000; MACHADO, 2003; MAI, 2004; SCHÜTZ, 2003; SERAFINI, 2005; VAZZOLER, 1996; VEGA-ORELLANA; FRACALLOSSI; SUGAI, 2006; ZANIBONI FILHO, 2003).

O dourado tem despertado grande interesse para a piscicultura por apresentar excelentes características zootécnicas, como ótima qualidade e valor de sua carne, rápido crescimento inicial, esportividade além do potencial para uso como peixe ornamental. Porém, a produção intensiva da espécie depende ainda da superação de alguns entraves relacionados ao comportamento, principalmente o canibalismo nas primeiras fases de vida, e à carência de

informações confiáveis quanto às exigências nutricionais e de qualidade de água (ADAMANTE, 2005; GAZZOLA, 2003; MAI; ZANIBONI FILHO, 2005; KOCH; MILANI; GROSSER, 2000; VEGA-ORELLANA; FRACALOSSO; SUGAI, 2006; ZANIBONI FILHO, 2000; ZANIBONI FILHO, 2003).

2.2 Proteína

A proteína é o nutriente de maior importância para o crescimento de peixes (GAO et al., 2005; KIM; LEE, 2005; LEE; KIM, 2005; PEZZATO et al., 2004; SÁ, POUSSÃO-FERREIRA; OLIVA-TELES, 2006). As proteínas desempenham várias funções dinâmicas e estruturais, essenciais ao organismo. As funções dinâmicas incluem transporte (transferrina e hemoglobina), controle metabólico (hormônios), contração (miosina e actina) e catálise de transformações químicas (enzimas), além do papel protetor do organismo contra infecções bacterianas e virais (imunoglobulinas e interferon). O desenvolvimento da matriz óssea (colágeno) e do tecido conjuntivo (elastina) é função estrutural da proteína (DEVLIN, 1998).

Os constituintes fundamentais das proteínas são os aminoácidos, os quais contêm um átomo central, o carbono alfa, ao qual um grupo carboxílico, um grupo amino e um átomo de hidrogênio estão covalentemente ligados. Além disso, o átomo de carbono alfa está ligado a um grupo químico específico – R ou radical – que define exclusivamente cada um dos 20 aminoácidos comuns (DEVLIN, 1998).

A proteína é o componente orgânico mais abundante nos tecidos dos peixes, totalizando 65 a 75% do peso seco corporal. Os peixes consomem proteína para obter os aminoácidos. A proteína é hidrolisada enzimaticamente, liberando os aminoácidos, que são absorvidos pelo trato intestinal e distribuídos através da corrente sanguínea para os órgãos e tecidos, onde são utilizados continuamente na síntese e degradação de proteínas durante o processo de crescimento ou reprodução, ou como fonte de energia (MILLWARD, 1989; WILSON, 1989).

É necessário que os peixes ingiram proteínas regularmente, pois os aminoácidos são exigidos continuamente pelo organismo do peixe, tanto para formação de novas proteínas (crescimento e reprodução) quanto para a reposição das proteínas degradadas para as funções de manutenção de tecidos e órgãos. O uso de dietas com quantidades insuficientes de proteína ou composição inadequada de aminoácidos pode causar redução no crescimento, diminuição da

eficiência alimentar, imunodepressão e perda de peso em função da mobilização da proteína de alguns tecidos para manutenção das funções vitais. Por outro lado, se a quantidade de proteína suplementada na dieta é superior às exigências do peixe, somente parte desta será usada para formação de tecido muscular e crescimento; o restante será catabolizado, convertido em energia e o excesso de nitrogênio será liberado no ambiente podendo gerar problemas ambientais (MILLWARD, 1989; SÁ; POUSÃO-FERREIRA; OLIVA-TELES, 2006; STEFFENS, 1989; WILSON, 1989; WINFREE; STICKNEY, 1981).

O uso da proteína dietética como fonte de energia é indesejável, uma vez que esse é o nutriente mais caro da dieta, podendo representar até 70% dos custos totais de produção na criação de espécies carnívoras (CYRINO, 2000). Dessa forma, é de fundamental importância econômica determinar qual a quantidade mínima desse nutriente que irá proporcionar o máximo crescimento.

Os diferentes teores de proteína exigidos nas dietas dos peixes são geralmente função do seu hábito alimentar, herbívoro, onívoro ou carnívoro (De SILVA; ANDERSON, 1995). As exigências protéicas dos peixes carnívoros são geralmente altas, em torno de 40 a 50% da dieta (DENG et al., 2006; De SILVA et al., 2002). Tacon e Cowey (1985) relataram que esta exigência está relacionada à capacidade inata que estes peixes possuem de utilizar a proteína dietética como fonte de energia. Além do hábito alimentar da espécie, outros fatores importantes que influenciam na exigência protéica são a idade e o tamanho dos peixes. Geralmente as exigências em proteína diminuem com o crescimento do peixe. Nas fases iniciais, salmões necessitam de dietas contendo entre 45 e 50% de proteína bruta, enquanto que no estágio juvenil esta exigência cai para 40% e na fase final de crescimento pode ser atendida com 35% de proteína bruta dietética (NRC, 1993).

A variação dos parâmetros ambientais também determinam alterações nas exigências em proteína e aminoácidos para os peixes (De SILVA; ANDERSON, 1995). Millikin (1982) determinou que a exigência em proteína do “striped bass” é 47% a 20 °C e 55% a 24 °C. Outros fatores que influenciam a exigência em proteína de uma determinada espécie são a qualidade da proteína (balanço de aminoácidos), a taxa de arraçoamento, a presença de alimento natural e o nível de energia da dieta (WEBSTER; LIM, 2002).

A exigência em proteína dietética pode ser definida como a quantidade mínima necessária para satisfazer as exigências nutricionais em aminoácidos que proporcionarão o máximo

crescimento (NRC, 1993). Portanto, os níveis de proteína na dieta devem assegurar quantidades adequadas de aminoácidos para atender uma espécie em particular, permitindo que o organismo sintetize suas próprias proteínas para manutenção dos ritmos de desenvolvimento e crescimento em níveis adequados. Além de suprir as necessidades mínimas de cada aminoácido, as dietas devem assegurar a manutenção de uma relação constante entre as concentrações destes aminoácidos. Excesso ou deficiência de certos aminoácidos pode determinar desequilíbrio nas relações e interações entre aminoácidos, causando antagonismo, afetando a taxa de ingestão, o transporte de nutrientes, o catabolismo, a taxa de síntese e de degradação de tecido muscular e a formação de metabólitos tóxicos (JARAMILLO, 1996). Segundo Cho (1992), a concentração ótima de proteína nas dietas para peixes está marcada por delicado balanço entre energia e proteína (E/P). O excesso de energia não protéica, como resultado da formulação de dietas com alta relação energia e proteína (E/P), pode levar a diminuição da ingestão antes que haja o consumo da quantidade suficiente de proteína, já que o consumo é determinado, fundamentalmente, pela energia total disponível na dieta (COLIN et al., 1993).

Samantaray e Mohanty (1997) relataram que peixes da espécie “snakehead” (*Channa striata*) alimentados com dietas contendo de 35-40% de proteína, foram mais eficientes para síntese de tecido muscular que aqueles alimentados com dietas contendo 45-50% de proteína. Os autores afirmaram que a melhor relação proteína:energia e máximo crescimento foram obtidos com níveis mais baixos de proteína na dieta, indicando assim que os níveis de energia são mantidos pelos lipídios e carboidratos e a proteína “economizada” pode ser utilizada para a síntese de tecido muscular.

As fontes de proteínas não são idênticas em seus valores nutricionais. O valor nutricional de uma fonte de proteína é função da digestibilidade e da composição em aminoácidos. Existem alguns ingredientes protéicos com altos níveis de proteína bruta, mas que contêm grande proporção de nitrogênio não-protéico. Neste caso, estes ingredientes não contribuem com aminoácidos suficientes para suprir as exigências nutricionais das espécies e simplesmente aumentam a produção de amônia e excreção de nitrogênio pelos peixes, com prejuízos à produtividade e à qualidade da água no ambiente do sistema de criação (CHO, 1990).

Híbridos de “bluegill” (*Lepomis* sp.), ciclídeo de clima temperado e hábito alimentar onívoro, apresentam exigência nutricional de 37% de PB quando menores que 20 g (TIDWELL; WEBSTER; CLARK, 1992). Resultados de experimentos conduzidos com esta espécie por

Webster, Tiu e Tidwell (1997) apontaram que dietas contendo entre 35 e 36% de PB resultaram em melhor crescimento para peixes de 20 a 50g, quando 32% da proteína da dieta era originário da farinha de peixe. Peixes alimentados com dietas contendo níveis menores que 35% de PB apresentaram crescimento inferior. Segundo o NRC (1993), a exigência protéica para a truta arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*), expressa como proteína digestível, é de 38%. Alevinos de truta marrom (*Salmo trutta*), pesando aproximadamente 1 g, apresentaram maior crescimento quando alimentadas com dietas contendo entre 48 e 53% PB (ARZEL et al., 1995).

Objetivando determinar a exigência protéica de juvenis de pintado (25,12 g), Machado (1999) testou concentrações de PB na dieta de 30, 36, 42 e 48% e 3.500 e 4.000 kcal ED/kg, concluindo que o melhor ganho em peso e eficiência alimentar foram obtidos com dietas contendo 30% de PB e 4.000 kcal de ED/kg. Percebe-se, portanto, que este nível de PB está muito aquém dos observados na literatura para peixes carnívoros.

Sampaio; Kubitz e Cyrino (2000) estimaram a exigência dietética em proteína para alevinos de tucunaré *Cichla* sp. (10 g), espécie carnívora tropical, alimentados com quatro rações isoenergéticas (3.500 kcal de ED/kg) com níveis de proteína bruta de 30, 33, 37 e 41%. Os autores relataram que os peixes alimentados com a dieta contendo 41% de PB foi a que apresentou melhor desempenho produtivo.

Juvenis de perca prateada (*Bidyanus bidyanus*), pesando em média 2,72 g, exigem níveis dietéticos de proteína bruta para o máximo crescimento de aproximadamente 42% (YANG; LIOU; LIU, 2002). Já juvenis da espécie carnívora “largemouth bass” (*Micropterus salmoides*), apresentaram maior sobrevivência, ganho de peso e eficiência alimentar com nível de 47% de proteína bruta (TIDWELL; WEBSTER; COYLE, 1996). Portz, Cyrino e Martino (2001) determinaramo nível de 43,59% PB o mínimo necessário para o máximo desempenho desta mesma espécie. Para juvenis de linguado (*Paralichthys olivaceous*), o nível de proteína dietética que propicia o maior ganho de peso e melhor eficiência alimentar está entre 46 e 51% em dietas com baixo teor de lipídios (6%) (LEE; KIM, 2005).

Borghetti, Canzi e Fernandez (1990) determinaram como sendo de 40% a exigência em proteína bruta de juvenis de dourado (*Salminus brasiliensis*), com peso médio de 225,63 g. Porém, o fato de não terem sido avaliados maiores teores de proteína bruta, não permitiu afirmar que o nível de 40% de PB dietética atendeu a todas as exigências nutricionais da espécie. Já, Machado (2004) avaliando a exigência protéica de juvenis de dourado (5,86 g), alimentados com

seis dietas isoenergéticas (4.000 kcal EM/kg) com níveis crescentes de proteína bruta (33,93; 38,11; 41,18; 45,33; 49,65 e 53,61%), estimou, com o auxílio da regressão segmentada, como sendo de 40,97% o nível de proteína que proporcionou o maior ganho em peso para juvenis de dourado.

2.3 Energia

A energia não é um nutriente, mas sim propriedade dos nutrientes, liberada durante a oxidação metabólica da proteína, lipídio e carboidrato (WEBSTER; LIM, 2002). Para a realização de todas as reações bioquímicas, formação de novos tecidos, manutenção do balanço osmótico, movimentação das moléculas e muitas outras reações que necessitam de energia e que tornam a vida possível, bem como para realização de trabalho ou atividade muscular, é necessário um suprimento constante de energia, que o peixe adquire por meio da oxidação de componentes orgânicos após ingestão e absorção do alimento ingerido, ou das reservas corporais de proteínas, gorduras e glicogênio (KAUSHIK; MÉDALE, 1994; SMITH, 1989; WEBSTER; LIM, 2002).

Várias são as vias de perda de energia entre a ingestão e a recuperação nos produtos animais. A partir da energia ingerida, ocorrem perdas pelas fezes, guelras, urina e calor. A energia digestível (ED) representa a energia ingerida corrigida pela perda de energia por meio das fezes. A energia metabolizável representa a energia digestível corrigida pelas perdas através das guelras e da urina, enquanto que a energia líquida representa a energia metabolizável menos a energia perdida no incremento calórico (representado pelo custo energético da digestão, metabolismo e excreção) e pela manutenção (metabolismo basal, atividade voluntária e regulação térmica) (LOVELL, 1998; PEZZATO et al., 2004; WEBSTER; LIM, 2002).

Por não necessitarem manter constante a temperatura corporal, a quantidade de energia dietética exigida pelos peixes é menor quando comparada à exigência energética dos vertebrados endotermos (aves e mamíferos). Os peixes também gastam relativamente menos energia para se manterem em movimento na água que os mamíferos e aves na terra, excretam os metabólitos nitrogenados em forma de amônia (cerca de 85%) em lugar de uréia e ácido úrico, despendendo menos energia no catabolismo protéico e excreção de nitrogênio não aproveitado (PEZZATO et al., 2004; SMITH, 1989; WEBSTER; LIM, 2002).

Aparentemente os peixes necessitam de maior proporção de proteína na dieta do que os animais de sangue quente, porém a quantidade de proteína exigida por unidade de ganho de peso é menor. Segundo Smith (1989), a truta arco-íris e o bagre do canal (*Ictalurus punctatus*) necessitam de 525 e 480 g de proteína/kg de ganho de peso, respectivamente, em comparação com 640 e 800 g de proteína/kg de ganho de peso exigidos pelos suínos e gado de corte, respectivamente. Desta forma, o que parece ser alta exigência em proteína é, na realidade, baixa exigência em energia, devido aos vários fatores citados anteriormente.

Para se obter êxito na produção de peixes, é de extrema importância o conhecimento dos níveis ótimos de proteína, energia e da relação energia:proteína. Baixos níveis de energia dietética não só resultarão na utilização da proteína como fonte de energia ao invés desta ser utilizada na síntese de tecidos, piorando os índices de conversão e de produção, visto que a proteína é o nutriente mais oneroso, como também promoverão o aumento da excreção de amônia no ambiente aquático, tornando-se um potencial poluidor (CHO et al., 2005; SALHI et al., 2004). A elevada disponibilidade de energia nas dietas, por outro lado, resultará em baixa ingestão protéica e, conseqüentemente, de nutrientes essenciais, ocasionando deposição de gorduras visceral e corporal em várias espécies, perda na qualidade da carne, elevada oxidação de ácidos graxos e menor vida útil do pescado (BOSCOLO et al., 2005, 2006; CHOU; SHIAU, 1996; HAYASHI et al., 2002; MCGOOGAN; REIGH, 1996; MUKHOPADHYAY; RAY, 1997; SALHI et al., 2004).

Sabe-se que altos níveis de proteína dietética resultam em taxas rápidas de crescimento para várias espécies, principalmente carnívoras. Por outro lado, a inclusão de níveis acima dos exigidos para o crescimento freqüentemente resulta em altos níveis de produção de amônia (MCGOOGAN; GATLIN III, 2000).

Dietas contendo altos níveis de energia têm um efeito protetor da proteína, resultando em menor produção de amônia. Estes altos níveis de energia se dão pelo aumento da inclusão de lipídio na dieta, já que os lipídios são nutrientes de alta densidade energética e prontamente metabolizados pelos peixes (MCGOOGAN; GATLIN III, 2000). Este efeito protetor da proteína e redução na produção de amônia foi relatado para diversas espécies de peixes alimentadas com dietas contendo lipídios como a principal fonte de energia (JAYARAM; BEAMISH, 1992; VERGARA et al., 1996).

Geralmente são as gorduras ou materiais lipossolúveis que afetam o sabor, a aparência e a qualidade de peixes armazenados congelados. As rações comerciais utilizadas em piscicultura têm muito pouca influência no sabor do pescado, mas podem ocasionar depósitos de gordura indesejáveis no filé. Os consumidores relacionam a carne de pescado a um produto de carne magra, com textura firme e macia e não gorduroso. Os peixes em ambiente natural são mais magros que aqueles criados em sistema intensivo, pois nas rações utilizadas em criações comerciais, as taxas de alimentação e a relação energia:proteína são mais altas que no alimento natural (8 a 10 kcal de ED/g de proteína na dieta contra 5 a 6 kcal de ED/g de proteína na fauna aquática – insetos, larvas, crustáceos etc) (LOVELL 1998).

Filés originados de peixes alimentados com dietas contendo altas relações ED:PB são mais gordurosos. Ao avaliar o ganho em peso *versus* o ganho em proteína de peixes alimentados *ad libitum* com cinco níveis de energia digestível (2,2 a 4,6 kcal/g) e dois níveis de proteína bruta (27 e 37%), Lovell (1986) observou aumento no ganho de peso com o incremento da ED na dieta em ambos os níveis de proteína. Entretanto, a maior retenção protéica ocorreu com o aumento dos níveis de ED no nível mais alto de proteína. Isto mostra que os peixes alimentados com baixa proteína na dieta usam a energia adicional para acúmulo de gordura ao invés de ganho em proteína.

Burtle (1990) relatou que o crescimento e composição corporal do bagre do canal são afetados pela relação ED:PB na dieta, e que esta varia com o tamanho do peixe. Quando dietas comerciais com baixa relação energia:proteína são fornecidas ao bagre do canal, o resultado é um peixe mais magro, e a taxa de crescimento reduzida. Desta maneira, dietas contendo níveis de 24 a 26% de PB e níveis de energia entre 2.700 a 2.800 kcal de ED/kg (ED:PB = 11,2 a 11,6 kcal/g) seriam recomendadas para o bagre do canal na fase de crescimento. Esta afirmação é corroborada por Robinson e Li (1997), que observaram que a quantidade de gordura no filé obtido dessa espécie não aumentou significativamente quando a relação ED:PB foi mantida em 10 a 11 kcal/g.

Ainda nesse sentido, Rojas e Verdegem (1994) estudaram os efeitos de diferentes relações energia digestível:proteína bruta no crescimento do guapote (*Cichlasoma managuense*), uma espécie carnívora de água doce, que vive bem em águas de temperatura variando de 25 a 30°C, originária da América Central e conhecida pela excelente textura e sabor de sua carne. Esses autores mostraram que a taxa de crescimento da espécie (4 g) está em torno de 6 a 12 g/kg^{0,8}/dia e

que o uso de dietas com uma relação energia:proteína maior que 8 a 9 kcal de ED/g de PB, com 3.300 kcal de ED e 35 a 40% de PB, não aumenta esta taxa de crescimento.

Há uma série de fatores que afetam a exigência em energia pelos peixes, entre eles podemos destacar: a atividade física, a temperatura, o tamanho do peixe, a taxa de crescimento, a espécie e o consumo alimentar. A atividade física inclui a natação, a fuga de um predador e o estresse. A temperatura da água influencia diretamente a temperatura corpórea e conseqüentemente a taxa de metabolismo. Peixes menores exigem mais energia por unidade de peso que peixes maiores. Peixes com rápido crescimento exigem mais energia que peixes com crescimento lento (WEBSTER; LIM, 2002).

Em altas temperaturas, as exigências em energia para manutenção são maiores, pois os peixes não são capazes de consumir energia suficiente para acumular lipídio no corpo. A exigência de energia para manutenção é definida pela quantidade de energia exigida para alcançar um estado de balanço de energia estável, ou seja, quando não há ganho nem perda de energia pelo animal, não há crescimento. Sob condições de jejum, a quantidade de energia exigida para sobrevivência e manutenção dos processos fisiológicos vitais é derivada somente da degradação das reservas corporais (KAUSHIK; MÉDALE, 1994; SHEARER, 1994).

Ao alimentar alevinos de lambari tambuí (*Astyanax bimaculatus*) com dietas contendo cinco níveis de energia digestível (de 2.900 a 3.300 kcal/kg) combinado com dois de proteína bruta (32 e 38%), Cotan et al. (2006) determinaram a exigência em energia como sendo de 2.900 kcal de ED/kg, independente do nível protéico, que proporciona o melhor desempenho. Ali e Jauncey (2005) alimentaram bagre africano (*Clarias gariepinus*) (10,9 g) com dietas contendo dois níveis de proteína bruta (33 e 43%) e energia bruta variando de 4.658 a 5.279,5 kcal/kg. Os autores relataram que os peixes apresentaram melhor desempenho em ganho de peso e eficiência alimentar quando alimentados com dietas contendo 43% de proteína bruta, 5.064,5 kcal de energia bruta/kg e relação energia:proteína de 11,25 kcal/g. Já Jantrarotai et al. (1998) encontraram valores menores da relação ED:PB para alevinos do híbrido do bagre africano (*Clarias macrocephalus* x *C. gariepinus*). Estes alevinos necessitam, para obterem máximo desempenho, de dietas contendo 40% de proteína bruta, 2.750 kcal de energia digestível e, portanto, uma relação ED:PB de 6,87 kcal ED/g.

Juvenis do híbrido “sunshine bass” (“striped bass” *Morone saxatilis* x “white bass” *Morone chrysops*), alimentados com dietas contendo de 25 a 55% de proteína bruta e níveis de

energia digestível variando de 2.433 a 3.350 kcal/kg, apresentaram diminuição linear no ganho de peso e nos depósitos corporais de lipídios com o aumento de energia e proteína na dieta e determinaram a melhor relação ED:PB como sendo a de 7,65 kcal/g, com 40% de PB e 3.060 kcal/kg de energia digestível (BROWN; NEMATIPOUR; GATLIN III, 1992). Quanto ao valor da relação ED:PB, resultado semelhante foi relatado por Portz; Cyrino e Martino (2001) para juvenis de “black bass” (*Micropterus salmoides*). Estes juvenis apresentaram exigência nutricional de 43,59% para proteína bruta e 3.871 kcal de ED/kg de dieta, com os limites da relação energia:proteína compreendidos entre 7,78 e 8,83 kcal de ED/g.

Verifica-se que altos teores de energia no alimento reduzem rendimento de carcaça, qualidade do pescado e tempo de armazenamento dos produtos processados. A utilização de um menor nível de proteína nas dietas seria recomendada, uma vez que seria mais econômico. Entretanto, se rendimento e qualidade do produto final forem considerados em conjunto, o uso de níveis mais elevados de proteína seria mais apropriado. Isto tornaria a relação energia:proteína menos elástica e permitiria a obtenção de produtos de melhor qualidade a partir do pescado criado comercialmente (BRIGHT; COYLE; TIDWELL, 2005; LEE; JEON; LEE, 2002; McGOOGAN; GATLIN III, 1999; NANKERVIS; MATTHEWS; APPLEFORD, 2000; OKORIE et al., 2007).

2.4 Fontes de energia não protéicas: lipídios e carboidratos

A oxidação da proteína dietética para obtenção de energia é nutricional e economicamente ineficiente (MÉDALE; BLANC; KAUSHIK, 1991). Os custos por unidade de peixe produzido podem ser reduzidos pelo uso de fontes de energia de baixo custo como ingredientes ricos em carboidratos e lipídios, procurando-se fazer com que o uso de fontes protéicas de alto custo, como a farinha de peixe, seja minimizado tanto quanto possível. A redução da proteína na dieta ao mínimo exigido pode ter conseqüências importantes para o meio ambiente, minimizando os efluentes de nitrogênio e maximizando a economia dos recursos disponíveis por unidade de peixe produzido. A inclusão de fontes de energia não protéicas reduz a utilização da fração protéica da dieta para fins energéticos e melhora a sua utilização para o crescimento, num processo conhecido como efeito economizador da proteína (do inglês “protein sparing effect”) (ABIMORAD; CARNEIRO, 2007; HILLESTAD; JOHNSEN; ASGARD, 2001).

A principal função dos lipídios para os peixes é produzir energia metabólica para o crescimento, reprodução, natação e armazenamento (BOGUT et al., 2002; MARTINO et al., 2002; TOCHER, 2003). Devido à baixa capacidade dos peixes carnívoros digerirem carboidratos e por serem os lipídios eficientemente digeridos por essas espécies, eles podem ser utilizados como principal fonte de energia, resguardando a proteína para a sua função principal que é deposição de tecido estrutural – músculo e vísceras – no processo de crescimento (MILLWARD, 1989; NRC, 1993; WATANABE, 1982). A importância dos lipídios para peixes carnívoros foi descrita por vários autores (JOHNSON; WATANABE; ELLIS, 2002; MARTINO et al., 2002; SARGENT; HENDERSON; TOCHER, 1989; TAKEUCHI, 1997). Sullivan e Reigh (1995), por exemplo, demonstraram que o híbrido carnívoro “sunshine bass” apresenta maior coeficiente de digestibilidade da energia quando alimentado com dietas ricas em lipídios e proteína do que quando alimentado com dietas ricas em carboidratos.

Deficiências no nível de lipídio da dieta resultam em utilização da proteína como fonte de energia (NRC, 1993). Já, seu excesso pode reduzir a ingestão do alimento e o crescimento, produzir peixes com maior teor de gordura no fígado e na carne, característica que diminui a palatabilidade, o rendimento e a vida útil do pescado (JOHNSON; WATANABE; ELLIS, 2002). Porém, a inclusão de níveis adequados de lipídios dietéticos permite que a fração protéica seja eficientemente utilizada para o crescimento, maximizando o desempenho, minimizando os custos, além de melhorar a qualidade do pescado produzido (JOHNSON; WATANABE; ELLIS, 2002).

Além de sua importante função como fonte protéica, os lipídios servem como transportadores das vitaminas lipossolúveis A, D, E e K e provedores de ácidos graxos essenciais, os quais são exigidos para manutenção e estrutura da membrana celular (NRC, 1993; PEZZATO et al., 2004). A deficiência em ácidos graxos essenciais prejudica o crescimento, a conversão alimentar e a sobrevivência dos peixes (WATANABE, 1982).

Segundo Tocher (2003), certos ácidos graxos são preferencialmente catabolizados para obtenção de energia, enquanto que outros são armazenados e utilizados para outros propósitos. O perfil de ácidos graxos da carcaça dos peixes geralmente reflete os níveis dos ácidos graxos eicosapentaenóico (20:5 *n*-3; EPA) e docosahexaenóico (22:6 *n*-6; DHA) contidos na dieta, e ausência de outros, que possivelmente foram catabolizados para a obtenção de energia, sustentando o argumento do catabolismo seletivo (TRUSHENSKI; KASPER; KOHLER, 2006).

McKenzie et al. (1998) correlacionaram o aumento no desempenho natatório do salmão do Atlântico (*Salmo salar*) com elevados níveis dietéticos de ácidos graxos contendo 18 carbonos, concluindo que essa resposta (melhora no desempenho) é resultado da relativa simplicidade desses ácidos graxos na liberação de energia. Se realmente ocorre esta preferência para o catabolismo, torna-se possível o desenvolvimento de misturas de lipídios que forneçam a quantidade ótima de ácidos graxos para energia, economizando os demais que são exigidos para outras funções biológicas (TRUSHENSKI; KASPER; KOHLER, 2006).

Ellis e Reigh (1991) testaram seis dietas isoprotéicas (32% PB) com dois teores de lipídios (6 e 10%) e três níveis de energia bruta (3.774; 4.085 e 4.467 kcal/kg de ração) para juvenis de “red drum” (*Sciaenops ocellatus*). Os melhores resultados de ganho de peso, eficiência alimentar, eficiência de retenção de proteína e eficiência de retenção de energia foram obtidos com a dieta que continha o menor nível de energia e o maior teor de lipídios (3.774 kcal/kg e 10% de lipídio), mostrando que os lipídios tiveram o efeito economizador de proteína para essa espécie carnívora. Os autores relataram que para espécies com hábito alimentar onívoro, os ingredientes ricos em carboidratos apresentam-se como importantes fontes de energia para economizar proteína.

Avaliando os efeitos dos níveis de proteína e lipídios na dieta Satpathy, Mukherjee e Ray (2003) testaram 12 dietas contendo quatro níveis protéicos (25; 35; 40 e 45% de PB) e três de lipídios (5, 10 e 15%) para alevinos de “rohu” (*Labeo rohita*). Os autores relataram que o efeito combinado entre os níveis de proteína e de lipídios foi evidente entre 35 e 40% de proteína, nos quais foi observado um efeito economizador da proteína. Acima desses níveis nenhum efeito positivo foi observado. Martino et al. (2002) testaram quatro dietas isoprotéicas (46% de PB) com quatro níveis de lipídios (6, 10, 14 e 18%) para juvenis de pintado (*Pseudoplatystoma corruscans*), e relataram que a relação lipídio:proteína mais adequada para juvenis de pintado é de 18:46, a qual proporcionou melhor taxa de crescimento que, segundo os autores foi devido ao efeito positivo do uso dos lipídios como economizador de proteína, que foi destinada para síntese de tecidos.

Embora os peixes não tenham exigências dietéticas específicas de carboidratos, pois não apresentam sinais clínicos de carência e deficiência, a inclusão deste nutriente nas dietas constitui uma importante fonte de energia e representa uma considerável economia (GATLIN III, 1999). Os peixes onívoros e herbívoros de águas quentes toleram maiores níveis de carboidratos na

dieta, os quais são utilizados mais eficientemente como fonte de energia ou, seu excesso, estocado na forma de lipídios corporais. Dessa maneira, o amido cozido ou gelatinizado é ainda mais digestível e tem um melhor efeito sobre o crescimento quando comparado com o amido cru (STEFFENS, 1989). Acredita-se que essa maior tolerância seja porque as altas temperaturas favorecem a ação da amilase no trato digestório destas espécies, aumentando a capacidade de digestão do amido (WILSON, 1994). Já a baixa atividade da amilase no fluido intestinal de peixes de águas frias ou marinhas não resulta da baixa taxa de secreção, mas sim da adsorção da amilase ao amido cru, o que inibe a hidrólise do amido cru (SPANNHOF; PLANTIKOW, 1983).

A capacidade de espécies carnívoras hidrolisarem ou digerirem carboidratos complexos é limitada devido à pouca atividade amilolítica do seu trato digestório (SPANNHOF; PLANTIKOW, 1983; WILSON, 1994). Bergot e Breque (1983) mostraram que quanto maior a proporção de amido na dieta de salmonídeos, menor é a digestibilidade deste nutriente. Os mesmos autores relataram que quando salmonídeos são alimentados por um período muito longo com dietas contendo altos níveis de carboidratos, apresentam crescimento reduzido e altos níveis de acúmulo de glicogênio hepático, o que eventualmente causa mortalidade nos estoques mantidos em confinamento.

O glicogênio é uma das muitas formas de armazenamento da energia consumida como alimento pelos peixes. É encontrado em grande quantidade nos tecidos hepático e muscular dos peixes. Embora o tecido muscular de peixes carnívoros, como a truta arco íris, possa concentrar cerca de 6% mais glicogênio que o fígado, as quantidades totais de glicogênio muscular e hepático podem ser consideradas iguais (STEFFENS, 1989). Blasco, Fernandez e Gutierrez (1995) relataram que a carpa comum (*Cyprinus carpio*) apresenta diminuição na quantidade de glicogênio hepático quando mantida sob jejum. Isso mostra que os peixes iniciam a utilização das reservas de glicogênio do corpo a partir do glicogênio hepático, sendo este, portanto, considerado um estoque emergencial de energia prontamente utilizável pelos peixes em situações críticas de estresse (CHRISTIANSEN; KLUNGSOYR, 1987).

A utilização dos carboidratos dietéticos pelos peixes carnívoros varia de acordo com a complexidade ou estrutura físico-química dos carboidratos contidos nos alimentos utilizados (HUTCHINS; RAWLES; GATLIN III, 1998; RAWLES; GATLIN III, 1998). Polissacarídeos e dissacarídeos digestíveis favorecem mais acentuadamente o crescimento que monossacarídeos, assim como amido cozido ou gelatinizado possui maior digestibilidade e influencia positivamente

o crescimento dos peixes comparativamente ao amido cru (ROBINSON; WILSON, 1985). Wilson (1994) relata que a melhor utilização de carboidratos de alto peso molecular, verificada para várias espécies, pode ser explicada pela baixa atividade da enzima hexoquinase e pela ausência da enzima glucoquinase nos tecidos de alguns peixes. Ainda segundo este autor, a digestão desses carboidratos complexos determinaria aporte mais lento de glicose ao fígado, favorecendo dessa forma uma melhor atividade da hexoquinase.

A fibra, composta basicamente de celulose, um carboidrato complexo, é praticamente indigestível para peixes carnívoros e não tem qualquer valor na nutrição destas espécies, devendo ser restringida a menos que 7% da dieta (GATLIN III, 1999). Já, Mc Googan e Reigh (1996) citam que baixas concentrações de fibra dietética (2-5%) apresentam efeitos benéficos no crescimento de peixes. Porém, em altas concentrações (> 8%) a fibra dietética diminui a digestibilidade da matéria seca, da energia e da proteína. Altos conteúdos de fibra reduzem tanto a atividade de enzimas proteolíticas quanto o tempo de passagem do alimento no trato digestório, resultando em digestão e absorção incompleta (ALLAN et al., 2000; JOBLING, 1981; STEFFENS, 1989).

Na natureza, o “red drum” é um carnívoro estrito. Entretanto, seu desempenho em confinamento não é afetado pela inclusão de altos níveis de carboidratos na dieta, embora a fonte de energia preferencialmente utilizada pela espécie seja o lipídio (SERRANO; NEMATIPOUR; GATLIN III, 1992). Por outro lado, o “striped bass” híbrido, também carnívoro, tem menor capacidade de utilização de carboidratos (NEMATIPOUR; BROWN; GATLIN III 1992). Em experimentos com o bagre asiático (*Heteropneustes fossilis*), Erfanullah e Jafri (1999) observaram que os carboidratos complexos e dissacarídeos são melhor utilizados pela espécie que monossacarídeos e que dietas ricas em α -celulose causam baixas retenções de energia e proteína na carcaça.

Kaushik et al. (1989) verificaram o efeito do carboidrato na utilização da relação proteína: energia em juvenis de truta arco-íris. Os peixes foram alimentados com dietas de baixo teor protéico (38% de PB) e ricas em carboidratos (38%) de diferentes fontes: milho extrusado, trigo extrusado, amido cru, amido de milho extrusado e amido de trigo extrusado. A inclusão de cereais extrusados melhorou o aproveitamento da energia dietética. O elevado teor de carboidratos não afetou o crescimento nem a eficiência de retenção de nutrientes.

Para avaliar o crescimento de alevinos do caraciforme híbrido tambacu (*Colossoma macropomum* x *Piaractus mesopotamicus*), Carneiro et al. (1994) utilizaram oito dietas isotélicas (26% PB), com dois níveis de energia bruta (3.900 e 4.500 kcal/kg) e quatro teores de carboidrato (35, 40, 45 e 50%). Os autores observaram que o melhor desempenho dos peixes e maior taxa de eficiência protéica ocorreram com a dieta contendo 3.900 kcal/kg e 45% de carboidratos. Portanto, os carboidratos podem ser eficientemente utilizados como fonte de energia em dietas para o crescimento deste híbrido.

Avaliando o efeito economizador da proteína em juvenis de catla (*Catla catla*), Seenappa e Devaraj (1995) utilizaram 27 dietas semi-purificadas contendo três níveis de proteína bruta (25, 30 e 35%), três de lipídios (4, 8 e 12%) e três de carboidratos (15, 25 e 35%) em um esquema fatorial. Quando os níveis de gordura e de carboidrato foram 4 e 35%, respectivamente, os peixes alimentados com 30 e 35% de PB apresentaram melhores resultados de desempenho, ou seja, o efeito economizador de proteína foi observado somente com o uso de carboidratos.

2.5 Digestibilidade

A farinha de peixe é tradicionalmente considerada a principal fonte protéica para rações de peixes em função do seu alto valor nutricional, equilíbrio em aminoácidos e ótima palatabilidade, promovendo o máximo desempenho em peixes (ALLAN et al., 2000; DENG et al., 2006; GLENCROSS; BOOTH; ALLAN, 2007; OLIVEIRA FILHO; FRACALOSSO, 2006; ZHOU et al., 2004; WU et al., 2006). Estudos têm demonstrando progressiva escassez da farinha de peixe no mercado mundial, associada ao aumento na demanda, e conseqüente aumento relativo em seu preço. Desta forma, a produção de ração comercial de qualidade para a aquicultura dependerá, em um futuro próximo, da elaboração de produtos adequados para substituição da farinha de peixe, tanto no aspecto nutricional quanto de custo (GLENCROSS; BOOTH; ALLAN, 2007; WU et al., 2006).

Assim sendo, nos últimos anos diversas pesquisas vêm sendo realizadas para identificar fontes protéicas alternativas, disponíveis regionalmente, como substitutos parciais ou totais da farinha de peixe, permitindo assim a redução nos custos com alimentação (ALLAN et al., 2000; DENG et al., 2006; LEE, 2002; ZHOU et al., 2004). Além da composição química e palatabilidade, o valor nutricional de um alimento deve ser avaliado com base na quantidade de

energia ou nutriente que o peixe é capaz de digerir e absorver, uma vez que um alimento pode apresentar elevado conteúdo de um nutriente de pouca importância biológica (FURUYA, 2000; GLENCROSS; BOOTH; ALLAN, 2007; KÖPRÜCÜ; ÖZDEMİR, 2005; NRC, 1993). Portanto, a determinação do coeficiente de digestibilidade aparente (CDA) dos nutrientes e da energia de um ingrediente deve ser o primeiro passo quando se pretende avaliar seu potencial de inclusão numa dieta balanceada para peixes, especialmente em condições de produção intensiva, nas quais o acúmulo de alimento não digerido piora a qualidade da água, aumentando os custos de manejo da qualidade da água e as chances do peixe adquirir alguma doença e conseqüente ocorrência de mortandade nos estoques confinados (ALLAN et al., 2000; LIN et al., 2004).

A digestibilidade pode ser descrita como a fração do nutriente ou energia do alimento consumido que é digerido e absorvido, estando disponível para o metabolismo de tecidos e que, portanto não é excretado nas fezes (De SILVA; ANDERSON, 1995; NRC, 1993; MONTAÑO-VARGAS et al., 2002). Se os alimentos para os peixes forem bem avaliados quanto à sua digestibilidade, ter-se-á rações econômicas do ponto de vista de aproveitamento de nutrientes e seguras do ponto de vista ambiental (PORTZ, 2001b).

As diversas fontes protéicas disponíveis no mercado para formulação das rações não possuem os mesmos valores nutricionais e níveis de aminoácidos exigidos pelos peixes, tanto quantitativamente quanto qualitativamente (CYRINO, 2000; PEZZATO et al., 2004). Ainda que existam diversos trabalhos com o objetivo de determinar a digestibilidade da proteína, poucas são as referências sobre a digestibilidade dos aminoácidos dos principais ingredientes utilizados. Um ingrediente protéico de alta digestibilidade não necessariamente apresenta uma alta disponibilidade de aminoácidos (De SILVA; GUNASEKERA; GOOLEY, 2000). Embora exista certa relação entre os valores da digestibilidade aparente da proteína e dos aminoácidos, a obtenção do coeficiente de digestibilidade individual dos aminoácidos é importante, uma vez que apresenta variações para alguns aminoácidos essenciais (HOSSAIN; JAUNCEY, 1989). Visto isso, a avaliação de um ingrediente protéico deve ser feita com base na composição e principalmente na digestibilidade dos aminoácidos nele presentes (ANDERSON et al., 1992; ANDERSON et al., 1995; FURUYA et al., 2001; LEE, 2002; LIN et al., 2004; PORTZ, 2001b; SALES; BRITZ, 2003; STONE et al., 2000; WU et al., 2006).

O conhecimento da digestibilidade de um nutriente é de grande importância para a condução de pesquisas sobre exigências nutricionais, avaliação do potencial de um ingrediente

para inclusão em uma dieta, desenvolvimento de dietas de baixo custo e também de dietas que minimizem o impacto ambiental, devido à descarga de nutrientes não absorvidos, principalmente nitrogênio e fósforo, nos efluentes (ALLAN et al., 2000; CHONG; HASHIM; ALI, 2002; KIM et al., 2006; SALES; BRITZ, 2003; VANDENBERG; De La NOÛE, 2001). O coeficiente de digestibilidade pode ser determinado “in vivo” por dois métodos. O primeiro método é chamado de método direto ou técnica da coleta total. Neste método as quantidades totais do alimento ingerido e das fezes excretadas devem ser conhecidas. O valor da digestibilidade é então determinado por meio da diferença do total ingerido e do total excretado (BELAL, 2005). Infelizmente, esse método apresenta vários problemas, principalmente devido a dificuldade e falta de acurácia na coleta dos dados referentes a quantidade ingerida e de fezes (GLENCROSS; BOOTH; ALLAN, 2007).

O segundo método é conhecido como método indireto ou método do indicador (BELAL, 2005). A maioria dos estudos de digestibilidade com peixes é conduzida pelo método indireto, no qual um marcador, que pode estar naturalmente na dieta (interno) ou introduzido em pequenas porções no alimento (externo), é utilizado para determinação da digestibilidade aparente (STOREBAKKEN; SHEARER; ROEM, 1998; De SILVA; ANDERSON, 1995). O marcador ideal deve ser indigestível e não absorvível, não afetar a palatabilidade da dieta teste, não interferir na fisiologia da digestão do animal, ter a mesma velocidade de passagem pelo sistema digestório que o resto do alimento, não deve ser tóxico e deve ser de fácil determinação (BELAL, 2005; De SILVA; ANDERSON, 1995).

Entre os marcadores externos, o mais utilizado e aceito nos estudos de digestibilidade é o óxido de cromo III (Cr_2O_3) (AUSTRENG, 1978; VANDENBERG; De La NOÛE, 2001). Quando este marcador for utilizado nos ensaios de digestibilidade, as fezes devem ser coletadas a partir do terceiro dia de alimentação, para recuperação completa do Cr_2O_3 , evitando provável fator de erro relacionado com sua velocidade de trânsito mais lenta, obtendo-se assim valores definitivos dos coeficientes de digestibilidade (De la NOUE et al., 1980; SALLUM, 2000). Por sua vez, as fezes podem ser coletadas em câmaras metabólicas (SMITH; PETERSON; ALEED, 1980), por pipetagem direta ou peneiras acopladas no fundo dos tanques (ALLIOT et al., 1978; SPYRIDAKIS et al., 1989; WINDELL; FOLITZ; SAROKON, 1978), por filtragem contínua (CHOUBERT; De la NOÛE; LUQUET, 1982), por dissecação (AUSTRENG, 1978; HAJEN et

al., 1993b), por sucção anal (WINDELL; FOLITZ; SAROKON, 1978; HAJEN et al., 1993a) e por compressão abdominal (HAJEN et al., 1993a).

Vários parâmetros empregados no processo de determinação dos coeficientes de digestibilidade de nutrientes pelos peixes afetam os resultados obtidos. Sendo assim, a estimativa do coeficiente de digestibilidade aparente dos nutrientes de uma dieta ou ingrediente podem variar de acordo com: o método de coleta utilizado, fatores biológicos e ambientais (tamanho e peso dos peixes utilizados, espécie de peixe utilizada, temperatura, etc); erros experimentais (condições experimentais subótimas, erros analíticos, lixiviação, erros de cálculo, etc); equação utilizada para o cálculo do coeficiente de digestibilidade; diferenças no processamento, qualidade e composição química das matérias-primas utilizadas (perdas por super-aquecimento, fatores anti-nutricionais, matéria-prima não-fresca, interação entre os nutrientes, extrusada ou peletizada etc.); composição da dieta referência e nível de inclusão do ingrediente (ALLAN et al., 2000; CHO; BUREAU, 2001; GLENCROSS et al., 2005; KIM et al., 2006; PEZZATO et al., 2004; PORTZ, 2001a; STOREBAKKEN; SHEARER; ROEM, 1998; STOREBAKKEN et al., 1998b; TIBBETTS; MILLEY; LALL, 2006).

Os erros relacionados a metodologia de coleta de fezes são as principais fontes de sub ou super estimativa do coeficiente de digestibilidade aparente (BELAL, 2005). Vanderberg e De la Noüe (2001) compararam a influência de três métodos de coleta de fezes, dois por sedimentação (CHO; SLINGER, 1979; CHOUBERT; De la NOÛE; LUQUET, 1982) e um por compressão abdominal (AUSTRENG, 1978), na avaliação da digestibilidade de uma dieta prática contendo uma série de fontes protéicas (farinha de peixe, farelo de soja, farinha de sangue) pela truta arco íris. Os autores não observaram diferenças entre os dois métodos de coleta por sedimentação, mas os valores dos CDA da dieta obtidos por meio desses dois métodos foram maiores que o obtido por meio da coleta por compressão abdominal. Os mesmos resultados foram observados por Glencross et al. (2005) quando compararam o método de coleta por sedimentação e por compressão abdominal.

Segundo Anderson et al. (1992), os maiores valores dos coeficientes de digestibilidade aparente obtidos quando se utilizam métodos de coleta de fezes por sedimentação estão relacionados às perdas dos nutrientes por lixiviação, que causam super estimativas desses valores. Os mesmos autores relataram que o menor valor do coeficiente de digestibilidade aparente obtido quando se utilizam os métodos de compressão abdominal e de dissecação deve-se à presença de

material não digerido e de sucos digestivos (bile, enzimas e células epiteliais), que aumenta o conteúdo de nitrogênio endógeno, gerando valores subestimados.

Todos os métodos usados para determinar a digestibilidade em peixes estão sujeitos a erros (BUREAU; HARRIS; CHO, 1999; De SILVA; ANDERSON, 1995; HAJEN et al., 1993b). Portanto, o que deve ser feito durante um estudo de digestibilidade, independente do método empregado, é minimizar ao máximo as possíveis perdas de nutrientes que irão ocorrer durante o experimento (ALLAN et al., 2000; STOREBAKKEN et al., 1998a; SPYRIDAKIS et al., 1989, De SILVA; GUNASEKERA; GOOLEY, 2000; PORTZ, 2001a).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Experimento I

O experimento foi conduzido na Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Laboratório de Nutrição de Peixes do Departamento de Zootecnia, em Piracicaba. O laboratório é equipado com 32 tanques de polipropileno com capacidade de 1.000 L, sendo que cada um alojou 3 gaiolas (60 L), confeccionadas em tela de policloreto de vinila atóxico, com malha de 5mm. Os tanques possuem sistema de recirculação de água (uma troca a cada 6 horas) por meio de um filtro biológico, aeração forçada por difusores, com sistema de oxigenação de emergência de borbulhamento de oxigênio gasoso, e temperatura controlada por duas resistências de 7.500 watts e duas de 2.500 watts instaladas no filtro biológico, acopladas a termostato digital.

A iluminação do ambiente foi mantida por oito lâmpadas de halogênio de 370 watts, controladas por temporizador, mantendo fotoperíodo de 12 horas de luz. Os parâmetros de qualidade da água temperatura e oxigênio dissolvido foram registrados diariamente, alternando o período da manhã e da tarde com auxílio de oxímetro digital (YSI – 55/25 FT, Yellow Springs, EUA). Os níveis de amônia e pH foram monitorados por meio de kit colorimétrico comercial (ALFAKIT, Florianópolis, SC).

Foram formuladas 25 dietas experimentais com cinco níveis de energia bruta (EB): 4.200, 4.400, 4.600, 4.800 e 5.000 kcal/kg e cinco níveis de proteína bruta (PB): 35,0; 39,0; 43,0; 47,0 e 51,0% para cada nível de EB, utilizando-se aplicativo de programação linear SuperCrac[®] para

formulação de dietas de custo mínimo (Tabela 1). Para a confecção das dietas, os ingredientes utilizados foram moídos e passados em peneira de 1,0 mm, pesados, homogeneizados, misturados e adicionados de óleo e água. A mistura foi granulada em equipamento modelo ML-4.0/Weg-µline, obtendo-se grânulos de 2,0 mm de diâmetro, e seca em estufa de ventilação forçada (50 °C) por 24 horas. Depois de secas, as dietas foram acondicionadas em sacos plásticos e após resfriamento mantidas em “freezer” (-18 °C).

Juvenis de dourado ($5,29 \pm 0,21$ g), condicionados a aceitar alimento inerte, foram submetidos a jejum de 24 horas, anestesiados em benzocaína (100 mg/L), pesados em balança semi-analítica com precisão de 0,001 g e distribuídos aleatoriamente em lotes de 20 peixes por gaiola, em um delineamento experimental inteiramente aleatorizado em esquema fatorial 5×5 (cinco níveis de EB e cinco níveis de PB, com três repetições/tratamento). Um lote de 10 peixes foi sacrificado por superdosagem em benzocaína (2 g/10 L), triturado, congelado de imediato em recipiente imerso em nitrogênio líquido e armazenado em “freezer” (-18°C), para determinação de composição centesimal inicial da carcaça.

Os peixes foram alimentados diariamente em duas refeições (7h e 16h) até saciedade aparente, por um período de 60 dias. No final do experimento, após jejum de 24 horas, os peixes foram anestesiados (100 mg de benzocaína/L) e foi obtido o peso final de cada parcela. Uma amostra de 3 peixes de cada parcela foi aleatoriamente coletada. Os peixes foram sacrificados e armazenados como descrito anteriormente para posterior análise da composição centesimal da carcaça.

Os parâmetros de desempenho avaliados neste experimento foram:

- Consumo alimentar diário – CAD (%)

$$\text{CAD} = 100 \times [\text{total de alimento consumido} \div (\text{peso corporal médio} \times \text{período em dias})]$$

- Ganho de peso – GP (g)

$$\text{GP} = \text{peso final} - \text{peso inicial}$$

- Ganho de peso relativo – GPR (%)

$$\text{GPR} = 100 \times (\text{peso final} - \text{peso inicial}) \div \text{peso inicial}$$

- Índice de conversão alimentar – ICA

$$\text{ICA} = \text{Total de alimento consumido} \div \text{ganho de peso}$$

Tabela 1 - Composição das dietas referentes ao experimento I

(continua)

Ingredientes	Dietas												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Farinha de peixe	51,00	52,00	50,00	53,00	55,00	51,00	51,00	51,00	51,00	51,00	47,00	51,00	50,00
Farelo de soja	0,00	0,00	17,72	25,00	28,64	0,00	8,20	19,70	3,66	12,32	2,00	5,06	8,80
Farinha de vísceras	0,00	5,88	2,72	1,12	5,78	0,00	0,00	0,00	10,00	10,00	2,00	0,00	0,00
Farinha de trigo	1,28	13,40	15,00	15,66	5,00	10,82	18,00	0,00	0,00	0,00	13,62	5,98	0,00
Milho	35,00	14,22	2,56	0,00	0,00	20,00	11,88	12,32	19,46	10,36	20,00	20,00	15,00
Glutenose	0,26	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,42	9,70	11,16	0,00	3,96	10,66
Óleo de salmão	3,46	2,50	2,00	1,22	0,58	7,80	6,92	5,56	2,18	1,16	10,00	10,00	8,00
α -celulose	2,00	2,00	2,00	2,00	3,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	0,08	2,00	2,00
Amido	5,00	8,00	6,00	0,00	0,00	6,38	0,00	5,00	0,00	0,00	3,30	0,00	3,54
Suplemento mineral e vitamínico ¹	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Composição centesimal (matéria seca)													
Energia bruta (kcal/kg)	4220	4215	4205	4220	4200	4400	4402	4400	4415	4408	4610	4600	4612
Proteína bruta (%)	35,06	39,13	43,08	47,03	51,02	35,10	39,03	43,16	46,96	50,97	35,07	39,10	43,20
Fibra bruta (%)	2,42	2,13	2,55	2,80	3,58	2,31	2,11	2,87	2,21	2,24	2,01	2,46	2,46
Lipídio (%)	10,50	10,20	9,45	9,00	8,88	13,75	12,80	12,76	10,65	10,45	16,58	16,20	15,50
Amido (%)	28,40	23,30	16,52	11,47	8,00	25,12	18,90	15,00	15,00	10,00	24,26	17,85	15,14
Energia : Proteína (kcal/g)	12,04	10,77	9,76	8,97	8,23	12,54	11,28	10,19	9,40	8,65	13,15	11,76	10,68

Tabela 1 - Composição das dietas referentes ao experimento I

(conclusão)

Ingredientes	Dietas											
	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Farinha de peixe	55,00	51,00	35,00	38,00	35,00	32,00	32,00	22,00	25,00	30,00	29,26	38,64
Farelo de soja	14,20	20,00	3,58	0,50	0,00	0,00	7,74	0,00	1,14	0,00	15,54	0,00
Farinha de vísceras	0,00	0,38	0,00	0,00	21,18	23,36	25,00	5,38	10,50	19,20	15,00	25,00
Farinha de trigo	0,00	0,00	10,32	10,20	0,00	0,00	0,00	5,00	0,00	5,00	8,00	8,00
Milho	6,88	0,00	25,00	20,00	22,22	10,94	8,84	25,00	25,00	15,00	0,00	0,00
Glutenose	9,40	16,10	12,60	18,80	10,80	19,46	19,14	24,00	23,00	17,30	18,66	17,36
Óleo de salmão	7,52	5,42	11,50	10,00	8,30	6,24	4,78	12,74	11,50	11,00	10,50	9,00
α -celulose	2,00	2,00	0,00	0,50	0,50	1,00	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Amido	3,00	3,10	0,00	0,00	0,00	5,00	0,00	3,88	1,86	0,50	1,04	0,00
Suplemento mineral e vitamínico ¹	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Composição centesimal (matéria seca)												
Energia bruta (kcal/kg)	4600	4616	4810	4815	4815	4800	4798	5008	5014	5002	5008	5022
Proteína bruta (%)	47,00	51,05	35,02	39,00	43,10	46,90	51,09	35,03	39,10	43,23	47,01	51,11
Fibra bruta (%)	2,61	2,80	1,98	2,00	2,01	2,08	2,08	2,02	2,04	1,98	2,07	1,92
Amido (%)	10,00	7,00	24,60	21,79	16,92	15,00	10,00	23,13	20,44	16,15	10,00	7,56
Energia : Proteína (kcal/g)	9,79	9,04	13,74	12,35	11,15	10,23	9,39	14,30	12,82	11,57	10,65	9,83

¹ Suplemento mineral e vitamínico (Quantidade/kg de ração): 60mg de Mn; 100 mg de Fe; 150 mg de Zn; 15 mg de Cu; 2mg de Co; 4,5 mg de I; 36.000 UI de Vitamina A; 9 mg de B₆; 4.500 UI de D₃; 150 UI de vitamina E; 90 mcg de B₁₂; 6 mg de B₁; 18 mg de B₂; 3 mg de K₃; 3 mg de ácido fólico; 0,2 mg de biotina; 0,4 mg de selênio; 30 mg de ácido pantotênico; 30mg de ácido nicotínico; 192,5 mg de ácido ascórbico.

- Taxa de eficiência protéica – TEP

$$\text{TEP} = (\text{ganho de peso} \div \text{proteína bruta consumida})$$

- Taxa de crescimento específico – TCE (%)

$$\text{TCE} = 100 \times [(\ln \text{ peso final} - \ln \text{ peso inicial}) \div \text{período}]$$

- Relação hepato-somática – RHS (%)

$$\text{RHS} = 100 \times (\text{peso do fígado} \div \text{peso corporal médio})$$

- Relação víscero-somática – RVS (%)

$$\text{RVS} = 100 \times (\text{peso das vísceras} \div \text{peso corporal médio})$$

- Relação lipo-somática – RLS (%)

$$\text{RLS} = 100 \times (\text{peso da gordura mesentérica} \div \text{peso corporal médio})$$

- Coeficiente de retenção protéica – CRP (%)

$$\text{CRP} = 100 \times [(\text{peso final} \times \text{proteína corporal final}) - (\text{peso inicial} \times \text{proteína corporal inicial})] \div \text{proteína bruta consumida}$$

- Coeficiente de retenção energética – CRE (%)

$$\text{CRE} = 100 \times [(\text{peso final} \times \text{energia corporal final}) - (\text{peso inicial} \times \text{energia corporal inicial})] \div \text{energia bruta consumida}$$

Os resultados de desempenho, composição centesimal da carcaça e retenção de nutrientes dos juvenis de dourado foram submetidos à análise exploratória das hipóteses de homogeneidade de variâncias e “outliers” e ao teste de comparação de médias de Tukey ajustado ao nível descritivo de $\alpha = 0,05$, usando-se o sistema computacional estatístico SAS (SAS, 2002). As variáveis de ganho de peso, ganho de peso relativo, taxa de crescimento específico e índice de conversão alimentar foram avaliadas por meio da análise de ajuste da superfície de resposta, utilizando o PROC RSREG e o módulo ANALYST do SAS (2002) para estimar as exigências em energia e proteína. As variáveis ganho de peso, ganho de peso relativo, taxa de crescimento específico e índice de conversão alimentar também foram avaliados por meio do uso do método de regressão segmentada (“broken line analysis”), seguindo metodologia proposta por Portz, Dias e Cyrino (2000), usando-se o software STATISTICA 7.0 (StatSoft Inc., Tulsa, OK., USA).

3.2 Experimento II

A determinação do coeficiente de digestibilidade aparente (CDA) foi feita pelo método indireto utilizando ração marcada com 0,1% de óxido de cromo III (Cr_2O_3) (BREMER NETO et al., 2003). A partir de uma ração referência (RR) prática (48,14% PB; 4.453,2 kcal de EB/kg) (Tabela 2), foram obtidas rações-teste pela substituição de 30% da RR por cada um dos ingredientes em estudo (farinha de peixe, farinha de vísceras, farelo de soja e farelo de glúten de milho).

Tabela 2 - Composição da ração referência (matéria natural) referente ao experimento II

Ingredientes	%
Farinha de peixe	51,00
Farelo de soja	20,00
Farinha de vísceras	0,38
Farelo de glúten de milho	16,10
Óleo de salmão	5,42
α -celulose	1,88
Amido	3,10
Suplemento mineral e vitamínico ¹	2,00
BHT ²	0,02
Óxido de cromo III	0,10
Total	100,00

¹ Suplemento mineral e vitamínico (Quantidade/kg de ração): 60mg de Mn; 100 mg de Fe; 150 mg de Zn; 15 mg de Cu; 2mg de Co; 4,5 mg de I; 36.000 UI de Vitamina A; 9 mg de B₆; 4.500 UI de D₃; 150 UI de vitamina E; 90 mcg de B₁₂; 6 mg de B₁; 18 mg de B₂; 3 mg de K₃; 3 mg de ácido fólico; 0,2 mg de biotina; 0,4 mg de selênio; 30 mg de ácido pantotênico; 30mg de ácido nicotínico; 192,5 mg de ácido ascórbico.

²BHT = Butil Hidroxi Tolueno.

Para a confecção das rações, após a pesagem, homogeneização e mistura dos ingredientes, foi acrescido óleo e água. A mistura foi granulada em equipamento modelo ML-4.0/WEG- μ line, e seca em estufa de ventilação forçada (50 °C), obtendo-se grânulos de 2 mm de diâmetro. Depois de secas, as rações foram acondicionadas em sacos plásticos e após resfriamento, mantidas em refrigerador (-4 °C).

O experimento foi instalado em dez aquários de alimentação, de formato circular e capacidade de 1.000 L e cinco aquários de coleta de fezes, de formato cilindro-cônico, com capacidade de 200 L. A temperatura e o oxigênio dissolvido dos aquários de digestibilidade e de alimentação foram mantidos por meio de aquecedores (25,6 \pm 1,5 °C) e pedras porosas acopladas a um aerador central.

Dourados com peso médio de 19,49 \pm 5,04 g foram alojados em 25 gaiolas (40 peixes/gaiola) circulares de plástico rígido (80 L) e alimentados manualmente até saciedade aparente em quatro refeições diárias (7:30h, 10:00h, 14:00h e 16:00h). Após a última refeição, os peixes eram transferidos para os aquários de coleta de fezes onde permaneciam até a manhã seguinte.

As fezes foram coletadas por sedimentação em coletores acoplados ao fundo dos aquários, imersos em recipientes resfriados (0 °C) (PORTZ; CYRINO, 2004). As fezes coletadas eram transferidas para tubos de 50 mL, centrifugadas em centrífuga refrigerada (4.250 g; 4 °C; 10 min.), secas em estufa de ventilação forçada (50 °C) até peso constante, maceradas moídas e acondicionadas em freezer para análise posterior (-15 °C).

Os CDA da energia e nutrientes das dietas teste e da ração referência foram calculados de acordo com a seguinte fórmula:

$$CDA (\%) = 100 - \left[100 \times \left(\frac{\% Cr_2O_3 \text{ ração}}{\% Cr_2O_3 \text{ fezes}} \right) \times \left(\frac{\% \text{ nutriente ou energia nas fezes}}{\% \text{ nutriente ou energia na ração}} \right) \right] \quad (1)$$

sendo:

- CDA: coeficiente de digestibilidade aparente (%);
- % Cr₂O₃ ração: porcentagem de óxido de cromo na ração;
- % Cr₂O₃ fezes: porcentagem de óxido de cromo nas fezes.

Como o ingrediente testado substituiu 30% da ração referência (prática), a digestibilidade aparente, em separado da energia ou nutrientes, dos ingredientes foi calculada de acordo com a seguinte fórmula:

$$CDA_n = \frac{CDA_{RT} - CDA_{RR} \times y}{z} \quad (2)$$

sendo:

- CDA_n : coeficiente de digestibilidade aparente da energia ou nutrientes;
- CDA_{RT} : coeficiente de digestibilidade aparente da energia ou nutrientes na ração teste;
- CDA_{RR} : coeficiente de digestibilidade aparente da energia ou nutrientes na ração referência;
- y : proporção da ração referência;
- z : proporção da ração teste.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e teste de comparação de médias de Tukey ajustado para o nível descritivo de $\alpha = 0,01$, pelo sistema computacional estatístico SAS (SAS, 2002).

3.3 Análises químicas

As análises químico-bromatológicas dos ingredientes, dietas, carcaças e excretas foram realizadas de acordo com os procedimentos da AOAC (2000). A umidade foi determinada através do método gravimétrico, em estufa a 105 °C até peso constante. O teor de cinza foi determinado pelo método gravimétrico, em mufla a 550 °C e incineração da matéria orgânica em bico de Bunsen. O teor de proteína bruta foi determinado pelo método de micro-Kjedahl, o extrato etéreo foi determinado após extração com éter de petróleo pelo método de Soxhlet e a fibra bruta pelo método de Weende. A energia bruta foi estimada em bomba calorimétrica adiabática, utilizando ácido benzóico como padrão. Os teores de óxido de crômio foram quantificados por espectrofotometria de absorção atômica, após digestão ácida. As análises foram realizadas pelo laboratório CBO Assessoria & Análise, localizado em Campinas, São Paulo.

3.4 Análise de aminoácidos

As amostras de ingredientes, dietas e excretas foram analisadas por cromatografia líquida de alta resolução (HPLC), em colunas de resinas de troca catiônica e derivação pós-coluna com ninhidrina, em auto-analisador. Para a quantificação dos aminoácidos, as amostras foram hidrolisadas com HCl 6N, por 23 horas a 110°C, de acordo com método descrito por Moore e Stein (1963). O triptofano foi determinado após hidrólise alcalina com uma solução saturada de hidróxido de bário. As análises foram realizadas pelas empresas Degussa Brasil e Ajinomoto Biolatina Indústria e Comércio Ltda.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Experimento I

Os parâmetros de qualidade de água monitorados durante a condução do experimento foram: pH $6,8 \pm 0,3$; oxigênio dissolvido $6,0 \pm 0,9$ mg/L; amônia $< 0,001$ mg/L; e temperatura $25,5 \pm 1,3$ °C considerados normais e dentro das condições de conforto para o dourado (GAZZOLA, 2003; SERAFINI, 2005).

Todos os tratamentos apresentaram problemas de dominância, agressividade e canibalismo que afetaram o consumo, a sobrevivência e o crescimento homogêneo dos peixes. Estes problemas comportamentais são comumente observados nas primeiras fases de vida do dourado, sendo a superação destes considerada um dos desafios para o sucesso na produção intensiva dessa espécie (BORGHETTI; CANZI; FERNANDEZ, 1990; RIBEIRO, 2005). Tibbetts; Lall e Anderson (2001), avaliando diferentes níveis de energia e proteína na alimentação de juvenis de enguia americana (*Anguilla rostrata*), com peso médio inicial de 8,2 g, relataram que a principal causa de mortalidade foi o comportamento agressivo dessa espécie. Os autores observaram que todos os peixes mortos apresentavam marcas de mordida e peso inferior ao da média. Entretanto, Catacutan; Pagador e Teshima (2001), em experimento com o “red snapper” (*Lutjanus argentimaculatus*), relataram que o comportamento agressivo dessa espécie afetou o consumo, mas não afetou a sobrevivência.

Geralmente, as perdas causadas pelo canibalismo na aqüicultura são altas em larvas e início do estágio juvenil (BARAS; JOBLING, 2002; HETCH; PIENAAR, 1993). Vários são os fatores responsáveis pelo canibalismo, podendo ser divididos em duas categorias principais: genética e comportamental (HETCH; PIENAAR, 1993). Na categoria genética, há a probabilidade da existência de um ecofenótipo canibal (hipótese “natural born to kill”), porém a principal causa do canibalismo é a variação de tamanho dentro de um grupo, causado por diferenças genótípicas que decretam taxas individuais de crescimento, gerando heterogeneidade de tamanhos. Já, na comportamental, o canibalismo pode ser induzido principalmente por fatores ambientais ou externos, como a disponibilidade de alimento, a densidade populacional, a turbidez da água, a intensidade de luz e a existência de refúgio no ambiente (BARAS; JOBLING, 2002; SCHÜTZ, 2003).

Baras e Jobling (2002) dividem o comportamento de canibalismo em tipo I, quando o predador por ser menor que a presa inicia o ataque a partir da nadadeira caudal em direção à cabeça, sendo esta desprezada, e tipo II, quando a presa é engolida inteira, sendo neste caso, portanto, o predador maior que a presa. Os dois tipos de canibalismo foram observados no presente estudo, com maior intensidade nas duas primeiras semanas de experimento, corroborando o observado por Baras et al. (2000), que relataram ser normal a presença deste comportamento no gênero *Salminus* spp.

Acredita-se que os casos observados no presente experimento (dominância e canibalismo) ocorreram principalmente por um crescimento inicial heterogêneo, fato que gerou dominância, acentuando a heterogeneidade do lote (pela dificuldade de acesso ao alimento dos peixes submissos) e o canibalismo. A heterogeneidade dos peixes também foi destacada por Baras e Jobling (2002) como sendo a principal causa de canibalismo. Os mesmos autores consideram ser praticamente impossível a eliminação total do canibalismo e sugerem, como forma de minimizar este problema, que seja realizada a triagem periódica com expurgo dos peixes maiores para manter o lote o mais homogêneo possível.

Com relação ao desempenho dos juvenis de dourado no presente estudo, não houve interação ($P > 0,05$) entre os níveis de proteína bruta (PB) e energia bruta (EB) para nenhum dos parâmetros avaliados (Tabela 3). Os valores de consumo alimentar diário (CAD), ganho de peso (GP), ganho de peso relativo (GPR), índice de conversão alimentar (ICA) e taxa de crescimento

específico (TCE) foram influenciados ($P < 0,05$) pelos níveis de proteína e de energia da dieta (Tabela 3).

Tabela 3 - Desempenho dos juvenis de dourado alimentados com dietas contendo diferentes níveis de energia e proteína (continua)

Dieta	EB (kcal/kg)	PB (%)	PI (g)	PF (g)	GP (g)	CAD (%)	ICA	GPR (%)
1		35	5,04	14,07	9,02	3,05	1,89	178,91
2		39	5,39	18,21	12,82	2,74	1,46	237,44
3	4200	43	5,18	19,14	13,96	2,24	1,13	270,08
4		47	5,47	22,45	16,98	2,30	1,14	310,39
5		51	5,05	23,60	18,55	2,48	1,15	367,26
6		35	5,41	15,42	10,01	2,95	1,83	186,00
7		39	5,30	19,48	14,17	2,50	1,30	266,93
8	4400	43	5,33	22,82	17,48	2,33	1,11	327,57
9		47	5,31	22,52	17,21	2,44	1,22	323,58
10		51	5,33	24,12	18,79	2,35	1,13	354,04
11		35	5,26	15,55	10,29	3,01	1,83	195,87
12		39	5,22	22,76	17,53	2,41	1,14	335,26
13	4600	43	5,21	24,91	19,69	2,40	1,10	378,31
14		47	5,08	24,78	19,70	2,22	1,02	387,47
15		51	5,38	26,08	20,69	2,27	1,03	385,04
16		35	5,12	14,18	9,06	3,00	1,90	177,02
17		39	5,43	14,69	9,26	2,35	1,51	170,76
18	4800	43	5,30	20,48	15,18	2,29	1,18	286,22
19		47	5,38	21,33	15,95	2,33	1,18	295,99
20		51	5,24	23,28	18,04	2,21	1,12	344,02
21		35	5,43	13,48	8,05	2,81	1,92	149,39
22		39	5,37	14,31	8,93	2,45	1,62	166,84
23	5000	43	5,19	18,03	12,84	2,28	1,17	248,79
24		47	5,43	22,37	16,94	2,14	1,11	311,87
25		51	5,31	18,81	13,50	2,06	1,17	252,38
Erro Padrão da média			0,21	2,09	2,06	0,16	0,10	38,78
Médias Agrupadas								
4200(n=15)			5,22 ^a	19,49 ^{bc}	14,26 ^b	2,56 ^a	1,35 ^a	272,82 ^b
4400(n=15)			5,34 ^a	20,87 ^{ab}	15,53 ^{ab}	2,51 ^{ab}	1,32 ^{ab}	291,63 ^b
4600(n=15)			5,23 ^a	22,81 ^a	17,58 ^a	2,46 ^{ab}	1,22 ^b	336,39 ^a
4800(n=15)			5,29 ^a	18,79 ^{bc}	13,49 ^{bc}	2,43 ^{ab}	1,38 ^a	254,80 ^{bc}
5000(n=15)			5,35 ^a	17,40 ^c	12,05 ^c	2,35 ^b	1,40 ^a	225,86 ^c
		35(n=15)	5,25 ^a	14,54 ^c	9,28 ^c	2,96 ^a	1,87 ^a	177,44 ^c
		39(n=15)	5,34 ^a	17,89 ^b	12,54 ^b	2,49 ^b	1,41 ^b	235,45 ^b
		43(n=15)	5,24 ^a	21,08 ^a	15,83 ^a	2,31 ^c	1,14 ^c	302,20 ^a
		47(n=15)	5,33 ^a	22,69 ^a	17,35 ^a	2,29 ^c	1,13 ^c	325,86 ^a
		51(n=15)	5,26 ^a	23,18 ^a	17,91 ^a	2,27 ^c	1,12 ^c	340,55 ^a
Análise de Variância – ANOVA (Pr>F)								
EB			0,5786	0,0001	0,0001	0,0121	0,0004	0,0001
PB			0,3788	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
EB × PB			0,4000	0,1705	0,1493	0,3663	0,1072	0,0947

Tabela 3 - Desempenho dos juvenis de dourado alimentados com dietas contendo diferentes níveis de energia e proteína (conclusão)

Dieta	EB (kcal/kg)	PB (%)	TCE (%)	TEP	SBV (%)	RHS (%)	RVS (%)	RLS (%)
1		35	1,70	1,51	96,66	1,07	4,83	0,70
2		39	2,02	1,67	98,33	1,24	5,68	0,90
3	4200	43	2,18	1,83	98,33	0,90	5,83	1,47
4		47	2,34	1,84	98,33	1,01	5,19	0,60
5		51	2,56	1,71	96,66	1,02	4,96	0,62
6		35	1,73	1,52	95,00	1,01	5,24	0,91
7		39	2,16	1,70	98,33	0,91	5,29	1,06
8	4400	43	2,42	1,97	98,33	0,93	4,89	0,64
9		47	2,40	1,84	98,33	0,77	5,03	0,60
10		51	2,49	1,87	96,66	0,90	5,94	1,37
11		35	1,80	1,59	96,66	1,08	5,98	1,25
12		39	2,44	1,66	98,33	0,88	5,03	0,86
13	4600	43	2,60	1,98	96,66	1,05	5,43	0,89
14		47	2,63	1,96	98,33	1,00	5,58	2,68
15		51	2,62	2,04	98,33	1,00	5,63	0,92
16		35	1,70	1,34	96,66	0,89	5,40	1,54
17		39	1,66	1,69	95,00	0,99	5,81	1,38
18	4800	43	2,25	1,66	96,66	0,84	4,98	0,70
19		47	2,29	1,81	98,33	0,95	5,70	1,19
20		51	2,48	1,76	98,33	0,94	4,75	0,94
21		35	1,51	1,40	96,66	0,99	7,11	2,33
22		39	1,62	1,88	96,66	0,98	6,57	2,14
23	5000	43	2,06	1,95	96,66	0,88	6,01	1,90
24		47	2,35	1,69	98,33	0,78	5,51	1,77
25		51	2,08	1,68	95,00	0,99	5,08	1,30
Erro Padrão da média			0,17	0,12	3,78	0,15	0,69	0,42
Médias Agrupadas								
	4200(n=15)		2,16 ^b	1,71 ^b	97,66 ^a	1,05 ^a	5,30 ^b	0,86 ^b
	4400(n=15)		2,24 ^{ab}	1,78 ^{ab}	97,33 ^a	0,91 ^a	5,28 ^b	0,91 ^b
	4600(n=15)		2,42 ^a	1,85 ^a	97,66 ^a	1,00 ^a	5,53 ^{ab}	0,97 ^b
	4800(n=15)		2,07 ^{bc}	1,65 ^b	97,00 ^a	0,92 ^a	5,33 ^b	1,15 ^b
	5000(n=15)		1,92 ^c	1,72 ^{ab}	96,66 ^a	0,93 ^a	6,05 ^a	1,89 ^a
		35(n=15)	1,69 ^c	1,47 ^c	96,33 ^a	1,01 ^a	5,71 ^a	1,34 ^a
		39(n=15)	1,98 ^b	1,72 ^b	97,33 ^a	1,00 ^a	5,68 ^a	1,27 ^a
		43(n=15)	2,30 ^a	1,88 ^a	97,33 ^a	0,92 ^a	5,43 ^a	1,12 ^a
		47(n=15)	2,40 ^a	1,83 ^{ab}	98,33 ^a	0,91 ^a	5,40 ^a	1,01 ^a
		51(n=15)	2,44 ^a	1,81 ^{ab}	97,00 ^a	0,97 ^a	5,27 ^a	1,03 ^a
Análise de Variância – ANOVA (Pr>F)								
EB			0,0001	0,0013	0,9384	0,0510	0,0157	0,0001
PB			0,0001	0,0001	0,7024	0,2424	0,3496	0,1368
EB × PB			0,0816	0,0516	0,9985	0,5397	0,0514	0,0594

Nota: EB = energia bruta; PB = proteína bruta; PI = peso inicial; PF = peso final; GPA = ganho de peso; CAD = consumo alimentar diário; ICA = índice conversão alimentar; GPR = ganho de peso relativo; TCE = taxa de crescimento específico; SBV = sobrevivência; RHS = relação hepato-somática; RVS = relação víscero-somática; RLS = relação lipo-somática.

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($\alpha = 0,05$).

De acordo com Meyer e Fracalossi (2004) a melhor forma de expressar o consumo é em relação ao peso corporal, por meio do consumo alimentar diário e não em termos de valores absolutos, por meio do total de alimento ingerido, uma vez que dietas que promovem maior ganho de peso, resultam em maiores quantidades de alimento ingerido, mas não necessariamente em maiores valores de CAD. Semelhante ao observado em outros estudos que envolvem variação na concentração da energia dietética (LEE; CHO; KIM, 2000; LEE; KIM, 2005; LEE; KIM; CHO, 2002; MARTINO et al., 2002; WATANABE; ELLIS; CHAVES, 2001), observou-se que o CAD diminuiu com o aumento dos níveis de energia (Figura 1), permitindo inferir que os peixes, como qualquer outro animal, procuram ingerir alimentos até satisfazerem, primeiramente, suas necessidades em energia (NRC, 1993; WEBSTER; LIM, 2002; SÁ; POUSÃO-FERREIRA; OLIVA-TELES, 2006).

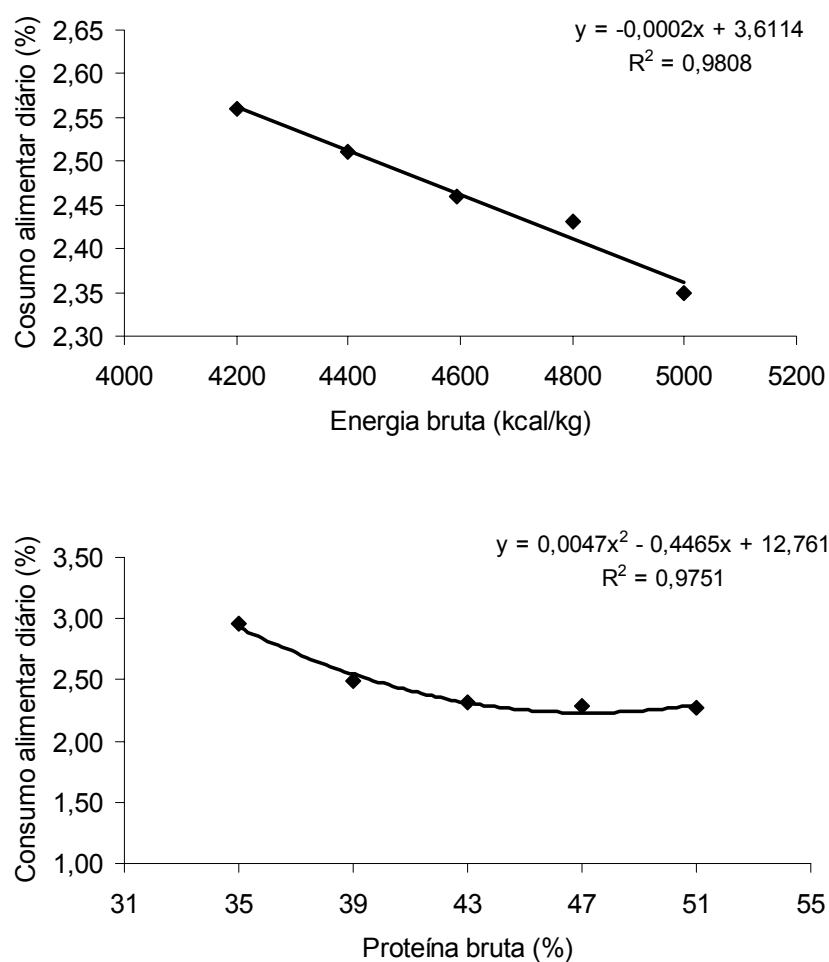


Figura 1 – Consumo alimentar diário por agrupamento de energia bruta e proteína bruta

Portz; Cyrino e Martino (2001), em um experimento no qual alimentaram juvenis de “black bass” (*Micropterus salmoides*) com dietas contendo níveis de proteína bruta e energia digestível variando de 35,0 a 54,0% e 3.600 a 4.100 kcal/kg de alimento, respectivamente, relataram diminuição do CAD com o aumento do nível de energia. Porém, estes resultados contrapõem-se aos relatados por Cho et al. (2005) que relataram que juvenis de turbot (*Scophthalmus maximus*), aumentaram o consumo de alimento com o aumento da energia dietética. Em relação à proteína dietética, observou-se que o CAD diminuiu com o incremento dos níveis de proteína na dieta até o nível de 43% (Figura 1), corroborando os resultados apresentados por Kim e Lee (2005) e Meyer e Fracalossi (2004), para o “bagrid catfish” (*Pseudobagrus fulvidraco*) e para o jundiá (*Rhamdia quelen*), respectivamente.

Vários autores relatam melhoras no ganho de peso e na taxa de crescimento específico em peixes, quando o nível protéico da dieta aumenta (BONFIM et al., 2005; GAO et al., 2005; HOAGLAND III et al., 2003; KIM et al., 2005; LEE; CHO; KIM, 2000; MEYER; FRACALOSSO, 2004). Em concordância com estes autores, o GP e a TCE dos juvenis de dourado, também, melhoraram com o aumento do nível de proteína dietética (Tabela 3). Os melhores valores de GP, TCE, GPR e ICA foram registrados nos tratamentos entre 43,0 e 51,0% de proteína bruta. Estes resultados aproximam-se daqueles apresentados por Portz, Cyrino e Martino (2001) (46,0 e 50,0% de PB) para o carnívoro black bass. Em relação aos níveis de energia, observou-se para estes parâmetros uma melhora até o nível de 4.600,0 kcal de EB/kg; após este nível foi registrado piora no desempenho dos peixes.

O ganho de peso (absoluto ou relativo) é considerado o parâmetro mais adequado para avaliar e estimar a exigência nutricional em peixes (COWEY, 1992; PORTZ; DIAS; CYRINO, 2000; ROBBINS; NORTON; BAKER, 1979). Visto isso, estimou-se por meio da aplicação do método de análise regressão segmentada aos dados de ganho de peso, como sendo de 45,2% a exigência em PB (Figura 2), para um máximo GP de 17,63 g. Para os níveis de energia dietética, estimou-se como sendo de 4.600,0 kcal/kg a exigência em EB (Figura 2), para um máximo GP de 17,09 g. A aplicação da análise de regressão segmentada aos dados de ganho de peso relativo, mostrou que a exigência em PB foi de 45,08% (Figura 3) e de EB foi de 4.600,0 kcal/kg (Figura 3), para um máximo GPR de 345,8 e 325,16%, respectivamente. Quando as exigências em proteína e energia foram estimadas por meio do uso da análise de regressão para ajuste da superfície de resposta aos dados de GP (Figura 4) e de GPR (Figura 5), foram obtidos valores de

45,3% de PB e 4.569,7 kcal de EB/kg como exigências nutricionais ótimas para o dourado. Esses valores ficaram próximos aos estimados por meio da regressão segmentada e resultam em $18,45 \pm 0,63$ g de GP e $349,3 \pm 12,79\%$ de GPR.

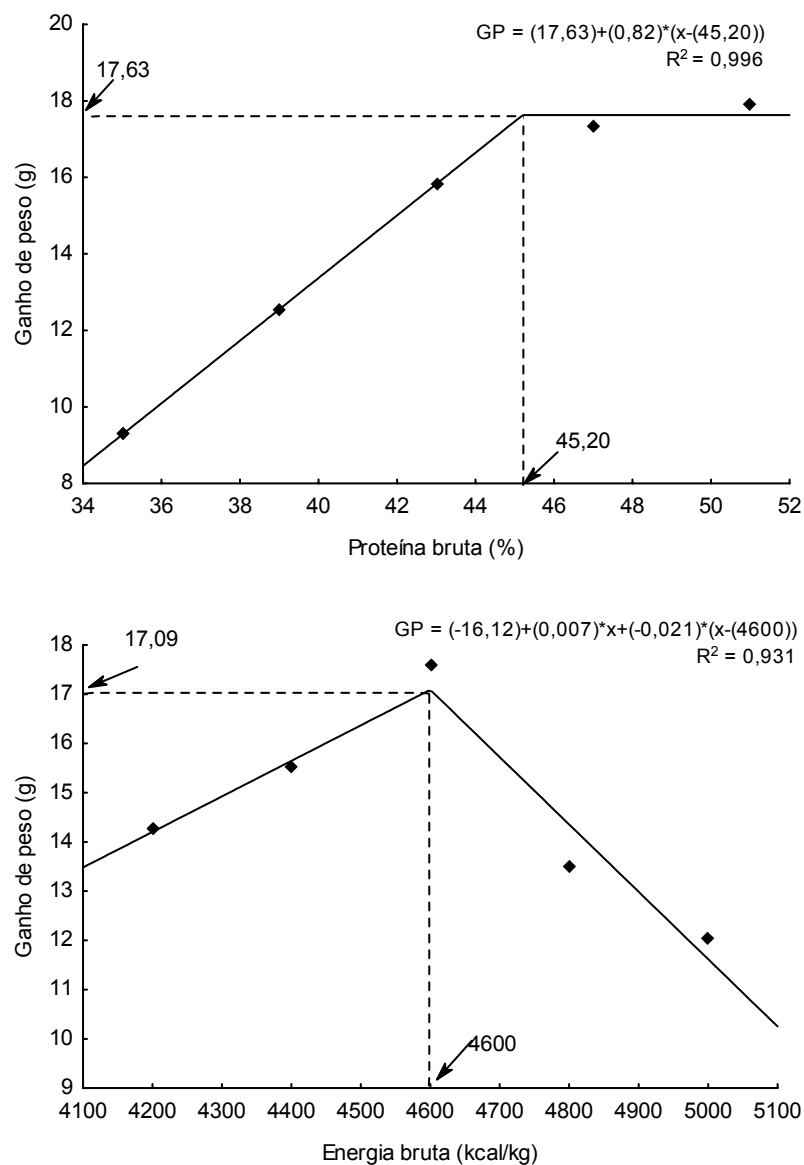


Figura 2 – Exigência em proteína bruta e energia bruta de juvenis de dourado para o máximo ganho de peso (GP), estimada pelo método da regressão segmentada

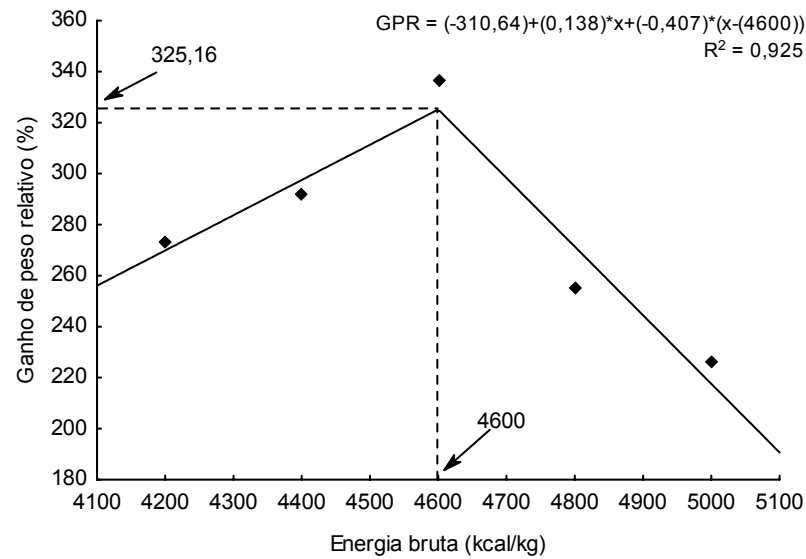
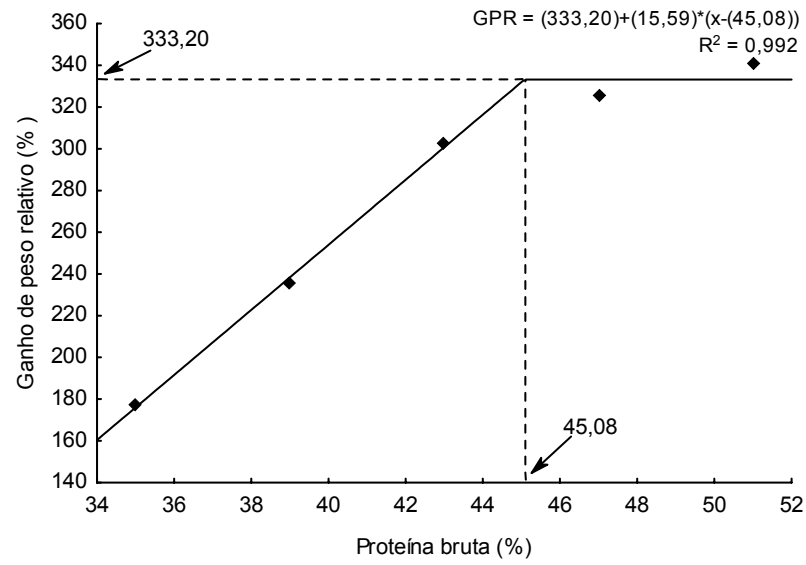
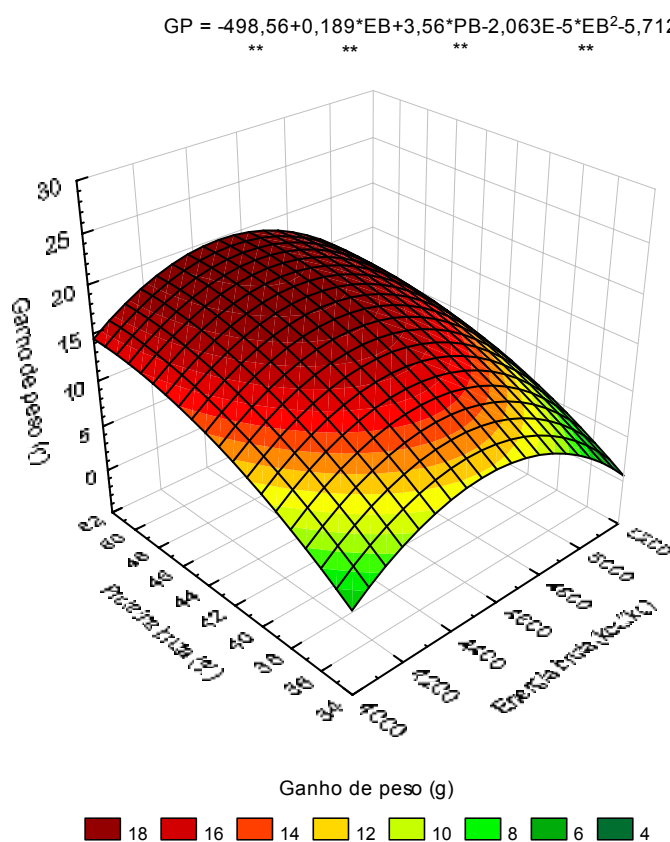


Figura 3 – Exigência em proteína bruta e energia bruta de juvenis de dourado para o máximo ganho de peso relativo (GPR), estimada pelo método da regressão segmentada



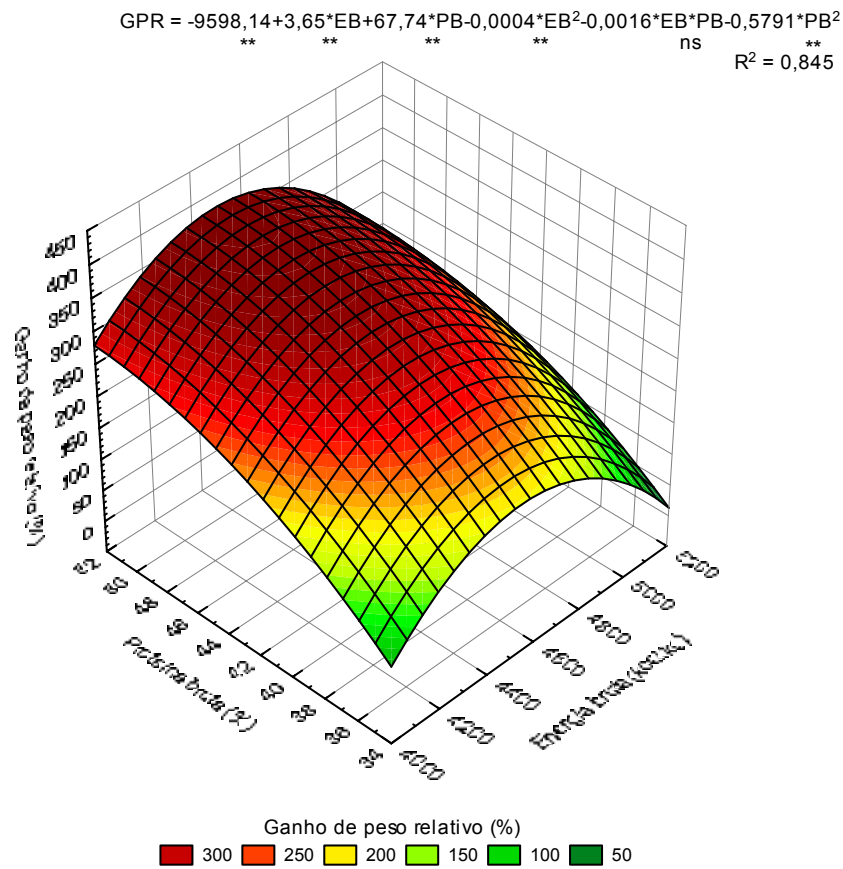
** Significativo ao nível de 0,05 de probabilidade pelo teste t.

^{ns} Não significativo ao nível de 0,05 de probabilidade pelo teste t.

Figura 4 – Ganho de peso (GP) para os diferentes níveis de energia bruta e proteína bruta, estimado pelo método de regressão para ajuste da superfície de resposta

A exigência em PB estimada para os juvenis de dourado no presente estudo ficou próxima àquela relatada para juvenis de black bass (PORTZ; CYRINO; MARTINO, 2001), “rockfish” (*Sebastes schlegeli*) (LEE; JEON; LEE, 2002), linguado (*Paralichthys olivaceous*) (KIM et al., 2004) e garoupa (*Epinephelus malabaricus*) (SHIAU; LAN, 1996), com valores de 43,59; 45,7; 45,0 e 44,0%, respectivamente. Porém, foram inferiores aos observados para o “turbot” (CHO et al., 2005) e para o “starry” linguado (*Platichthys stellatus*) (LEE et al., 2006), com valores de 55,0 e 50,0% de PB, respectivamente. As exigências em energia aproximaram-se daquelas relatadas por Lee e Kim (2005) (4.611,0 kcal de EB/kg) para o linguado e por Lee et al. (2006) (4.670,0 kcal de EB/kg) para o “starry” linguado, porém, foram menores que as apresentadas por Ali e Jauncey (2005) para o bagre africano *Clarias gariepinus* e por Lee e Kim (2001) para o salmão “masu” *Oncorhynchus masou* com valores de 5.067,0 e 5.020,0 kcal de EB/kg, respectivamente.

Os valores de GPR (entre 149,39 e 387,47%) observados para o dourado (Tabela 3) foram superiores aos obtidos para juvenis de *Spinibarbus hollandi* (YANG et al., 2003), peixe onívoro tailandês, e para o “black bass” (PORTZ; CYRINO; MARTINO, 2001), peixe carnívoro de clima temperado, com valores de 135,0% e de 62,92%, respectivamente. Porém, foram inferiores aos relatados para juvenis de “haddock” (*Melanogrammus aeglefinus*) com valores superiores a 400% (TIBBETTS; LALL; MILLEY, 2005). Esta diferença pode estar relacionada à espécie utilizada e ao tamanho e peso inicial dos peixes utilizados nos diferentes experimentos. Portz, Cyrino e Martino (2001), por exemplo, utilizaram peixes com peso inicial médio de 14,46 g.



** Significativo ao nível de 0,05 de probabilidade pelo teste t.

^{ns} Não significativo ao nível de 0,05 de probabilidade pelo teste t.

Figura 5 – Ganho de peso relativo (GPR) para os diferentes níveis de energia bruta e proteína bruta, estimado pelo método de regressão para ajuste da superfície de resposta

Os valores da TCE (Tabela 3) dos juvenis de dourado encontrados no presente estudo (entre 1,51 e 2,63%) foram superiores aos apresentados para o “largemouth bass” (TIDWELL; WEBSTER; COYLE, 1996), sunshine bass (WEBSTER et al., 1995) e “halibut” (*Hippoglossus hippoglossus*) (AKSNES; HJERTNES; OPSTVEDT, 1996), os quais apresentaram valores de 0,53 a 0,62%; 0,88 a 1,08% e 0,87 a 1,04%, respectivamente, e inferiores aos encontrados para o linguado (KIM et al., 2004), “white sea bream” (SÁ; POUSÃO-FERREIRA; OLIVA-TELES, 2006), “bagrid catfish” (KIM; LEE, 2005) e para o “Asian seabass” (*Lates calcarifer*) (CATACUTAN; COLOSO, 1995), com valores de 3,55%; 2,94 a 3,11%; 4,28% e 5,26 a 6,37%, respectivamente. Por outro lado, foram semelhantes aos encontrados para o dourado (MACHADO, 2004), para o “turbot” (CHO et al., 2005) e para o “European seabass” *Dicentrarchus labrax* (PERES; OLIVA-TELES, 1999) que apresentaram valores de 2,03 a 2,19%; 1,83% e 2,3%, respectivamente.

Aplicando-se a análise de regressão segmentada aos dados de TCE, estimou-se como sendo de 44,63% e 4.600,0 kcal/kg (Figura 6) as exigências em PB e EB, respectivamente, para TCE máxima de 2,42 e 2,38 %/dia para a PB e EB, respectivamente. Já, quando foi utilizado a análise de regressão para ajuste da superfície de resposta aos dados de TCE (Figura 7), as exigências em PB e EB foram estimadas em 44,53% de PB e 4.576,7 kcal/kg de EB, para um valor máximo de TCE de 2,48 %/dia. Esses valores foram próximos aos encontrados para o “red snapper” (*Lutjanus argentimaculatus*) com valores de 44% de PB e 4.515,0 kcal de EB/kg (CATACUTAN; PAGADOR; TESHIMA, 2001).

Em experimentos nos quais há variação do nível de proteína dietética, as dietas que promovem maior ganho de peso, geralmente, também propiciam melhor conversão alimentar, conforme observado para o bagre da Malásia (*Mystus nemurus*), o “giant croaker” (*Nibea japonica*), o jundiá e o “haddock” por Khan et al. (1993), Lee et al. (2001), Meyer e Fracalossi (2004), Tibbetts, Lall e Milley (2005), respectivamente. Esta mesma tendência foi observada para os juvenis de dourado, provavelmente porque o ganho de peso dos peixes está, de acordo com Hopher (1988), diretamente associado ao teor de proteína da dieta e porque a proteína é a fonte preferencial nas rotas metabólicas dos peixes.

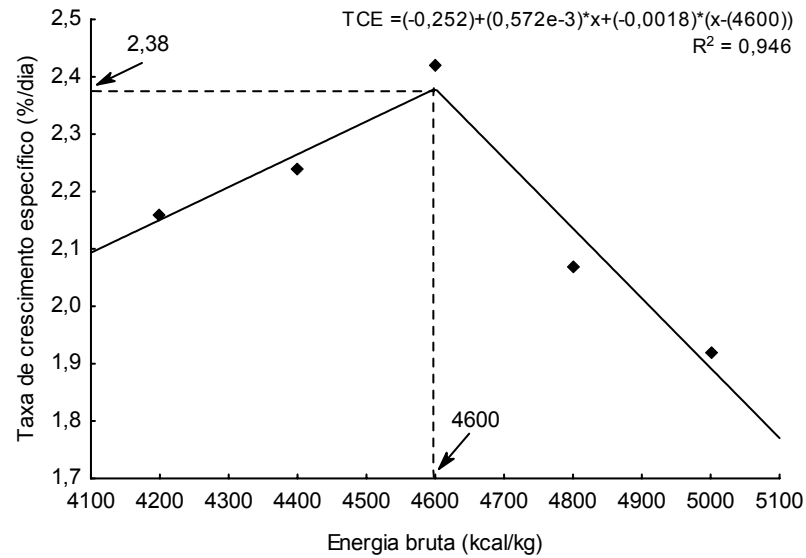
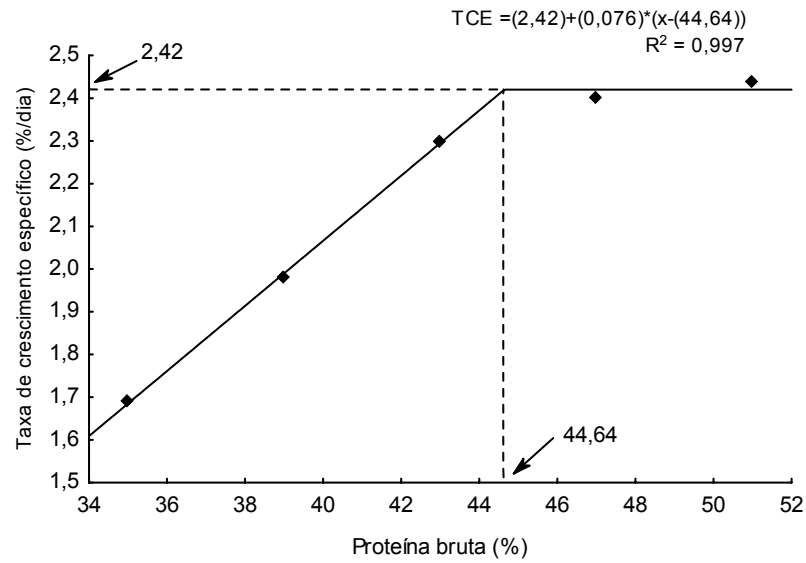
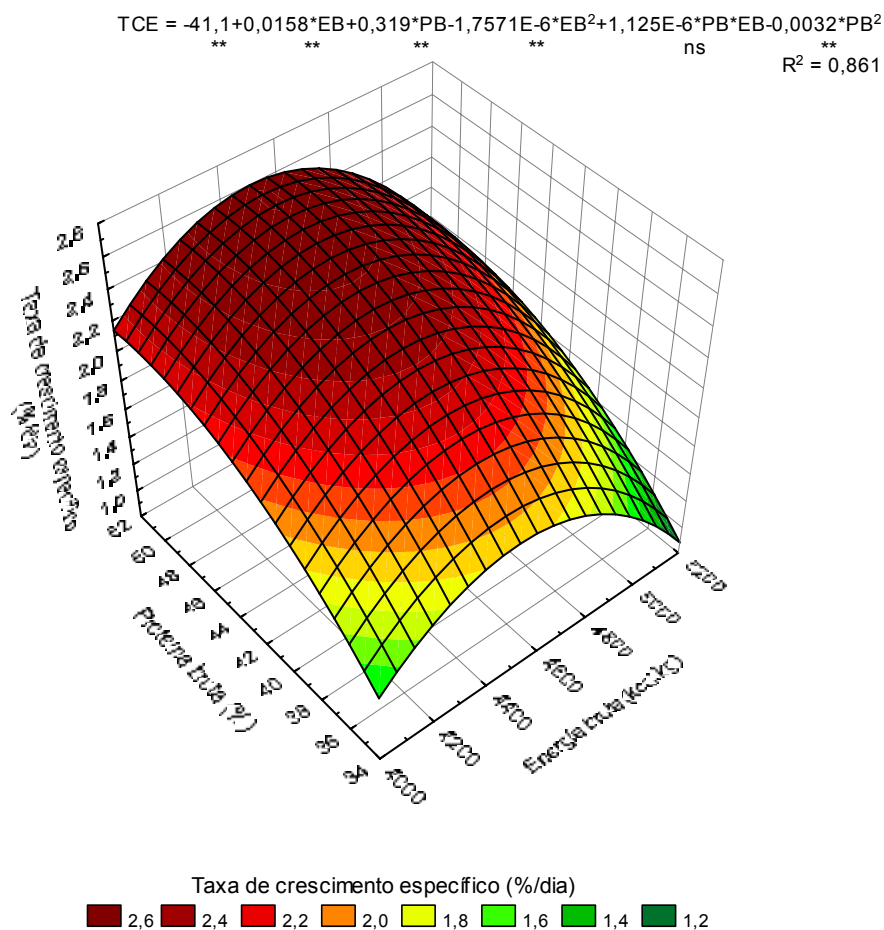


Figura 6 - Exigência em proteína bruta e energia bruta de juvenis de dourado para a máxima taxa de crescimento específico (TCE), estimada pelo método da regressão segmentada



** Significativo ao nível de 0,05 de probabilidade pelo teste t.

^{ns} Não significativo ao nível de 0,05 de probabilidade pelo teste t.

Figura 7 – Taxa de crescimento específico (TCE) para os diferentes níveis de energia bruta e proteína bruta, estimada pelo método de regressão para ajuste da superfície de resposta

O melhor valor para ICA (Tabela 3) observado neste experimento para as médias agrupadas de proteína e energia (1,12) foi semelhante à relatada para o bacalhau “Murray” (*Maccullochella peelii peelii*) (1,14) por De Silva et al. (2002), e melhor que as encontradas para o dourado (1,37), tucunaré (1,35) e linguado “southern” *Paralichthis lethostima* (1,75) respectivamente por Machado (2004), Sampaio, Kubitzka e Cyrino (2000) e Gao et al. (2005); e piores que aqueles relatados para o “haddock” (0,7 a 0,8) e “European seabass” (0,6 a 0,9) por Tibbetts, Lall e Milley (2005) e Peres e Oliva-Teles (1999), respectivamente. Semelhante ao apresentado por Portz, Cyrino e Martino (2001) e Meyer e Fracalossi (2004), as dietas com menor nível protéico apresentaram os piores valores para a ICA, fato que pode estar associado às maiores quantidades de carboidratos (> 20%) presentes nessas dietas e à baixa capacidade dos

peixes carnívoros em utilizar o carboidrato como fonte de energia, fazendo com que a proteína fosse desviada para a rota catabólica (NRC, 1993; PEZZATO et al., 2004; WILSON, 1994).

Os níveis de proteína bruta e energia bruta estimados neste estudo por meio da análise de regressão segmentada aplicada aos dados de índice de conversão alimentar (Figura 8), foram de 41,37% e 4.518,7 kcal/kg, respectivamente, valores esses que promovem um ICA de 1,13. Já as estimativas das exigências em PB e EB para juvenis de dourado, quando aplicou-se a análise de regressão para ajuste da superfície de resposta aos dados de ICA (Figura 9), foram 45,39% de PB e 4.566,3 kcal de EB/kg, para um ICA máximo de 1,04. Essas exigências foram maiores que as estimadas pelo método de regressão segmentada aos dados de ICA, porém próximas àquelas estimadas para o GP, GPR e àquelas determinadas para o linguado (KIM et al., 2005) e para o “bagrid catfish” (KIM; LEE, 2005). Por outro lado, são inferiores às exigidas pelo linguado “starry” relatadas por Gao et al. (2005), de 51,25% PB e 4.742,0 kcal de EB/kg. Diferentemente do que ocorre com a nutrição de animais terrestres, a ICA, não deve ser utilizada como o principal critério para se estabelecer a exigência nutricional em experimentos com peixes, devido à dificuldade de se medir, com precisão, o consumo alimentar dos mesmos (BOMFIM et al., 2006; COWEY, 1992; SÁ; FRACALOSSI, 2002).

Como a energia bruta foi utilizada como parâmetro para formular as rações, as diferenças nas exigências apresentadas na literatura podem estar associadas à habilidade das espécies em aproveitar as diferentes fontes de energia e à qualidade da matéria-prima utilizada. Os trabalhos conduzidos para estimar os níveis de proteína bruta exigido para peixes carnívoros, relatam que a exigência protéica para essas espécies está entre 40 e 55% (GAO et al., 2005, NRC, 1993; STEFFENS, 1989). Portanto, o nível protéico determinado para o dourado neste estudo para os diferentes parâmetros de desempenho está dentro da faixa considerada adequada para espécies carnívoras.

Sendo a proteína considerada a principal responsável pelo máximo crescimento dos peixes e por grande parte do custo de uma dieta (KIM; LEE, 2005; SÁ; FRACALOSSI, 2002), é de fundamental importância, para obtenção do lucro máximo, ótimo crescimento, elevada taxa de eficiência alimentar e de retenção protéica na carcaça, que as rações para a aquicultura apresentem um balanço adequado entre energia e proteína, uma vez que o excesso de proteína em relação à energia irá resultar na utilização da proteína como fonte de energia para satisfazer as necessidades energéticas, enquanto a deficiência de energia em relação à proteína poderá reduzir

o crescimento em massa muscular e ainda resultar em acúmulo de gordura corporal, o que é indesejável, pois reduz a vida útil do filé (BOSCOLO et al., 2006; MACHADO, 2004; MCGOOGAN; REIGH, 1996; MUKHOPADHYAY; RAY, 1997; NRC, 1993; SALHI et al., 2004).

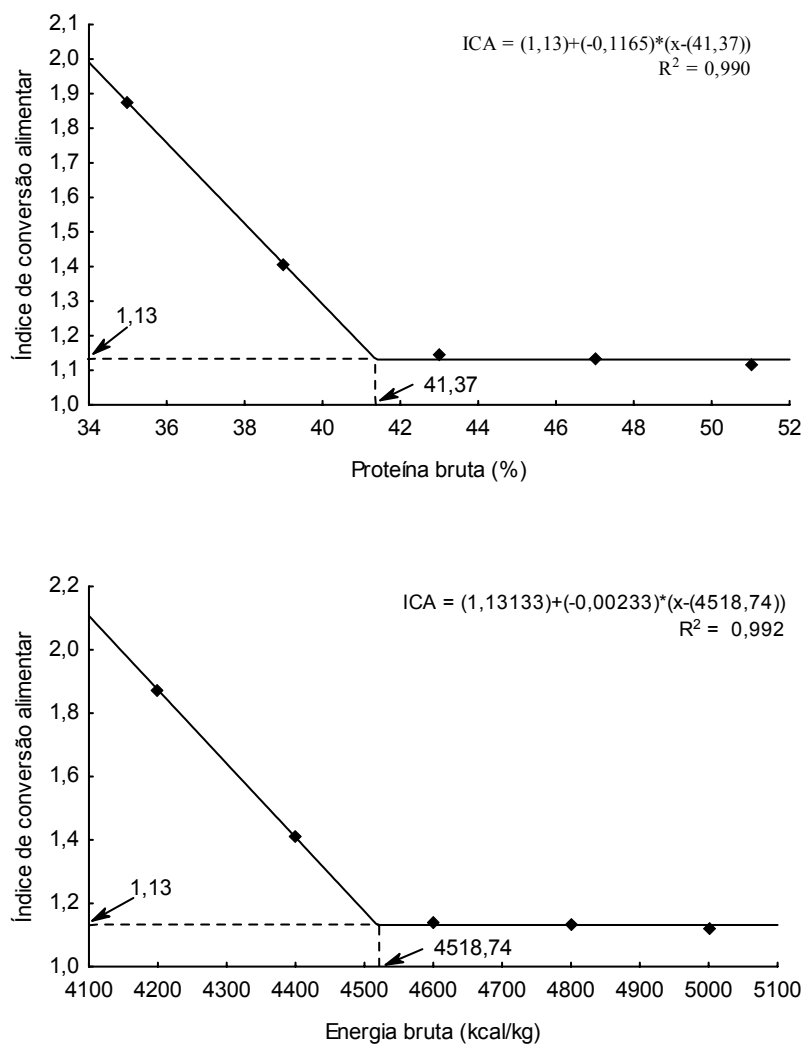
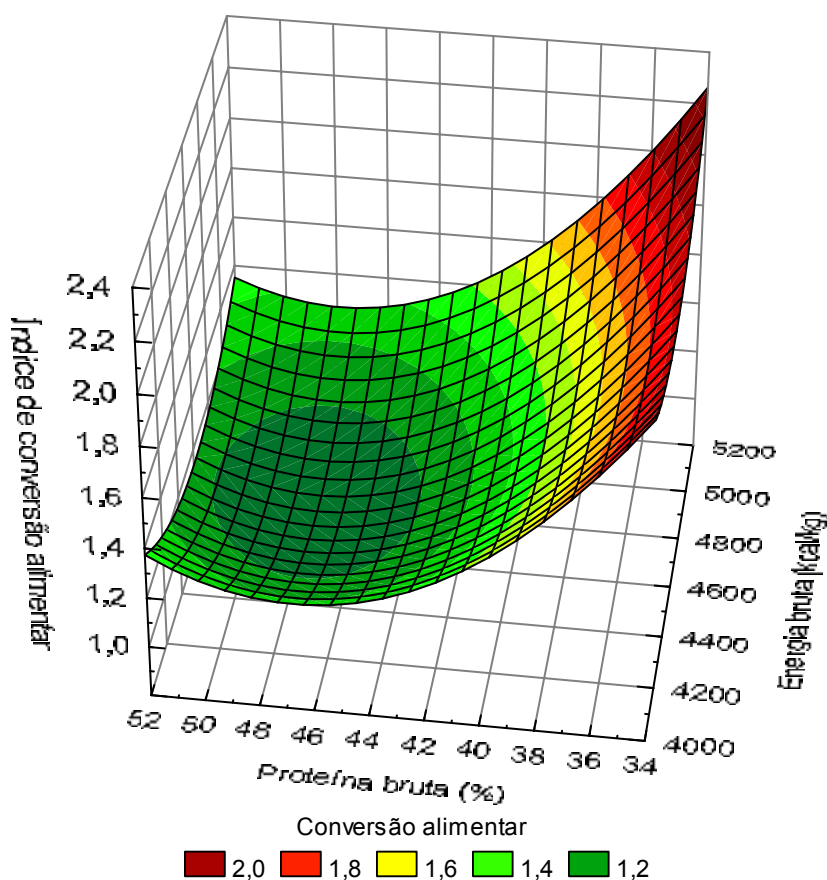


Figura 8 – Exigência em proteína bruta e energia bruta de juvenis de dourado para o máximo índice de conversão alimentar (ICA), estimada pelo método da regressão segmentada

$$CA = 23,69_{**} - 0,0053_{**}EB - 0,446_{**}PB + 6,307E-7_{**}EB^2 - 1,005E-5_{ns}EB*PB + 0,0052_{**}PB^2$$

$$R^2 = 0,933$$



** Significativo ao nível de 0,05 de probabilidade pelo teste t.

^{ns} Não significativo ao nível de 0,05 de probabilidade pelo teste t.

Figura 9 – Índice de conversão alimentar (ICA) para os diferentes níveis de energia bruta e proteína bruta, estimada pelo método de regressão para ajuste da superfície de resposta

Estudos utilizando espécies carnívoras como modelo experimental, realizados por Lee e Kim (2001, 2005), De Silva et al. (2002), Kim et al. (2004), Gao et al. (2005), Cho et al. (2005), Gunasekera et al. (2000) e Catacutan, Pagador e Teshima (2001), enfatizam a importância da EB:PB adequada para a máxima produtividade. Estes autores obtiveram o melhor desempenho quando a EB:PB das dietas esteve entre 7,16 e 12,54 kcal/g. Usando os valores de PB (45,08%) e EB (4.600,0 kcal/kg) estimados anteriormente para o máximo GPR, temos uma EB:PB de 10,20 kcal de EB/g de PB. Aplicando a análise de regressão segmentada aos dados de ganho de peso e índice de conversão alimentar (Figura 8), estimou-se como sendo de 10,65 e 10,49 kcal/g as

relações de EB:PB para os máximos GP (15,84 g) e ICA (1,13), respectivamente, estando dentro da faixa de variação para espécies carnívoras. Estes valores ficaram próximos ao obtido para o “red snapper”, que apresentou melhores resultados de desempenho quando alimentado com uma dieta contendo 44,0% de PB e 4.515,0 kcal de EB/kg, ou seja, uma dieta com relação EB:PB de 10,26 kcal/g (CATACUTAN; PAGADOR; TESHIMA, 2001). Porém, foram superiores ao relatado para o linguado que obteve melhor desempenho quando alimentados com uma dieta contendo 50,0% de PB e 3.000,0 kcal de EB/kg, ou seja, uma relação igual a 6 kcal/g de proteína (LEE; CHO; KIM, 2000). Os autores associaram essa baixa relação à menor exigência em energia devido à característica sedentária dessa espécie, que permanece maior parte do tempo parada no fundo do corpo d’água, gastando menos energia que espécies com atividade natatória mais intensa.

A relação hepato-somática (RHS) e a relação lipo-somática (RLS) são utilizadas em vários estudos como forma de quantificar a reserva energética (lipídios e glicogênio) em peixes (BROWN; NEMATIPOUR; GATLIN, 1992; NEMATIPOUR; BROWN; GATLIN III, 1992). No presente estudo, a RHS não foi influenciada ($P > 0,05$) por nenhum dos tratamentos. Resultados semelhantes foram relatados por Ali e Jauncey (2005), Tibaldi et al. (1996) e Thoman, Davis e Arnold (1999). A RLS, entretanto, foi afetada ($P < 0,0001$) pelos níveis dietéticos de energia. Os valores da RLS aumentaram com o aumento dos níveis de energia das dietas, corroborando os resultados apresentados por Nematipour, Brown e Gatlin III (1992), Sá; Pousão-Ferreira e Oliva-Teles (2006) e McGoogan e Gatlin III (1999). As reservas energéticas em peixes são geralmente representadas por um acúmulo de gordura visceral, sendo que essas reservas em peixes sexualmente imaturos são necessárias para o crescimento e como reserva energética para períodos de falta de alimento ou anorexia de inverno (BROWN; NEMATIPOUR; GATLIN, 1992; HUNG et al., 2004). Em espécies reofílicas, como o dourado, o acúmulo de gordura visceral representa a principal forma de armazenar a energia necessária durante o período de migração (BORBA; FRACALOSI; PEZZATO, 2006; HUNG et al., 2004; SUÁREZ et al., 1995). A relação víscero-somática (RVS) também foi afetada ($P < 0,0157$) pelos níveis de energia. Essa diferença pode ser explicada pela diferença relatada para a RLS, uma vez que o peso da gordura mesentérica é levado em consideração no cálculo da RVS.

O efeito a quantidade de proteína e energia da dieta sobre a composição corporal dos juvenis de dourado está apresentado na Tabela 4. Assim como para os parâmetros de

desempenho, não foi detectada interação entre a proteína e a energia da dieta sobre a composição corporal ($P>0,05$). A composição em proteína e lipídio foi influenciada pelas concentrações de proteína e energia da dieta ($P<0,05$), mas a matéria seca corporal foi influenciada apenas pelo nível protéico ($P<0,005$). O teor de matéria mineral não foi afetado por nenhum dos fatores avaliados ($P>0,05$).

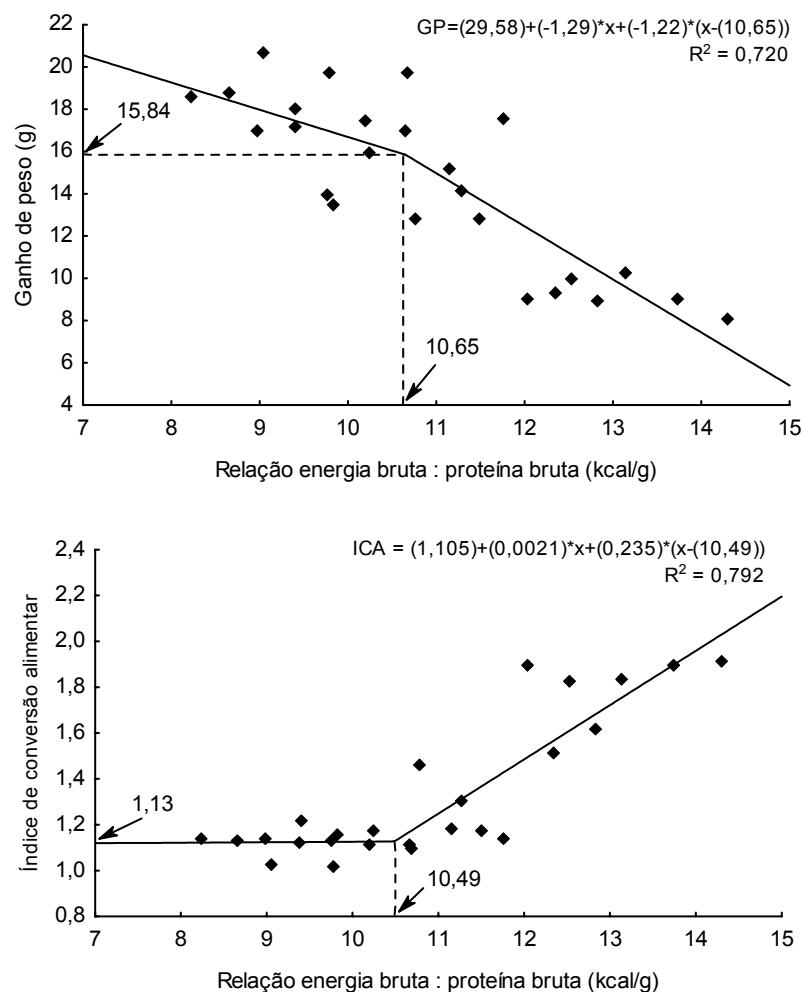


Figura 10 – Relação energia bruta : proteína bruta para o máximo ganho de peso (GP) e máximo índice de conversão alimentar (ICA), estimada pela método da regressão segmentada

De maneira geral, peixes alimentados com dietas contendo altos níveis de energia apresentam maior quantidade de lipídio corporal (ALI; JAUNCEY, 2005; BRIGHT; COYLE; TIDWELL, 2005; CHO et al., 2005; CATA CUTAN; COLOSO, 1995; LEE; CHO; KIM, 2000; WANG et al., 2006), o que não foi diferente para os juvenis de dourado no presente estudo. Os maiores teores de lipídio corporal foram observados para os menores níveis de proteína bruta da dieta, corroborando os resultados encontrados por Meyer e Fracalossi (2004) para o jundiá. Khan

et al. (1993) detectaram um efeito quadrático da proteína dietética sobre a taxa de retenção protéica e a deposição de gordura no bagre da Malásia e propuseram que a partir de uma determinada quantidade na dieta a proteína não é mais utilizada para a deposição de tecido muscular, mas sim deaminada e depositada na forma de gordura.

Resultados obtidos com peixes carnívoros por LeGrow e Beamish (1986) para truta arco-íris e Portz, Cyrino e Martino (2001) para o “black bass”, mostram que o aumento dos níveis energéticos das dietas dentro de diferentes níveis protéicos, com conseqüente alteração da relação energia:proteína, promovem um aumento dos depósitos corporais de lipídios. Estes resultados sustentam a argumentação que com o aumento excessivo nos níveis protéicos ou energéticos, o excesso de proteína é deaminado, transformado em esqueleto carbônico e armazenado na forma de reserva energética, podendo induzir a deposição de gordura visceral (STEFFENS, 1989; WILSON, 1989). Satpathy, Mukherjee e Ray (2003) relatam que em peixes alimentados com dietas contendo baixos níveis protéicos, o conteúdo de lipídio corporal depende, principalmente, do consumo de energia (lipídios) e em menor parte da proteína da dieta. Entretanto, quando os peixes são alimentados com dietas contendo altos níveis de proteína dietética, o excesso de proteína é deaminado e o esqueleto carbônico usado como fonte de energia, o que leva ao acúmulo de lipídio corporal. Os mesmos autores citam que o mecanismo catabólico em peixes, que deamina e utiliza aminoácidos como fonte de energia, acontece em qualquer nível de proteína dietética; o que diferencia a maior ou menor atividade catabólica dos aminoácidos é o maior ou menor conteúdo protéico da dieta. O acúmulo excessivo de gordura visceral e muscular é indesejável em peixes destinados ao consumo (pescado), pois afeta negativamente o valor nutricional, o rendimento de carcaça, o processamento a ser aplicado, a aceitabilidade do produto e reduz vida útil do produto final (BRIGHT; COYLE; TIDWELL, 2005; LEE; JEON; LEE, 2002; McGOOGAN; GATLIN III, 1999; NANKERVIS; MATHEWS; APPLEFORD, 2000; OKORIE et al., 2007).

O teor de proteína corporal aumentou até o nível de 4.600,0 kcal de EB/kg, diminuindo após este nível. Alguns estudos relatam a tendência de aumento da quantidade de proteína corporal com o incremento dos níveis de proteína dietética (KIM et al., 2005; LEE; CHO; KIM, 2000; MEYER; FRACALOSSO, 2004; YANG et al., 2003). Este fato, entretanto, não foi observado no presente estudo; foi sim registrado um aumento do teor de proteína corporal até o nível de 43,0% de proteína bruta dietética (Tabela 4). Esta tendência foi semelhante àquelas

observadas para o “giant croaker” (*Nibea japonicus*) e para o dourado por Lee et al. (2001) e Machado (2004), respectivamente.

Tabela 4 - Composição corporal (base na matéria seca) e coeficientes de retenção protéica e energética dos juvenis de dourado alimentados com dietas contendo diferentes níveis de energia e proteína

Dieta	EB (kcal/kg)	PB (%)	MS (%)	LP (%)	MM (%)	PB (%)	CRP (%)	CRE (%)
1		35	28,89	20,88	12,04	59,36	21,67	85,35
2		39	26,23	17,64	13,32	59,83	29,08	89,08
3	4200	43	24,81	14,80	13,31	64,91	33,07	119,43
4		47	27,33	15,31	12,76	63,70	32,32	106,80
5		51	26,24	13,11	11,85	64,40	30,42	118,49
6		35	28,69	18,68	12,27	61,33	23,14	85,88
7		39	25,86	17,63	13,06	61,74	29,90	99,11
8	4400	43	25,97	15,66	12,83	65,39	31,39	113,81
9		47	26,47	16,25	13,40	65,09	29,82	115,56
10		51	26,81	19,17	12,14	62,74	29,20	112,38
11		35	27,53	19,10	12,08	61,77	26,68	95,10
12		39	27,59	16,91	12,24	64,27	31,95	106,19
13	4600	43	25,77	15,23	12,75	65,94	41,32	115,94
14		47	28,15	20,24	12,00	61,51	35,00	108,25
15		51	28,02	16,36	11,91	65,19	35,65	116,68
16		35	28,51	20,21	12,23	58,04	21,62	90,20
17		39	28,07	20,74	12,06	59,63	27,77	93,48
18	4800	43	26,43	17,32	12,09	61,85	30,32	115,61
19		47	27,87	22,38	11,53	57,04	23,21	113,76
20		51	27,37	19,65	11,78	60,61	30,44	112,87
21		35	27,67	22,90	12,76	56,52	18,61	97,78
22		39	29,33	22,04	11,12	58,44	26,85	100,85
23	5000	43	26,56	17,70	12,61	62,00	27,80	110,28
24		47	28,03	20,32	12,42	58,63	25,58	112,47
25		51	27,67	20,47	11,69	61,84	32,60	120,15
Erro Padrão da média			1,35	2,19	1,01	3,24	3,15	9,62
Médias Agrupadas								
4200(n=15)			26,70 ^a	16,35 ^b	12,65 ^a	62,44 ^{ab}	29,31 ^b	103,83 ^a
4400(n=15)			26,76 ^a	17,48 ^b	12,74 ^a	63,26 ^a	28,69 ^b	105,35 ^a
4600(n=15)			27,41 ^a	17,57 ^b	12,20 ^a	63,74 ^a	34,12 ^a	108,43 ^a
4800(n=15)			27,65 ^a	20,06 ^a	12,12 ^a	59,44 ^b	26,67 ^b	105,18 ^a
5000(n=15)			27,85 ^a	20,70 ^a	11,94 ^a	59,49 ^b	26,29 ^b	108,30
35(n=15)			28,26 ^a	20,36 ^a	12,28 ^a	59,40 ^b	22,35 ^c	90,87 ^b
39(n=15)			27,42 ^a	19,00 ^{ab}	12,36 ^a	60,78 ^{ab}	29,11 ^b	97,74 ^b
43(n=15)			25,91 ^b	16,15 ^c	12,72 ^a	64,02 ^a	32,78 ^a	115,02 ^a
47(n=15)			27,57 ^a	18,90 ^{ab}	12,42 ^a	61,20 ^{ab}	29,19 ^b	111,37 ^a
51(n=15)			27,22 ^{ab}	17,75 ^{bc}	11,87 ^a	62,96 ^a	31,66 ^{ab}	116,11 ^a
Análise de Variância – ANOVA (Pr>F)								
EB			0,0784	0,0001	0,1464	0,0004	0,0001	0,6089
PB			0,0005	0,0001	0,2611	0,0025	0,0001	0,0001
EB × PB			0,4603	0,0947	0,7754	0,9265	0,1436	0,7511

Nota: EB=energia bruta; PB = proteína bruta; MS = matéria seca; LP = lipídio; MM = matéria mineral; PB; proteína bruta; CRP = coeficiente de retenção protéica; CRE = coeficiente de retenção energética.

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($\alpha = 0,05$).

A taxa de eficiência protéica (TEP) foi influenciada ($P < 0,05$) pelas concentrações de proteína bruta e energia bruta da dieta (Tabela 3). Para energia bruta, a TEP aumentou até o nível de 4.600,0 kcal de EB/kg, diminuindo após este ponto. A melhoria da TEP expressa pelos juvenis de dourado até determinado nível protéico (43,0% de PB), acompanhada de diminuição nos níveis subseqüentes, também foi observada por Bomfim et al. (2005), El-Sayed e Teshima (1992), Lee et al. (2001, 2006). De acordo com Lee et al. (2006) a taxa de eficiência protéica aumenta até que a exigência em proteína seja atingida. Salhi et al. (2004) consideram que a tendência de aumento da TEP até um determinado nível protéico e/ou energético, pode ser um indicativo de que até estes níveis pode estar ocorrendo maior uso da proteína para o crescimento, ou seja, baixo uso da proteína como fonte de energia. De Silva e Anderson (1995) não consideram a TEP o melhor parâmetro para avaliar a qualidade da dieta, uma vez que este considera a deposição de lipídio como sendo de proteína, o que significa que dietas que produzem peixes gordurosos podem apresentar altos valores de TEP. Portanto, recomenda-se o uso do coeficiente de retenção protéica (CRP) para uma melhor avaliação da qualidade dieta (LIE; LIED; LAMBERTSEN, 1988).

O coeficiente de retenção de energia (CRE) foi influenciado apenas pela proteína dietética ($P < 0,0001$), aumentando ($P < 0,05$) até o nível de 43,0% de PB. Os níveis subseqüentes não diferiram ($P > 0,05$) deste, corroborando os resultados apresentados por Meyer e Fracalossi (2004). Por sua vez, o coeficiente de retenção protéica (CRP) foi influenciado tanto pela proteína ($P < 0,0001$) quanto pela energia ($P < 0,0001$) da dieta, sendo significativamente maior para os dourados alimentados com as dietas contendo 43,0% de PB e 4.600,0 kcal de EB/kg (Figuras 11 e 12). Tendência semelhante foi observada por Bomfim et al. (2005), El-Sayed e Teshima (1992) e Portz, Cyrino e Martino (2001). A ausência de diferença significativa entre o CRP dos dourados alimentados com a dieta contendo 39,0% de PB e as mais protéicas (47,0 e 51,0% PB), sugere que parte da proteína dietética estaria sendo usada como fonte de energia, seja para transformar a proteína da dieta em proteína corporal, ou para realizar outras funções metabólicas que não a síntese protéica (MEYER; FRACALOSSO, 2004).

Trabalhando com juvenis de “black bass”, Anderson, Kienholz e Flickinger (1981) relataram que o ponto de máxima retenção protéica ocorre muito próximo ao ponto de exigência protéica mínima estipulada para a espécie, que no caso deste estudo está em torno de 45,08%. Este resultado pode ser confirmado na análise da Figura 11, na qual pode ser observado que o

máximo de retenção de proteína (32,78%) ocorreu no nível de 43,0% de proteína na dieta. Estes valores estão próximos daqueles obtidos para o “black bass” por Portz, Cyrino e Martino (2001) e por Anderson, Kienholz e Flickinger (1981) com um máximo de retenção de proteína de 33,14% para o nível de 42,0% de PB e de 33,2% para um nível protéico de 47,7%, respectivamente.

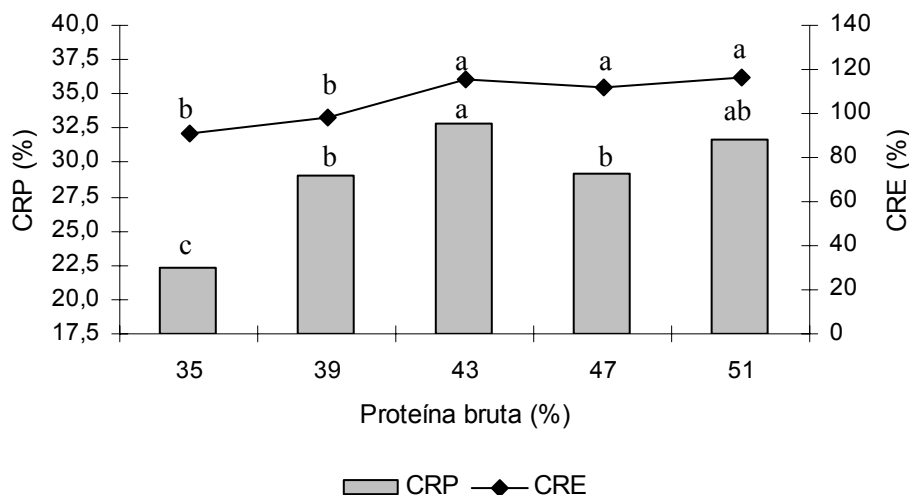


Figura 11 - Médias dos coeficientes de retenção de proteína (CRP) e energia (CRE) na carcaça de juvenis de dourado para as médias agrupadas dos níveis de proteína bruta (letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ($\alpha = 0,05$))

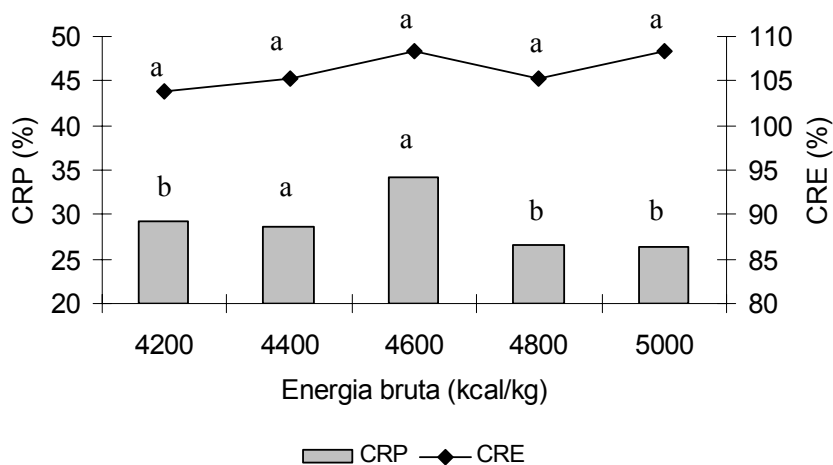


Figura 12 - Médias dos coeficientes de retenção de proteína (CRP) e energia (CRE) na carcaça de juvenis de dourado para as médias agrupadas dos níveis de energia bruta (letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ($\alpha = 0,05$))

Diferenças no desempenho e na estimativa das exigências apresentadas para os diferentes estudos, podem ser explicadas por diferenças espécie-específicas, uma vez que peixes apresentam habilidades diferentes para aproveitar determinado nutriente, na qualidade da dieta, na qualidade da proteína dietética, nos tipos de modelos estatísticos e matemáticos utilizados para análise dos dados, no tamanho dos peixes, manejo e frequência de arraçoamento, nível de energia originado de fonte não-protéica e condições ambientais (CHO et al., 2005; NRC, 1993; OKORIE et al., 2007; PORTZ; DIAS; CYRINO, 2000). Os dados discutidos permitem estimar como sendo de 45,08%; 4.600,0 kcal/kg e 10,20 e 10,65 kcal/g, as exigências em proteína bruta, energia bruta e EB:PB, respectivamente, para o ótimo desempenho de juvenis de dourado.

4.2 Experimento II

Os parâmetros de qualidade de água monitorados durante a condução do experimento – pH $7,0 \pm 0,3$; oxigênio dissolvido $6,2 \pm 0,7$ mg/L; amônia $< 0,001$ mg/L – foram considerados dentro das condições de conforto para o dourado (GAZZOLA, 2003; SERAFINI, 2005). Durante todo o período experimental não foi registrada mortalidade e nem foram observadas alterações no consumo alimentar, tanto da ração referência quanto das dietas-teste. O uso de uma dieta prática (não purificada) pode ter auxiliado na palatabilidade, uma vez que os ingredientes vegetais utilizados neste estudo apresentam de baixa a média palatabilidade (PEREIRA-DA-SILVA; PEZZATO, 2000). Independente do tratamento, as fezes coletadas apresentaram forma sólida e consistente e a refrigeração imediata do material coletado minimizou a ação de bactérias sobre as fezes (OLIVEIRA FILHO; FRACALOSSO, 2006).

A composição químico-bromatológica e em energia bruta e o perfil de aminoácidos da ração referência (RR) e dos ingredientes testados estão apresentados na Tabela 5 e Tabela 6, respectivamente. Na Tabela 7 são apresentados os valores médios dos coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) da matéria seca (CDA_{MS}), proteína bruta (CDA_{PB}), energia bruta (CDA_{EB}), lipídio (CDA_L) e matéria mineral (CDA_{MM}).

Com exceção do CDA_{PB} , os demais CDAs dos nutrientes e energia bruta, tanto da RR como dos ingredientes testados, diferiram entre si ($P < 0,01$). Os valores dos CDA obtidos nesta pesquisa foram altos para todos os nutrientes e energia bruta dos ingredientes testados. A farinha de peixe apresentou maiores valores para o CDA_L , CDA_{PB} e CDA_{EB} . Já a farinha de vísceras de

aves (FV) e o farelo de glúten de milho (FGM) apresentaram valores maiores para o CDA_{MM} e CDA_{MS} , respectivamente. Tanto os ingredientes de origem animal quanto os de origem vegetal foram eficientemente digeridos pelo dourado, corroborando resultados relatados por Allan et al. (2000).

Tabela 5 – Composição em energia bruta e nutrientes da ração referência e ingredientes testados

Nutrientes	RR	FP	FV	FS	FGM
	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
Matéria seca	96,39 ²	92,11	94,80	88,00	91,78
Proteína	48,14	66,06	63,38	47,50	64,94
Lipídio	12,38	9,00	14,06	3,82	9,40
Matéria mineral	11,78	15,98	17,05	6,46	3,70
Fibra bruta	2,8	0,12	0,92	4,82	0,75
Energia bruta	4.453,20	4.418,00	4.967,00	4.311,00	5.419,00

RR = dieta referência; FP = farinha de peixe; FV = farinha de vísceras; FGM = farelo de glúten de milho.

¹ Energia bruta expressa em kcal/kg

² Média de duas repetições

Os CDA_{EB} (87,83 a 91,03%) apresentados neste estudo mostram que o dourado aproveitou eficientemente a fração energética dos ingredientes. Os valores do CDA_{EB} corroboram a afirmação de McGoogan e Reigh (1996) de que peixes carnívoros utilizam melhor a energia de ingredientes de origem animal do que de ingredientes de origem vegetal. De acordo com esses autores, a menor digestibilidade dos ingredientes de origem vegetal podem estar relacionada com a quantidade e composição química dos carboidratos que eles contêm. O mecanismo responsável pela baixa utilização de carboidratos pelos peixes ainda não está bem esclarecido, mas sabe-se que muitas espécies não utilizam eficientemente o carboidrato como fonte de energia (NRC, 1993). A ineficiência dos peixes carnívoros para digerir o carboidrato pode estar relacionada com o ambiente em que eles se desenvolveram, uma vez que a dieta natural desses peixes contém altos níveis de proteína e lipídios e baixos níveis de carboidratos (SMITH, 1989). Os peixes utilizam eficazmente os lipídios como fonte de energia (SARGENT; HENDERSON; TOCHER, 1989; WILSON, 1994), porém quando a ingestão de lipídios é insuficiente para atender as exigências em energia, é a proteína dietética ou endógena, não os carboidratos, que vai ser preferencialmente utilizada como fonte de energia que (MC GOOGAN; REIGH, 1996).

Tabela 6 – Perfil de aminoácidos da ração referência e dos ingredientes testados (% da matéria seca)

Aminoácidos	RR	FP	FV	FS	FGM
ESSENCIAIS					
Valina	2,85 ¹	3,49	2,96	2,56	3,13
Metionina	1,47	2,03	1,29	0,70	1,67
Isoleucina	2,44	2,92	2,40	2,45	2,79
Leucina	4,73	5,11	4,43	4,10	11,43
Treonina	2,53	3,02	2,55	2,07	2,38
Fenilalanina	2,59	2,78	2,49	2,78	4,40
Lisina	3,62	5,79	3,90	3,20	1,09
Histidina	1,33	2,01	1,44	1,43	1,50
Arginina	3,62	4,47	4,38	3,97	2,23
Triptofano	0,61	0,79	0,58	0,71	0,41
NÃO ESSENCIAIS					
Cistina	0,63	0,62	0,72	0,78	1,31
Tirosina	1,87	1,96	2,02	1,75	3,18
Ácido aspártico	5,52	6,20	5,70	6,17	4,00
Serina	2,73	2,96	2,88	2,75	3,60
Ácido glutâmico	8,67	8,82	9,15	9,47	14,87
Prolina	3,41	4,40	3,95	2,40	4,20
Glicina	4,66	9,25	9,09	2,35	1,73
Alanina	4,03	5,63	5,40	2,39	7,25

Nota: RR = ração referência; FP = farinha de peixe; FV = farinha de vísceras; FS = farelo de soja; FGM = farelo de glúten de milho.

¹Média de duas repetições.

Os CDA_{MS} variaram entre 80,26 e 84,55% (Tabela 7). O CDA_{MS} descreve o quanto uma dieta ou um ingrediente é digerido e o quanto do nutriente está disponível para a manutenção e crescimento do peixe, além de fornecer uma estimativa do material não-digerido da dieta ou alimento que irá compor a maior parte dos resíduos que serão acumulados no meio aquático (EUSEBIO; COLOSO; MAMAUAG, 2004). Os resultados de CDA_{MS} e CDA_{EB} apresentaram comportamento similar àquele relatado por Allan et al. (2000), Gomes da Silva e Oliva-Teles

(1998) e Lee (2002), que registraram que de maneira geral, ingredientes que possuem bons CDA_{MS} apresentam também bons CDA_{EB} . Lee (2002) e Stone et al. (2000) relataram que ingredientes que apresentam alto teor de proteína de qualidade, geralmente têm alta digestibilidade da matéria seca. Este fato foi confirmado por Zhou et al. (2004) para o beijupirá (*Rachycentron canadum*); os valores do CDA_{MS} da espécie melhoraram com o aumento do teor protéico do ingrediente.

Tabela 7 – Coeficientes de digestibilidade aparente dos nutrientes e energia da ração referência e dos ingredientes testados

	RR	FP	FV	FS	FGM
Digestibilidade	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
Matéria seca	81,07 ^b ± 0,77	83,90 ^a ± 0,46	80,26 ^b ± 0,82	84,25 ^a ± 0,43	84,55 ^a ± 0,41
Matéria mineral	79,16 ^c ± 0,88	82,06 ^b ± 0,70	84,49 ^a ± 0,63	80,58 ^{bc} ± 0,62	79,25 ^c ± 0,47
Lipídio	92,30 ^b ± 0,63	97,38 ^a ± 0,55	96,74 ^a ± 0,42	93,32 ^b ± 0,56	91,46 ^b ± 1,33
Proteína	90,51 ^a ± 1,72	94,25 ^a ± 0,99	91,26 ^a ± 0,62	93,05 ^a ± 1,00	93,47 ^a ± 1,41
Energia	85,50 ^b ± 0,62	91,03 ^a ± 1,15	90,33 ^a ± 0,85	87,83 ^{ab} ± 0,93	88,78 ^{ab} ± 0,66

Nota: RR = ração referência; FP = farinha de peixe; FV = farinha de vísceras; FS = farelo de soja; FGM = farelo de glúten de milho.

Média de três repetições ± desvio padrão; médias seguidas de mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ($\alpha = 0,01$).

Entre os fatores que interferem negativamente na digestibilidade da matéria seca dos ingredientes, destacam-se os teores de fibras e de carboidratos. Wu et al. (2006), Bureau, Harris e Cho (1999), Eusébio, Coloso e Mamauag (2004) e Storebakken et al. (1998a) relataram que o aumento no nível desses nutrientes leva a uma redução na digestibilidade da matéria seca. A fibra dietética, composta basicamente por celulose, carboidrato complexo componente de ingredientes de origem vegetal, é praticamente indigestível para peixes carnívoros (EUSÉBIO; COLOSO; MAMAUAG, 2004). McGoogan e Reigh (1996) citam que baixas concentrações de fibra dietética (2-5%) têm efeitos benéficos no crescimento de peixes, porém altas concentrações (>8%) de fibra diminuem a digestibilidade da matéria seca e da energia.

Os valores do CDA_{MS} determinados neste estudo contrapõem-se aos resultados publicados por Sullivan e Reigh (1995) para o híbrido “sunshine bass”, que apresentou CDA_{MS}

dos ingredientes de origem animal, maiores que aquele dos ingredientes de origem vegetal, sugerindo baixa digestibilidade dos carboidratos destes últimos. Porém, Small, Austic e Joseph (1999) trabalhando com o “stripped bass” *Morone saxatilis* e Portz e Cyrino (2004) trabalhando com o “black bass”, demonstraram que os CDA_{MS} dos ingredientes de origem vegetal eram maiores que os de origem animal, corroborando os resultados observados neste estudo. Com base no exposto acima, embora a determinação do CDA dos carboidratos não esteja entre os objetivos do presente estudo, através do resultado do CDA_{MS} seria possível inferir que em ambos os ingredientes de origem vegetal testados, este nutriente apresentou boa digestibilidade (PORTZ; CYRINO, 2004).

Outro fator que pode afetar negativamente a digestibilidade da matéria seca é o alto teor de matéria mineral (BUREAU; HARRIS; CHO, 1999; WU et al., 2006). Entretanto, avaliando a digestibilidade de vários ingredientes para o “rockfish”, Lee (2002) não observou correlação ($r=0,45$; $P > 0,05$) entre o teor de matéria mineral e a digestibilidade da matéria seca.

A matéria mineral dos ingredientes testado foi eficientemente digerida pelo dourado ($CDA_{MM} = 79,25$ a $84,49\%$), o que pode ter contribuído para os bons resultados registrados para o CDA_{MS} . Os resultados obtidos foram superiores aos apresentados para os mesmos ingredientes por Köprücü e Özdemir (2005) para tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) (38,1 a 74,9%), mas foram próximos àqueles registrados por Cheng e Hardy (2002) para a farinha de vísceras com a truta arco íris. Uma forma de melhorar a digestibilidade da fração mineral das dietas e ingredientes é acidificá-los por meio da adição de um ácido orgânico, conforme demonstrado por Sugiura; Dong e Hardy (1998), que observaram melhor disponibilidade dos minerais da farinha de peixe quando adicionada de 5% de ácido cítrico e por Vielma e Lall (1997) que também observaram aumento na disponibilidade dos minerais em dietas nas quais 4 mL/kg da água foi substituída pelo ácido fórmico.

Os resultados do CDA_L (91,46 a 97,38%) corroboram observações que peixes carnívoros aproveitam eficientemente a fração lipídica para o crescimento e obtenção de energia (LUPATSCH et al., 1997; PORTZ; CYRINO, 2004; REFSTIE et al., 2006; SARGENT; HENDERSON; TOCHER, 1989; SULLIVAN; REIGH, 1995; ZHOU et al., 2004). Os valores do CDA_L ($> 90\%$) podem ser explicados pela presença de lipídios poliinsaturados nos ingredientes e dietas, que além de serem melhor aproveitados, também melhoram a digestibilidade dos lipídios saturados (ALLAN et al., 2000; BUREAU; HARRIS; CHO, 1999; LIN et al., 2004; LUPATSCH

et al., 1997). De acordo com Gunasekera, Leelarasamee e De Silva (2002), a digestão e absorção dos lipídios pode envolver dois processos, resultando em diferenças na utilização individual dos ácidos graxos. O primeiro seria uma maior atividade das lipases digestivas com relação a determinados ácidos graxos; outro seria uma diferença individual na taxa e na eficiência de absorção entre os ácidos graxos. Por outro lado, Glencross et al. (2002) relatam que a composição em ácido graxo da fração lipídica da dieta influencia a digestibilidade tanto do lipídio total quanto de cada ácido graxo individualmente.

Os ingredientes avaliados neste estudo são freqüentemente utilizados na formulação e processamento de dietas para peixes (OLIVEIRA FILHO; FRACALOSSO, 2006; PORTZ; CYRINO, 2004). A farinha de peixe é a principal fonte protéica utilizada na produção de rações comerciais para aquicultura, devido ao seu alto valor nutricional, associado ao balanço de aminoácidos e de ácidos graxos essenciais, além de apresentar ótima palatabilidade (DENG et al., 2006; OLIVEIRA FILHO; FRACALOSSO, 2006; TIBBETTS; MILLEY; LALL, 2006; WU et al., 2006; ZHOU et al., 2004).

Os valores de digestibilidade da proteína da farinha de peixe registrados para o dourado (Tabela 7) estão próximos aos relatados para o bacalhau (*Gadhus morhua*) (93%) (TIBBETTS; MILLEY; LALL, 2006), para o “haddock” (*Melanogrammus aeglefinus*) (94-96%) (KIM et al., 2006; TIBBETTS; LALL; MILLEY, 2004), para a garoupa (*Epinephelus coiodes*) (98%) (EUSEBIO; COLOSO; MAMAUAG, 2004), para o salmão Coho (*Oncorhynchus kisutch*) (97,6%) (SUGIURA et al., 1998), e para o salmão “Chinook” (*Oncorhynchus tshawytscha*) (91,7%) (HAJEN et al., 1993a). Todos estes autores utilizaram o método de Guelph para a coleta de fezes. Utilizando o método de compressão abdominal para a coleta das fezes, Zhou et al. (2004), McGoogan e Reigh (1996), Lee (2002) e Laining et al. (2003), também obtiveram valores próximos aos encontrados neste estudo para o beijupirá (96,27%), para o “red drum” (95,87%), para o rockfish (95%) e para a garoupa corcunda *Cromileptes altivelis* (92,5%).

Valores menores de CDA_{PB} que os encontrados para o dourado neste estudo foram relatados para o jundiá (77%), um pimelodídeo onívoro com tendência à carnivoría, e para o pintado (84,14%), um pimelodídeo carnívoro estrito, por Oliveira Filho e Fracalossi (2006) e Gonçalves e Carneiro (2003), respectivamente. Estes menores valores estão certamente relacionados com a qualidade da matéria-prima das dietas, uma vez que as farinhas de peixe utilizadas por estes autores foram produzidas a partir de resíduos de peixes. De acordo com o

NRC (1993), as proteínas provenientes de tecidos conjuntivos e ossos são menos digeridas que aquelas originadas do tecido muscular.

O valor do CDA_{EB} da farinha de peixe (91,03%) é similar aos valores registrados para o “haddock” (95,5-92,2%) (KIM et al., 2006; TIBBETTS; LALL; MILLEY, 2004), bacalhau (92,8%) (TIBBETTS; MILLEY; LALL, 2006), beijupirá (95,46%) (ZHOU et al., 2004), truta arco-íris (99%) (GLENCROSS et al., 2005) e para o híbrido “sunshine bass” (95,56%) (SULLIVAN; REIGH, 1995). Valores inferiores do CDA_{EB} foram relatados para o jundiá (74,8%) e para o pintado (72,80%), por Oliveira Filho e Fracalossi (2006) e Gonçalves e Carneiro (2003), respectivamente. Como citado, a qualidade da matéria-prima também afetou negativamente a digestibilidade da energia.

A farinha de vísceras é um subproduto da indústria avícola que vem sendo utilizado como fonte protéica alternativa na indústria da alimentação animal, apresentando grande disponibilidade e preço acessível, mas composição química muito variável, sendo a qualidade dependente do lote de origem (FARIA; HAYASHI; SOARES, 2002; CHENG; HARDY, 2002; MARTINO; PORTZ, 2006; TIBBETTS; MILLEY; LALL, 2006). Os CDAs da proteína e energia da farinha de vísceras no presente estudo foram maiores que os relatados para o pintado, bacalhau e tilápia do Nilo por Gonçalves e Carneiro (2003), Tibbetts, Milley e Lall (2006) e Faria, Hayashi e Soares (2002), respectivamente. Gonçalves e Carneiro (2003), por exemplo, usaram o método de Guelph para a coleta de fezes de pintado e, encontraram valores de digestibilidade de 63,93% para a proteína e 55,89% para a energia. Os resultados do presente estudo foram comparáveis aos encontrados por Zhou et al. (2004) para o beijupirá, de 90,90% e 90,58% para CDA_{PB} e CDA_{EB} , respectivamente, e por Sugiura et al. (1998), que relataram valores de CDA_{PB} de 94,2% e 95,9% para o salmão “Coho” e truta arco-íris, respectivamente.

De acordo com Tibbetts, Milley e Lall (2006), a grande variação nos CDA da energia e proteína apresentada na literatura é reflexo justamente da composição química bastante variável dos ingredientes. Entretanto, Bureau, Harris e Cho (1999) relataram uma melhora na qualidade da farinha de vísceras nos últimos anos, como resultado do uso de melhores técnicas de processamento (cozimento e secagem), para atender as exigências da indústria de alimentos para animais de estimação, principal mercado deste ingrediente. As diferenças entre os resultados das farinhas de origem animal do presente estudo e os demais descritos na literatura podem estar relacionadas com as características da matéria-prima (frescor, espécie utilizada para confecção,

peixe ou animal inteiro ou resíduo), época de captura ou despesca, condições e tipo de processamento (temperatura de secagem), quantidade de matéria mineral e lipídios, oxidação lipídica, tempo e condições de armazenamento, entre outros (ALLAN et al., 2000; ANDERSON et al., 1992; LEE, 2002; LUPATSCH et al., 1997; NRC, 1993; TIBBETTS; MILLEY; LALL, 2006).

Devido a sua disponibilidade, composição constante, baixo custo unitário da proteína e por conter a maioria dos aminoácidos essenciais, o farelo de soja é considerado uma das fontes protéicas alternativas de origem vegetal com maior potencial para substituir a farinha de peixe em rações para aqüicultura (DENG et al., 2006; NRC, 1993; OLIVEIRA FILHO; FRACALLOSSI, 2006). O dourado apresentou boa digestibilidade do farelo de soja (93,05% da PB e 87,83% da EB). Vários estudos relatam a boa digestibilidade deste ingrediente para peixes carnívoros como o bacalhau (92,3% da PB e 88,1% da EB) (TIBBETTS; MILLEY; LALL, 2006), o “haddock” (92,2% da PB e 92,2% da EB) (TIBBETTS; LALL; MILLEY, 2004), o beijupirá (92,81% da PB e 90,63% da EB) (ZHOU et al., 2004), o “black bass” (94,2% da PB) (PORTZ; CYRINO, 2004) e a garoupa (96% da PB) (EUSEBIO; COLOSO; MAMAUAG, 2004). Entretanto, trabalhando com pintado, Gonçalves e Carneiro (2003) encontraram valores de digestibilidade do farelo de soja de 67,10% para a PB e 61,66% para EB e Laining et al. (2003), trabalhando com a garoupa corcunda, encontraram valores de digestibilidade de 67,2% para a PB e 51,1% para a EB, sendo menores que os obtidos para o dourado; estes índices podem estar relacionados com a inabilidade dessas espécies em utilizar ingredientes de fonte vegetal.

O farelo de glúten de milho (FGM) é um importante subproduto da fabricação do amido de milho. Apresenta alto teor protéico, porém apresenta deficiência em lisina e arginina, sendo um ingrediente de origem vegetal bastante estudado como alternativa de fonte protéica (OLIVEIRA FILHO; FRACALLOSSI, 2006). O FGM apresentou altos coeficientes de digestibilidade aparente da proteína e energia, fato que também pôde ser observado para outras espécies de peixes carnívoros, dentre as quais podemos destacar o beijupirá (94,42% para a PB e 94,23% para a EB) (ZHOU et al., 2004), o “black bass” (93,6% para a PB e 76,5% para a EB) (PORTZ; CYRINO, 2004), o “haddock” (92,3% para a PB e 80,7% para a EB) (TIBBETTS; MILLEY; LALL, 2004) e o bacalhau (86,3% para a PB e 82,7% para a EB) (TIBBETTS; MILLEY; LALL, 2006). A boa digestibilidade dos CDA_{EB} e CDA_{PB} do FGM pode ser explicada pela redução do conteúdo de carboidratos e pelo aumento da digestibilidade do carboidrato

remanescente devido ao aquecimento do produto durante sua fabricação (ALLAN et al., 2000; ANDERSON et al., 1992). Allan et al. (2000) relatam que altos níveis de carboidratos dietéticos reduzem tanto a atividade de enzimas proteolíticas quanto o tempo de passagem do alimento no trato digestório, resultando em digestão e absorção incompleta (JOBBLING, 1981; STEFFENS, 1989). De maneira geral, os menores valores de CDA_{PB} e CDA_{EB} encontrados na literatura para ingredientes de origem vegetal estão relacionados ao teor de carboidratos e sua complexidade ou estrutura físico-química, presença de fatores antinutricionais, processamento a que foi submetido e habilidade e adaptação da espécie (ALLAN et al., 2000; FERNANDES; LOCHMANN; BOCANEGRA, 2006; FURUYA et al., 2001; RAWLES; GATLIN III, 1998).

Os resultados dos coeficientes de digestibilidade aparente dos aminoácidos (CDA_{AA}) da ração referência e ingredientes testados estão apresentados na Tabela 8. Foram registradas diferenças ($P < 0,01$) para os CDA de todos os aminoácidos dos ingredientes testados. Os valores médios dos CDA_{AA} foram diferentes ($P < 0,01$) entre as fontes protéicas testadas. Os resultados médios do CDA_{AA} foram de 93,60, 89,95, 92,07 e 92,45% para a farinha de peixe, farinha de vísceras, farelo de soja e farinha de glúten de milho, respectivamente. Esses valores foram próximos aos relatados por Portz e Cyrino (2004) para o farelo de glúten de milho, farinha de peixe e farinha de vísceras para o “black bass” e por Cheng e Hardy (2002) para a farinha de peixe para a truta arco-íris. Porém, foram superiores aos encontrados por Furuya et al. (2001) para farinha de peixe com a tilápia do Nilo e inferiores aos obtidos por Portz e Cyrino (2004) para o farelo de soja com o “black bass” e por Lin et al. (2004) para a farinha de peixe com a garoupa. A diferença na utilização de aminoácidos de farinhas e farelos, produzidos a partir de diferentes matérias-primas foi avaliada por Allan et al. (2000), trabalhando com a perca prateada. Os autores relacionaram as diferenças na digestibilidade dos aminoácidos com a qualidade, processamento e composição química da matéria-prima e ingredientes.

Neste estudo, o triptofano apresentou o maior CDA entre os aminoácidos essenciais, contrapondo-se aos resultados relatados por Portz e Cyrino (2004) para a farinha de peixe e farinha de vísceras para o “black bass”, nos quais o triptofano apresentou menor CDA. Por outro lado, os resultados desta pesquisa assemelham-se aos obtidos por Anderson et al. (1992) com o farelo de soja e farinha de peixe e Anderson et al. (1995) com a farinha de arenque e farinha de anchovas, ambos trabalhando com o salmão do Atlântico.

Tabela 8 - Coeficientes de digestibilidade aparente dos aminoácidos da ração referência e dos ingredientes testados

Aminoácidos	Coeficiente de digestibilidade aparente (%)					ANOVA
	RR	FP	FV	FS	FGM	P > F
ESSENCIAIS						
Valina	90,35 ^b ± 0,61	97,10 ^a ± 0,88	90,08 ^b ± 0,98	96,12 ^a ± 0,23	95,50 ^a ± 0,80	<,0001
Metionina	90,15 ^b ± 0,26	96,18 ^a ± 0,43	92,60 ^b ± 0,88	90,30 ^b ± 1,69	92,12 ^b ± 0,25	0,003
Isoleucina	90,05 ^b ± 0,46	91,10 ^b ± 0,12	90,14 ^b ± 0,59	90,87 ^b ± 0,78	94,70 ^a ± 0,65	<,0001
Leucina	89,45 ^{ab} ± 0,78	91,24 ^a ± 0,06	88,30 ^b ± 0,73	90,62 ^{ab} ± 0,68	88,90 ^{ab} ± 0,92	0,0045
Treonina	90,20 ^{bc} ± 0,62	94,88 ^a ± 1,09	88,01 ^c ± 0,41	91,90 ^{ab} ± 0,83	93,58 ^a ± 0,70	0,0001
Fenilalanina	92,36 ^d ± 0,46	95,20 ^a ± 0,19	94,15 ^b ± 0,30	92,35 ^d ± 0,56	92,10 ^c ± 0,34	<,0001
Lisina	92,34 ^c ± 0,64	94,82 ^{ab} ± 0,21	95,33 ^a ± 0,71	93,15 ^{bc} ± 0,50	89,45 ^d ± 0,45	<,0001
Histidina	90,30 ^b ± 0,80	93,32 ^a ± 0,66	89,21 ^b ± 0,37	89,92 ^b ± 0,81	91,63 ^{ab} ± 0,60	0,0009
Arginina	93,22 ^b ± 0,50	93,43 ^b ± 0,26	92,70 ^b ± 0,34	94,83 ^a ± 0,72	93,44 ^b ± 0,53	0,0010
Triptofano	92,25 ^b ± 0,48	97,13 ^a ± 1,15	96,12 ^a ± 0,56	94,85 ^{ab} ± 0,85	95,57 ^a ± 0,58	0,0013
NÃO ESSENCIAIS						
Cistina	88,38 ^a ± 0,47	88,98 ^a ± 0,45	80,90 ^c ± 0,99	85,34 ^b ± 0,42	88,70 ^a ± 0,96	<,0001
Tirosina	90,07 ^d ± 0,50	96,70 ^a ± 0,62	90,75 ^d ± 0,69	92,16 ^c ± 0,35	93,15 ^b ± 0,54	<,0001
Ácido aspártico	89,76 ^{ab} ± 0,88	89,88 ^{ab} ± 0,49	88,90 ^b ± 0,85	91,62 ^a ± 0,66	89,98 ^{ab} ± 0,91	0,0085
Serina	89,92 ^a ± 0,60	90,68 ^a ± 0,35	84,30 ^b ± 0,44	89,90 ^a ± 0,35	89,90 ^a ± 1,12	<,0001
Ácido glutâmico	63,08 ^a ± 0,19	92,92 ^a ± 1,01	89,65 ^b ± 0,57	91,48 ^{ab} ± 0,43	92,21 ^a ± 0,35	0,0025
Prolina	91,12 ^c ± 1,07	97,30 ^a ± 0,51	91,00 ^c ± 0,92	94,93 ^b ± 0,45	96,64 ^{ab} ± 0,92	<,0001
Glicina	89,87 ^c ± 0,66	94,00 ^a ± 0,22	89,62 ^c ± 0,48	92,83 ^{ab} ± 0,61	92,45 ^b ± 0,91	<,0001
Alanina	89,86 ^b ± 0,55	89,92 ^b ± 0,65	87,41 ^c ± 0,41	94,12 ^a ± 0,24	94,14 ^a ± 0,39	<,0001
Média	90,71 ^c ± 0,56	93,60 ^a ± 0,14	89,95 ^c ± 0,53	92,07 ^b ± 0,62	92,45 ^{ab} ± 0,63	<,0001

Nota: RR = ração referência; FP = farinha de peixe; FV = farinha de vísceras; FS = farelo de soja; FGM = farelo de glúten de milho.

Média de três repetições ± desvio padrão; médias seguidas de mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ($\alpha = 0,01$).

O CDA_{AA} da cistina foi o menor entre os aminoácidos dos ingredientes testados, corroborando os resultados observados por Cheng e Hardy (2002) para a farinha de peixe e farinha de vísceras, com a truta arco-íris, bem como os relatados por Small; Austic e Joseph Jr (1999) e Portz e Cyrino (2004) avaliando fontes idênticas àquelas utilizados neste estudo em experimentos com o “striped bass” e “black bass”, respectivamente. Baixos conteúdos e

disponibilidade de cistina, além de outros aminoácidos, podem estar associados à ocorrência de superaquecimento durante o processamento, tempo excessivo de secagem e oxidação durante o armazenamento dos ingredientes e matérias-primas (ANDERSON et al., 1992; SØRENSEN et al., 2002). A cistina é um aminoácido não essencial que pode ser sintetizado a partir da metionina ou da serina, por meio da ação da enzima 3-fosfoglicerato; portanto, possivelmente, sua menor disponibilidade nos ingredientes avaliados não interferiu no desempenho e metabolismo do dourado (DE SILVA; ANDERSON, 1995).

Quando comparadas às fontes de origem animal, como a farinha de peixe, as fontes de origem vegetal geralmente apresentam baixa concentração dos aminoácidos lisina, metionina, treonina e triptofano. O FGM, em particular, apresenta baixas concentrações de arginina e lisina e o farelo de soja, de metionina (ANDERSON et al., 1992; MAI et al., 2006). Neste estudo, o dourado digeriu eficientemente os nutrientes e energia do FGM e do FS. Este fato pode ser explicado pelo fato dos processos de fabricação destes ingredientes removerem grande parte do carboidrato contido na matéria-prima e pelo uso do processamento térmico adequado que auxilia no aumento da digestibilidade do carboidrato remanescente e na inativação dos fatores antinutricionais (ALLAN et al., 2000; HEIKKINEN et al., 2006; KROGDAHL; LEA; OLLI, 1994).

As diferenças nos resultados do CDA dos nutrientes e energia bruta dos diferentes ingredientes podem estar relacionadas com a habilidade de uma determinada espécie utilizar determinados nutrientes e ser menos susceptível a certos fatores antinutricionais, como a idade e tamanho do peixe, composição química, qualidade da matéria-prima e processamento a que esses ingredientes foram submetidos, tipo de ração referência (prática ou purificada), marcador utilizado (simplicidade de aplicação e precisão na metodologia de análise), equação utilizada para o cálculo da digestibilidade e metodologia de coleta de fezes, que pode subestimar ou superestimar o valor de CDA (ALLAN et al., 2000; ANDERSON et al., 1992; BUREAU; HARRIS; CHO, 1999; FERNANDES; LOCHMANN; BOCANEGRA, 2006; GLENCROSS et al., 2005; LEE, 2002; PEZZATO et al., 2004; RAWLES; GATLIN III, 2000; STOREBAKKEN et al., 1998b; TIBBETTS; MILLEY; LALL, 2006).

Os valores médios do CDA_{PB} e CDA_{AA} dos ingredientes analisados foram bastante semelhantes, comparáveis aos valores relatados por Allan et al. (2000), Lee (2002), Portz e Cyrino (2004), Sales e Britz (2003) e Zhou et al. (2004). Por outro lado, contrapõem-se aos

apresentados por Anderson et al. (1992) e Lupatsch et al. (1997), que não encontraram valores próximos de CDA_{PB} e CDA_{AA} trabalhando com o salmão do Atlântico e com o “gilthead seabream”, *Sparus aurata*, respectivamente.

Mesmo existindo relação entre os valores médios do CDA_{PB} e CDA_{AA} , a determinação da digestibilidade individual dos aminoácidos é muito importante para a formulação de dietas completas e que proporcionem máximo desempenho, de forma a evitar a deficiência ou excesso de um determinado aminoácido, pois o CDA pode ser bastante variável para alguns aminoácidos (ANDERSON et al., 1992; ANDERSON et al., 1995; FURUYA et al., 2001; LEE, 2002; LIN et al., 2004; SALES; BRITZ, 2003; STONE et al., 2000; WU et al., 2006).

De maneira geral, o dourado aproveitou de forma eficiente os nutrientes e a energia dos ingredientes testados, indicando que todos podem ser utilizados como substitutos parciais da farinha de peixe em dietas para a espécie. As informações sobre a digestibilidade aparente individual dos aminoácidos auxiliarão na obtenção de uma dieta balanceada, permitindo verificar, dependendo do ingrediente utilizado, a necessidade de suplementá-la com aminoácidos sintéticos, resultando em melhoria no desempenho e na qualidade da água. Porém, faz-se necessário a realização de experimentos de desempenho, com diferentes níveis de substituição da farinha de peixe, para avaliar o nível ótimo de inclusão destes ingredientes para o dourado.

5 CONCLUSÕES

No Experimento I, foram estimadas em 45,08% de PB e 4.600,00 kcal de EB/kg as exigências para o máximo desempenho e retenção de nutrientes em juvenis de dourado. Para estas exigências o ICA é de 1,13, o GP varia entre 17,09 e 17,52 g e o GPR varia entre 325,16 e 333,2%. É possível inferir que os limites da relação energia bruta:proteína bruta estão entre 10,20 e 10,65 kcal de EB/g de proteína. Sugere-se como alternativa, o uso das exigências em PB e EB estimadas para a taxa de crescimento específico de 44,64% e 4.600,0 kcal/kg, respectivamente, obtendo-se valores de ICA de 1,13, de GP entre 17,09 a 17,17 g e de GPR entre 325,16 e 326,34%. Apesar de não ser o mais indicado, deixa-se como outra alternativa as exigências estimadas por meio do uso da regressão segmentada para a máxima conversão alimentar de 41,37% de PB e 4.518,7 kcal de EB/kg de alimento. Nestas condições o ICA é de 1,13, o GP varia entre 14,49 e 15,51 g.e o GPR varia entre 275,36 e 312,94%.

De maneira geral, o dourado aproveitou de forma eficiente todos os nutrientes e energia dos ingredientes testados no Experimento II, indicando que todos podem ser utilizados como substitutos parciais da farinha de peixe em dietas para essa espécie. Recomenda-se a realização de experimentos de desempenho, com diferentes níveis de inclusão do ingrediente ou de substituição da farinha de peixe, para a determinação do nível ótimo de inclusão, além de servir como ferramenta para avaliar a palatabilidade destes para o dourado. Recomenda-se também a realização de mais experimentos objetivando determinar o CDA de outros ingredientes, aumentando o número de alternativas para serem usadas em formulação de dietas para o dourado.

REFERÊNCIAS

ABIMORAD, E.G.; CARNEIRO, D.J. Digestibility and performance of pacu (*Piaractus mesopotamicus*) juveniles – fed diets containing different protein, lipid and carbohydrate levels. **Aquaculture Nutrition**, Oxford, v. 13, p. 1-9, 2007.

ADAMANTE, W.B. **Estresse de alevinos de dourado e mandi sob diferentes densidades e tempos de transporte**. 2005. 39 p. Dissertação (Mestrado em Aqüicultura) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

AKSNES, A.; HJERTNES, T.; OPSTVEDT, J. Effect of dietary protein level on growth and carcass composition in Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus*). **Aquaculture**, Amsterdam, v.145, p.225-233, 1996.

ALI, M.Z.; JAUNCEY, K. Approaches to optimizing dietary protein to energy ratio for African catfish *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822). **Aquaculture Nutrition**, Oxford, v. 11, p. 95-101, 2005.

ALLAN, G.L.; PARKINSON, S.; BOOTH, M.A.; STONE, D.A.J.; ROWLAND, S.J.; FRANCES, J.; WARNES-SMITH, R. Replacement of fish meal in diets for Australian silver perch, *Bidyanus bidyanus*: I digestibility of alternative ingredients. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 186, p. 293-310, 2000.

ALLIOT, E.; PASTOREAUDT, A.; PELAEZ HUDLET, J.; MÉTAILLER, R. Utilisation des farines végétales et des levures cultivées sur alcanes pour l'alimentation du bar (*Dicentrarchus labrax*). In: WORLD SYMPOSIUM FINFISH NUTRITION FISHFEED TECHNOLOGY, 1978, Hambur. **Proceedings ...** Berlin: Heenemann, 1978. v. 2, p. 229-238.

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**, Amsterdam, v. 108, p. 111-114, 1992.

ANDERSON, J.S.; LALL, S.P.; ANDERSON, D.M.; MCNIVEN, M.A. Availability of amino acids from various fish meals fed to Atlantic salmon (*Salmo salar*). **Aquaculture**, Amsterdam, v. 138, p. 291-301, 1995.

ANDERSON, R.J.; KIENHOLZ, E.W.; FLICKINGER, S.A. Protein requirement of smallmouth bass and largemouth bass. **Journal of Fish Nutrition**, v. 111, p. 1085-1097, 1981.

ARZEL, J.; MÉTAILLER, R.; KERLEGUER, C.; DELLIOU, H.; GUILLAUME, J. The protein requirement of brown trout (*Salmo trutta*) fry. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 130, p. 67-78, 1995.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**, 17th ed. Washington, DC, 2000. 1141 p.

AUSTRENG, E. Digestibility determination in fish using chromic oxide marking and analysis of contents from different segments of gastrointestinal tract. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 13, p. 265-272, 1978.

BARAS, E.; JOBLING, M. Dynamics of intracohort cannibalism in cultured fish. **Aquaculture Research**, Oxford, v. 33, p. 461-479, 2002.

BARAS, E.; NDAO, M.; MAXI, M.Y.J.; JEANDRAIN, D.; THOMÉ, J.P.; VANDEWALLE, P.; MÉLARD, C. Sibling cannibalism in dorada under experimental conditions. I. Ontogeny, dynamics, bionergetics of cannibalism and prey size selectivity. **Journal of Fish Biology**, London, v. 57, p. 1001-1020, 2000.

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

BERGOT, F.; BREQUE, J. Digestibility of starch by rainbow trout: effects of the physical state of starch and of intake level. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 34, p. 213-222, 1983.

BLASCO, J.; FERNANDEZ, J.; GUTIERREZ, J. Fasting and refeeding in carp, *Cyprinus carpio* L.: the mobilization of reserves and plasma metabolite and hormones variations. **Journal of Comparative Physiology**, Berlin, v. 162, n. 6, p. 539-546, 1995.

BOGUT, I.; HAS-SCHON, E.; CACIC, M.; MILAKOVIC, Z.; NOVOSELIC, D.; BRKIC, S. Linolenic acid supplementation in the diet of European catfish (*Silurus glanis*): effect on growth and fatty acid composition. **Journal of Applied Ichthyology**, Oxford, v. 18, p. 1-6, 2002.

BOMFIM, M.A.D.; LANNA, E.A.T.; SERAFINI, M.A.; RIBEIRO, F.B.; PENA, K.S. Proteína bruta e energia digestível em dietas para alevinos de curimatá (*Prochilodus affinis*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 34, n. 6, p. 1795-1806, 2005.

BORBA, M.R.; FRACALOSSO, D.M.; PEZZATO, L.E. Dietary requirement of piracanjuba fingerlings, *Brycon orbignyanus*, and relative utilization of dietary carbohydrate and lipid. **Aquaculture Nutrition**, Oxford, v. 12, p. 183-191, 2006.

BORGHETTI, J.R.; CANZI, C.; FERNANDEZ, D.R. Influência de diferentes níveis de proteína no crescimento do dourado *Salminus maxillosus*. **Arquivos de Biologia e Tecnologia**, Curitiba, v. 33, n. 3, p. 683-689, 1990.

BOSCOLO, W.R.; FEIDEN, A.; SIGNOR, A.; SIGNOR, A.A.; BARD, J.J.; ISHIDA, F.A. Energia digestível para alevinos de tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 35, n. 3, p. 629-633, 2006.

BOSCOLO, W.R.; SIGNOR, A.; FEIDEN, A.; BOMBARDELLI, R.A.; SIGNOR, A.A.; REIDEL, A. Energia digestível para larvas de tilápia-do-Nilo *Oreochromis niloticus* na fase de reversão sexual. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 34, n. 6, p. 1813-1818, 2005.

BREMER NETO, H.; GRANER, C.A.F.; PEZZATO, L.E.; PADOVANI, C.R.; CANTELMO, O.A. Diminuição do teor de óxido de crômio (III) usado como marcador externo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 32, n. 2, p. 249-255, 2003.

BRIGHT, L.A.; COYLE, S.D.; TIDWELL, J.H. Effect of dietary lipid level and protein energy ratio on growth and body composition of largemouth bass *Micropterus salmoides*. **Journal of the World Aquaculture Society**, Baton Rouge, v. 36, n. 1, p. 129-134, 2005.

BROWN, M.L.; NEMATIPOUR, G.R.; GATLIN III, D.M. Dietary protein requirement of juvenile sunshine bass at different salinities. **The Progressive Fish Culturist**, Bethesda, v. 54, p. 148-156, 1992.

BUREAU, D.P.; HARRIS, A.M.; CHO, C.Y. Apparent digestibility of rendered animal protein ingredients for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Aquaculture**, Amsterdam, v. 180, p. 345-358, 1999.

BURTLE, G.J. Body composition of farm-raised catfish can be controlled by attention to nutrition. **Feedstuffs**, Minnetonka, v. 62, n. 5, p. 68-71, 1990.

CARNEIRO, D.J.; FRAGNITO, P.S.; MALHEIROS, E.B. Influence of carbohydrate and energy level on growth and body composition of tambacu, a hybrid of tambaqui (*Colossoma macropomum*) and pacu (*Piaractus mesopotamicus*). **Aquaculture**, Amsterdam, v. 124, p. 129-130, 1994.

CATACUTAN, M.R.; COLOSO, R.M. Effect of dietary protein to energy ratios on growth, survival, and body composition of juvenile Asian seabass, *Lates calcarifer*. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 131, p. 125-133, 1995.

CATACUTAN, M.R.; PAGADOR, G.E.; TESHIMA, S. Effect of dietary protein and lipid levels and protein to energy ratios on growth and body composition of the mangrove red snapper, *Lutjanus argentimaculatus* (Forsskal 1775). **Aquaculture Research**, Oxford, v. 32, p. 811-818, 2001.

CHENG, Z.J.; HARDY, R.W. Apparent digestibility coefficients of nutrients and nutritional value of poultry by-product meal for rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* measured in vivo using settlement. **Journal of the World Aquaculture Society**, Baton Rouge, v. 33, n. 4, p. 458-465, 2002.

CHO, C.Y. Fish nutrition, feeds, and feeding: with special emphasis on salmonid aquaculture. **Food Reviews International**, Philadelphia, v. 6, n. 3, p. 333-357, 1990.

_____. Feeding for rainbow trout and other salmonids, with reference to current estimates of energy and protein requirement. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 100, p. 107-123, 1992.

- CHO, C.Y.; BUREAU, D.P. A review of diet formulation strategies and feeding systems to reduce excretory and feed wastes in aquaculture. **Aquaculture Nutrition**, Oxford, v. 32, suppl. 1, p. 349-360, 2001.
- CHO, C.Y.; SLINGER, S.J. Apparent digestibility measurements in feedstuffs for rainbow trout. In: HALVER, J.E.; TIEWS, K. (Ed.). **Finfish nutrition and fish feed technology**. Berlin: Heinemann, 1979. p. 239-247.
- CHO, S.H.; LEE, S.M.; LEE, S.M.; LEE, J.H. Effect of dietary protein and lipid levels on growth and body composition of juvenile turbot (*Scophthalmus maximus* L) reared under optimum salinity and temperature conditions. **Aquaculture Nutrition**, Oxford, v. 11, p. 235-240, 2005.
- CHONG, A.S.C.; HASHIM, R.; ALI, A.B. Assesment of dry matter and protein digestibilities of selected raw ingredients by discus fish (*Symphysodon aequifasciata*) using *in vivo* and *in vitro* methods. **Aquaculture Nutrition**, Oxford, v. 8, p. 229-238, 2002.
- CHOU, B.S.; SHIAU, S.Y. Optimal dietary lipid level for growth of juvenile hybrid tilapia, *Oreochromis niloticus* x *Oreochromis niloticus aureus*. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 143, p. 185-195, 1996.
- CHOUBERT, G.; De la NOUE, J.; LUQUET, P. Digestibility in fish: Improved device for the automatic collection of feces. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 29, p. 185-189, 1982.
- CHRISTIANSEN, C.; KLUNGSOYR, L. Metabolic utilization of nutrients and the effects of insulin in fish. **Comparative Biochemistry Physiology**, Amsterdam, v. 88, n. 3, p. 701-711, 1987.
- COLIN, B.; COWEY, C.B.; YOUNG, D.C.; CHO, C.Y. Nutrition requirement of fish. **Proceedings of the Nutrition Society**, Cambridge, v. 52, p. 417-426, 1993.
- CORTÉS-JACINTO, E.; VILLARREAL, H.; CRUZ-SUAREZ, L.E.; CIVERA-CERECEDO, R.; NOLASCO-SORIA, H.; HERNANDEZ-LLAMAS, A. Effect of dietary protein and lipid levels on growth and survival of juvenile Australian redclaw crayfish, *Cherax quadricarinatus* (von Martens). **Aquaculture Nutrition**, Oxford, v. 11, p. 283-291, 2005.
- COTAN, J.L.V.; LANNA, E.A.T.; BOMFIM, M.A.D.; DONZELE, J.L.; RIBEIRO, F.B.; SERAFINI, M.A. Níveis de energia digestível e proteína bruta em rações para alevinos de lambari tambuí. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 35, n. 3, p. 634-640, 2006.
- COWEY, C.B. Nutrition: estimating requirements of rainbow trout. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 100, p. 177-189, 1992.

CYRINO, J.E.P. **Condicionamento alimentar e exigências nutricionais de espécies carnívoras: desenvolvimento de uma linha de pesquisa**. 200p. Tese (Livre-Docência) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2000.

DE la NOUE, J.; CHOUBERT, G.; PAGNIEZ, B.; BLANC, J.M.; LUQUET, P. Digestibilité chez la truite arc-en-ciel (*Salmo gairdneri*) lors de l'adaptation à un nouveau régime alimentaire. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, Ottawa, v. 37, p. 2218-2224, 1980.

DE SILVA, S.; ANDERSON, T.A. **Fish nutrition in aquaculture**. London: Chapman & Hall, 1995. 319 p.

DE SILVA, S.S.; GUNASEKERA, R.M.; GOOLEY, G. Digestibility and amino acid availability of three protein-rich ingredient-incorporated diets by Murray cod, *Maccullochella peelii peelii* (Mitchell) and the Australian shortfin eel *Anguilla australis* Richardson. **Aquaculture Research**, Oxford, v.31, p.195-205, 2000.

DE SILVA, S.S.; GUNASEKERA, R.M.; COLLINS, R.A.; INGRAM, B.A. Performance of juvenile Murray cod, *Maccullochella peelii peelii* (Mitchell), fed with diets of different protein to energy ratio. **Aquaculture Nutrition**, Oxford, v. 8, p. 79-85, 2002.

DENG, J.; MAI, K.; AI, Q.; ZHANG, W.; WANG, X.; XU, W.; LIUFU, Z. Effects of replacing fish meal with soy protein concentrate on feed intake and growth of juvenile Japanese flounder, *Paralichthys olivaceus*. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 258, p. 503-513, 2006.

DEVLIN, T.M. **Manual de bioquímica com correlações químicas**. 4.ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1998. 1007 p.

ELLIS, S.C.; REIGH, R.C. Effects of dietary lipid and carbohydrate levels on growth and body composition of juvenile red drum, *Sciaenops ocellatus*. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 97, p. 383-394, 1991.

EL-SAYED, A-F. M.; TESHIMA, S. Protein and energy requirement of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, fry. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 103, p. 55-63, 1992.

ERFANULLAH; JAFRI, A.K. Growth, feed conversion, body composition and nutrient retention efficiencies in fingerling catfish, *Heteropneustes fossilis* (Bloch), fed different sources of dietary carbohydrate. **Aquaculture Research**, Oxford, v. 30, p. 43-49, 1999.

EUSEBIO, P.S.; COLOSO, R.M.; MAMAUAG, R.E.P. Apparent digestibility of selected ingredients in diets for juvenile grouper, *Epinephelus coiodes* (Hamilton). **Aquaculture Research**, Oxford, v.35, p.1261-1269, 2004.

FARIA, A.C.E.A.; HAYASHI, C.; SOARES, C.M. Farinha de vísceras de aves em rações para alevinos de tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus* (L.). **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 31, n. 2, p. 812-822, 2002.

FERNANDES, J.B.; LOCHMANN, R.; BOCANEGRA, F.A. Apparent digestible energy and nutrient digestibility coefficients of diet ingredients for pacu *Piaractus brachypomus*. **Journal of the World Aquaculture Society**, Baton Rouge, v. 35, n. 2, p. 237-243, 2004.

FAO. **The State of world fisheries and aquaculture (SOFIA)**. Rome: FAO Fisheries Department, Publishing Management Service, 2004. Não paginado.

FROESE, R.; PAULY, D. **Fish base**. Disponível em: <<http://www.fishbase.org>>. Acesso em: 08 dez. 2006.

FURUYA, W.M. **Digestibilidade aparente de aminoácidos e substituição da proteína da farinha de peixe pela do farelo de soja com base em proteína ideal em rações para a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*)**. 2000. 69 p. Tese (Doutorado em Nutrição e Produção Animal) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2000.

FURUYA, W.M.; PEZZATO, L.E.; PEZZATO, A.C.; BARROS, M.M.; MIRANDA, E.C. Coeficientes de digestibilidade e valores de aminoácidos digestíveis de alguns ingredientes para a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 30, n. 4, p. 1143-1149, 2001.

GAO, Y.; LV, J.; LIN, Q.; LI, L. Effect of protein levels on growth, feed utilization, nitrogen and energy budget in juvenile southern flounder, *Paralichthys lethostigma*. **Aquaculture Nutrition**, Oxford, v.11, p.427-433, 2005

GATLIN III, D.M. Nutrition and feeding of red drum and hybrid striped bass. In: CHANG, Y.K.; WANG, S.S. (Ed.). **Advances in extrusion technology**. Lancaster: Technomic Publ., 1999. p. 43-52.

GAZZOLA, A.C. **Efeito da amônia e do oxigênio dissolvido na sobrevivência de alevinos de dourado, *Salminus brasiliensis***. 2003. 56 p. Dissertação (Mestrado em Aqüicultura) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

GÉRY, J.; LAUZANNE, L. Lês types des espèces du genre *Salminus* Agassiz, 1829 (Ostariophysi, Characidae) du Musée National d'Histoire Naturelle de Paris. **Cybium**, Paris, v. 14, n. 2, p. 113-124, 1990.

GLENCROSS, B.D.; BOOTH, M.; ALLAN, G.L. A feed is only as good as its ingredients: a review of ingredient evaluation strategies for aquaculture feeds. **Aquaculture Nutrition**, Oxford, v. 13, p. 17-34, 2007.

GLENCROSS, B.D.; SMITH, D.M.; THOMAS, M.R.; WILLIAMS, K.C. The effects of dietary lipid amount and fatty acid composition on the digestibility of lipids by the prawn, *Penaeus monodon*. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 205, p. 157-169, 2002.

- GLENCROSS, B.D.; EVANS, D.; DODS, K.; MCCAFFERTY, P.; HAWKINS, W.; MAAS, R.; SIPSAS, S. Evaluation of digestible value of lupin and soybean protein concentrate and isolates when fed to rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*, using either stripping or settlement faecal collection methods. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 245, p. 211-220, 2005.
- GOMES DA SILVA, J.; OLIVA-TELES, A. Apparent digestibility coefficients of feedstuffs in seabass (*Dicentrarchus labrax*) juveniles. **Aquatic Living Resource**, Paris, v. 11, n. 3, p. 187-191, 1998.
- GONÇALVES, E.G.; CARNEIRO, D.J. Coeficientes de digestibilidade aparente da proteína e energia de alguns ingredientes utilizados em dietas para o pintado (*Pseudoplatystoma coruscans*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 32, n. 4, p. 779-786, 2003.
- GUNASEKERA, R.M.; LEELARASAMEE, K.; DE SILVA, S.S. Lipid and fatty acid digestibility of three oil types in the Australian shortfin eel, *Angilla australis*. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 203, p. 335-347, 2002.
- GUNASEKERA, R.M.; DE SILVA, S.S.; COLLINS, R.A.; GOOLEY, G.; INGRAM, B.A. Effect of dietary protein level on growth and food utilization in juvenile Murray cod *Maccullochella peelii peelii* (Mitchell). **Aquaculture Research**, Oxford, v. 31, p. 181-187, 2000.
- HAJEN, W.E.; HIGGS, D.A.; BEAMES, R.M.; DOSANJH, B.S. Digestibility of various feedstuffs by post-juvenile Chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*) in sea water. 1. Validation of technique. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 112, p. 321-332, 1993a.
- _____. Digestibility of various feedstuffs by post-juvenile Chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*) in sea water. 2. Measurement of digestibility. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 112, p. 333-348, 1993b.
- HAYASHI, C.; BOSCOLO, W.R.; SOARES, C.M.; MEURER, F. Exigência de proteína digestível para larvas de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), durante a reversão sexual. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.31, n.2, p.823-828, 2002.
- HECHT, T.; PIENAAR, A.P. A review of cannibalism and its implications in fish larviculture. **Journal of World Aquaculture Society**, Baton Rouge, v. 24, n. 2, p. 246-261, 1993.
- HEIKKINEN, J.; VIELMA, J.; KEMILÄINEN, O.; TIIROLA, M.; ESKELINEN, P.; KIURU, T.; NAVIA-PALDANIUS, D.; WRIGHT, A. Effects of soybean meal based diet on growth performance, gut histopathology and intestinal microbiota of juvenile rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Aquaculture**, Amsterdam, v. 261, p. 259-268, 2006.
- HEPHER, B. **Nutrition of pond fishes**. Cambridge: Cambridge University Press, 1988. 388 p.

- HILLESTAD, M.; JOHNSEN, F.; ASGARD, T. Protein to carbohydrate ratio in high-energy diets for Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) **Aquaculture Research**, Oxford, v. 32, p. 517-529, 2001.
- HOAGLAND III, R.H.; DAVIS, D.A.; TUAN, N.A.; MCGRAW, W.J. Evaluation of practical bluegill diets with varying protein and energy levels. **North American Journal of Aquaculture**, Bethesda, v. 65, p. 147-150, 2003.
- HOSSAIN, M.A., JAUNCEY, K. Studies on the protein, energy and amino acids digestibility of fish meal, mustard oilcake, linseed and sesame meal for common carp (*Cyprinus carpio*). **Aquaculture**, Amsterdam, v. 83, p. 59-72, 1989.
- HUNG, L.T.; SUHENDA, N.; SLEMBROUCK, J.; LAZARD, J.; MOREAU, Y. Comparison of dietary protein and energy utilization in three Asian catfishes (*Pangasius bocourti*, *P. hypophthalmus* and *P. djambal*). **Aquaculture Nutrition**, Oxford, v.10, p. 317-326, 2004.
- HUTCHINS, C.G.; RAWLES, S.D.; GATLIN III, D.M. Effects of dietary carbohydrate kind and level on growth, body composition and glycemic response of juvenile sunshine bass (*Morone chrysops* x *M. saxatilis*). **Aquaculture**, Amsterdam, v. 161, p. 187-199, 1998
- JANTRAROTRAI, W.; SITASIT, P.; JANTRAROTRAI, P.; VIPUTHANUMAS, T.; SRABUA, P. Protein and energy levels for maximum growth, diet utilization, yield of edible flesh and protein sparing of hybrid Clarias catfish (*Clarias macrocephalus* x *C. gariepinus*). **Journal of World Aquaculture Society**, Baton Rouge, v. 29, p. 281-289, 1998.
- JARAMILLO, M.P.S. Nutrientes esenciales. In: JARAMILLO, M.P.S.; GÓMEZ, H.R.; DAZA, P.V. (Ed.). **Fundamentos de nutrición y alimentación en acuicultura**. Bogotá: Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura, 1996. p. 53-63.
- JAYARAM, M.G.; BEAMISH, F.W.H. Influence of dietary protein and lipid on nitrogen and energy losses in lake trout, *Salvelinus namaycush*. **Canadian Journal of Fish Aquatic Science**, Ottawa, v. 49, p. 2267-2272, 1992.
- JOBLING, M. Dietary digestibility and the influence of food components on gastric evacuation in plaice *Pleuronectes platessa* L. **Journal of Fish Biology**, London, v. 19, p. 123-134, 1981.
- JOHNSON, E.G.; WATANABE, W.O; ELLIS, S.C. Effects of dietary lipid levels and energy:protein ratios on growth and feed utilization of juvenile Nassau grouper fed isonitrogenous diets at two temperatures. **North American Journal of Aquaculture**, Bethesda, v. 64, p. 47-54, 2002.
- KAUSHIK, S.J.; MÉDALE, F. Energy requirements, utilization and dietary supply to salmonids, **Aquaculture**, Amsterdam, v. 124, p. 81-97, 1994.

KAUSHIK, S.J.; MÉDALE, F.; FAUCONNEAU, B.; BLANC, D. Effect of digestible carbohydrate on protein/energy utilization and glucose metabolism in rainbow trout (*Salmo gairdneri* R.). **Aquaculture**, Amsterdam, v. 79, p. 63-74, 1989.

KHAN, M.S.; ANG, K.J.; AMBAK, M.A.; SAAD, C.R. Optimum dietary protein requirement of Malaysian freshwater catfish, *Mystus nemurus*. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 112, p. 227-235, 1993.

KIM, J-D.; TIBBETTS, S.M.; MILLEY, J.E.; LALL, S.P. Effect of the incorporation level of herring meal into test diet on apparent digestibility coefficients for protein and energy by juvenile haddock, *Melanogrammus aeglefinus* L. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 258, p. 479-486, 2006.

KIM, K.L.; WANG, X.; CHOI, S.M.; PARK, G.J.; BAI, S.C. Evaluation of optimum dietary protein-to-energy ratio in juvenile olive flounder *Paralichthys olivaceous* (Temminck et Schlegel). **Aquaculture Research**, Oxford, v. 35, p. 250-255, 2004.

KIM, K-W.; KANG, Y-J.; CHOI, S-M.; WANG, X.; CHOI, Y-H.; BAI, S.C.; JO, J-Y.; LEE, J-Y. Optimum dietary protein levels and protein to energy ratios in live flounder *Paralichthys olivaceus*. **Journal of the World Aquaculture Society**, Baton Rouge, v. 36, n. 2, p. 165-178, 2005.

KIM, L.O.; LEE, S.M. Effects of the dietary protein and lipid levels on growth and body composition of bagrid catfish, *Pseudobagrus fulvidraco*. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 243, p. 323-329, 2005.

KOCH, W.R.; MILANI, P.C.; GROSSER, K.M. **Guia ilustrado de peixes, Parque Delta do Jacuí**. Porto Alegre: Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul, 2000. 28 p.

KÖPRÜCÜ, K.; ÖZDEMİR, Y. Apparent digestibility of selected feed ingredients for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Aquaculture**, Amsterdam, v. 250, p.308-316, 2005.

KROGDAHL, A.; LEA, T.B.; OLLI, J.J. Soybean proteinases inhibitors affect intestinal trypsin activities and amino acids digestibilities in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Comparative Biochemistry and Physiology**, Amsterdam, v. 107, p. 215-219, 1994.

LAINING A.; RACHMANSYAH, AHMAD, T.; WILLIAMS, K. Apparent digestibility of selected feed ingredients for humpback grouper, *Cromileptes altivelis*. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 218, p. 529-538, 2003.

LEE, S.M. Apparent digestibility coefficients of various feed ingredients for juvenile and grower rockfish (*Sebastes schlegeli*). **Aquaculture**, Amsterdam, v. 207, p. 79-95, 2002.

LEE, S.M.; KIM, K.D. Effects of dietary protein and energy levels on the growth, protein utilization and body composition of juvenile masu salmon (*Oncorhynchus masou* Brevoort). **Aquaculture Research**, Oxford, v. 32, p. 39-45, 2001.

_____. Effect of various levels of lipid exchange with dextrin at different protein level in diet on growth and body composition of juvenile flounder *Paralichthys olivaceus*. **Aquaculture Nutrition**, Oxford, v. 11, p. 435-442, 2005.

LEE, S.M.; CHO, S.H.; KIM, K.D. Effects of dietary protein and energy levels on growth and body composition of juvenile flounder *Paralichthys olivaceus*. **Journal of the World Aquaculture Society**, Baton Rouge, v. 31, n. 3, p. 306-315, 2000.

LEE, S.M.; JEON, I.G.; LEE, J.Y. Effects of digestible protein and lipid levels in practical diets on growth, protein utilization and body composition of juvenile rockfish (*Sebastes schlegelii*). **Aquaculture**, Amsterdam, v. 211, p. 227-239, 2002.

LEE, S.M.; KIM, D.; CHO, S.H. Effects of dietary protein and lipid level on growth and body composition of juvenile ayu (*Plecoglossus altivelis*) reared in seawater. **Aquaculture Nutrition**, Oxford, v.8, p.53-58, 2002.

LEE, S.M.; CHO, S.H.; LEE, J.E.; YANG, S.G. Dietary protein requirement of juvenile giant croaker, *Nibea japonica* Temminck & Schlegel. **Aquaculture Research**, Oxford, v. 32, p. 112-118, 2001.

LEE, S.M.; LEE, J.H.; KIM, K.D.; CHO, S.H. Optimum dietary protein for growth of juvenile starry flounder, *Platichthys stellatus*. **Journal of the World Aquaculture Society**, Baton Rouge, v. 37, n. 2, p. 200-203, 2006.

LEGROW, S.M.; BEAMISH, F.W.H. Influence of dietary protein and lipid on apparent heat increment of rainbow trout, *Salmo gairdneri*. **Canadian Journal of Fisheries Aquatic Sciences**, Ottawa, v. 43, p. 19-25, 1986.

LIE, O.; LIED, E.; LAMBERTSEN, G. Feed optimization in Atlantic cod (*Gadhus morhua*): fat versus protein content in the feed. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 69, p. 333-341, 1988.

LIN, H.; LIU, Y.; TIAN, L.; WANG, J.; ZHENG, W.; HUANG, J.; CHEN, P. Apparent digestibility coefficients of various feed ingredients for grouper *Epinephelus coioides*. **Journal of the World Aquaculture Society**, Baton Rouge, v. 35, n. 2, p. 134-142, 2004.

LOVELL, R.T. Weight gain versus protein gain for evaluating fish feeds. **Aquaculture Magazine**, Arden, v. 12, p. 45-47, 1986.

_____. **Nutrition and feeding of fish**. Massachusetts: Kluwer Academic, 1998. 267 p.

LUPATSCH, I.; KISSIL, Q.W.M.; SKLAN, D.; PFEFFER, E. Apparent digestibility coefficients of feed ingredients and their predictability in compound diets for gilthead seabream, *Sparus aurata* L. **Aquaculture Nutrition**, Oxford, v. 3, p. 81-89, 1997.

- MACHADO, C. **Aspectos reprodutivos do dourado *Salminus brasiliensis* (Cuvier, 1816) (Teleostei, Characidae) na região do Alto Rio Uruguai, Brasil.** 2003. 61 p. Dissertação (Mestrado em Aqüicultura) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.
- MACHADO, C.C. **Exigência protéica na dieta de alevinos de dourado, *Salminus brasiliensis*.** 2004. 44 p. Dissertação (Mestrado em Aqüicultura) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.
- MACHADO, J.H. **Desempenho produtivo de juvenis de pintado (*Pseudoplatystoma coruscans*), arraçoados com diferentes níveis de proteína e energia.** 1999. 43 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 1999.
- MAI, K.; WAN, J.; AI, Q.; XU, W.; LIUFU, Z.; ZHANG, L.; ZHANG, C.; LI, H. Dietary methionine requirement of large yellow croaker, *Pseudosciaena crocea* R. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 253, p. 564-572, 2006.
- MAI, M.G. **Efeito da idade de estocagem em tanques externos no desempenho da larvicultura do dourado *Salminus brasiliensis*.** 2004. 45 p. Dissertação (Mestrado em Aqüicultura) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.
- MAI, M.G.; ZANIBONI FILHO, E. Efeito da idade de estocagem em tanques externos no desempenho da larvicultura do dourado *Salminus brasiliensis* (Osteichthyes, Characidae). **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 27, n. 2, p. 287-296, 2005.
- MARTINO, R.C.; PORTZ, L. Estratégias para desenvolvimento de rações para peixes carnívoros de água doce: fontes de proteína e lipídios. In: CYRINO, J.E.P.; URBINATI, E.C. (Ed.). **Tópicos especiais em biologia aquática e aqüicultura.** Jaboticabal: Sociedade Brasileira de Aqüicultura e Biologia Aquática, 2006. cap. 10, p. 125-138.
- MARTINO, R.C.; CYRINO, J.E.P.; PORTZ, L.; TRUGO, L.C. Effect of dietary lipid level on nutritional performance of the surubim, *Pseudoplatystoma coruscans*. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 209, p. 209-219, 2002.
- MCGOOGAN, B.B.; GATLIN III, D.M. Dietary manipulations affecting growth and nitrogenous waste production of red drum, *Sciaenops ocellatus*: II. Effects of dietary protein and energy levels. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 178, p. 333-348, 1999.
- _____. Dietary manipulations affecting growth and nitrogenous waste production of red drum, *Sciaenops ocellatus*: II- Effects of energy level and nutrient density at various feeding rates. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 182, p. 271-285, 2000.
- MCGOOGAN, B.B.; REIGH, R.C. Apparent digestibility of selected ingredients in red drum (*Sciaenops ocellatus*) diets. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 141, p. 233-244, 1996.

MCKENZIE, D.J.; HIGGS, D.A.; GOSANJH, B.S.; DEACON, G.; RANDALL, D.J. Dietary fatty acid composition influences swimming performance in Atlantic salmon (*Salmo salar*) in seawater. **Fish Physiology and Biochemistry**, Berlin, v. 19, p. 111-122, 1998.

MÉDALE, D.; BLANC, D.; KAUSHIK, S.J. Studies on the nutrition of Siberian sturgeon, *Acipenser baeri*: II. Utilization of dietary non-protein energy by sturgeon. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 93, p. 143-154, 1991.

MEYER, G.; FRACALOSSO, D.M. Protein requirement of jundia fingerlings, *Rhamdia quelen*, at two dietary energy concentrations. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 240, p. 331-343, 2004.

MILLIKIN, M.R. Effects of dietary protein concentration on growth, feed efficiency, and body composition age-0 striped bass. **Transactions of the American Fisheries Society**, Bethesda, v. 111, p. 373-378, 1982.

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

MONTAÑO-VARGAS, J.; SHIMADA, A.; VÁSQUEZ, C.; VIANA, M.T. Methods of measuring feed digestibility in the green abalone (*Haliotis fulgens*). **Aquaculture**, Amsterdam, v. 213, p. 339-346, 2002.

MOORE, I.; STEIN, W.H. Chromatographic determination of amino acids by use automatic recording equipments. **Methods in Enzymology**, Amsterdam, v. 6, p. 919-931, 1963.

MORAES, G.; CHOUDHURI, J.V.; SOUZA, R.H.S.; NETO, C.S. Metabolic effects of exercise in the golden fish *Salminus maxillosus* "Dourado" (Valenciennes, 1849). **Brazilian Journal of Biology**, Rio de Janeiro, v. 64, n. 3B, p. 655-660, 2004.

MORAIS FILHO, M.B.; SCHUBART, O. **Contribuição ao estudo do dourado (*Salminus maxillosus* Val.) do Rio Mogi Guassu (Pisces, Characidae)**. São Paulo: Ministério de Agricultura, 1955. 76 p.

MUKHOPADHYAY, N.; RAY, A.K. The apparent total and nutrient digestibility of sai seed (*Shorea robusta*) meal in rohu, *Labeo rohita* (Hamilton), fingerlings. **Aquaculture Research**, Oxford, v. 28, p. 683-689, 1997.

NANKERVIS, L.; MATTHEWS, S.J.; APPLEFORD, P. Effect of dietary non-protein energy source on growth, nutrient retention and circulating insulin-like growth factor I and triiodothyronine levels in juvenile barramundi, *Lates calcarifer*. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 191, p. 323-335, 2000.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of fish**. Washington: National Academy Press, 1993. 115 p.

NEMATIPOUR, G.R.; BROWN, M.L.; GATLIN III, D.M. Effects of dietary energy:protein ratio on growth characteristics and body composition of hybrid striped bass, *Morone chrysops* ♀ x *M. saxatilis* ♂. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 107, p. 359-368, 1992.

OKORIE, O.E.; KIM, Y.C.; LEE, S.; BAE, J.Y.; YOO, J.H.; HAN, K.; BAI, S.C. Reevaluation of the dietary protein requirements and optimum dietary protein to energy ratios in Japanese eel, *Anguilla japonica*. **Journal of the World Aquaculture Society**, Baton Rouge, v. 38, n. 3, p. 418-426, 2007.

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

PEREIRA DA SILVA, E.M.; PEZZATO, L.E. Respostas da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) à atratividade e palatabilidade de ingredientes utilizados na alimentação de peixes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 29, p. 1273-1280, 2000.

PERES, H.; OLIVA-TELES, A. Effect of dietary lipid level on growth performance and feed utilization by European sea bass juveniles (*Dicentrarchus labrax*). **Aquaculture**, Amsterdam, v. 179, p. 325-334, 1999.

PEZZATO, L.E.; MIRANDA, E.C.; BARROS, M.M.; PINTO, L.G.Q.; FURUYA, W.M.; PEZZATO, A.C. Digestibilidade aparente de ingredientes pela tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 31, n. 4, p. 1595-1604, 2002.

PEZZATO, L.E.; BARROS, M.M.; FRACALOSSO, D.M.; CYRINO, J.E.P. Nutrição de peixes. In: CYRINO, J.E.P.; URBINATI, E.C.; FRACALOSSO, D.M.; CASTAGNOLLI, N. (Ed.). **Tópicos especiais em piscicultura de água doce tropical intensiva**. São Paulo: TecArt, 2004. cap. 5, p. 75-169.

PORTZ, L. **Utilização de diferentes fontes protéicas em dietas formuladas pelo conceito de proteína ideal para o “black bass” (*Micropterus salmoides*)**. 2001. 111 p. Tese (Doutorado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2001a.

PORTZ, L. Recentes avanços na determinação das exigências e digestibilidade da proteína e aminoácidos em peixes. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., Piracicaba, 2001. **A produção animal na visão dos brasileiros**. Piracicaba: FEALQ, 2001b. p.528-542.

PORTZ, L.; CYRINO, J.E.P. Digestibility of nutrients and amino acids of different protein sources in practical diets by largemouth bass *Micropterus salmoides* (Lacepède, 1802). **Aquaculture Nutrition**, Oxford, v. 35, p. 312-320, 2004.

PORTZ, L.; CYRINO, J.E.P.; MARTINO, R.C. Growth and body composition of juvenile largemouth bass *Micropterus salmoides* in response to dietary protein and energy levels. **Aquaculture Nutrition**, Oxford, v. 7, n. 4, p. 247-254, 2001.

PORTZ, L.; DIAS, C.T.S.; CYRINO, J.E.P. Regressão segmentada como modelo na determinação de exigências nutricionais de peixes. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 57, p. 601-606, 2000.

RAWLES, S.D.; GATLIN III, D.M. Carbohydrate utilization in striped bass (*Morone saxatilis*) and sunshine bass (*M. chrysops* x *M. saxatilis*). **Aquaculture**, Amsterdam, v. 161, p. 201-212, 1998.

_____. Nutrient digestibility of common feedstuffs in extruded diets for sunshine bass *Morone chrysops* x *M. saxatilis*. **Journal of the World Aquaculture Society**, Baton Rouge, v. 31, n. 4, p. 570-579, 2000.

REFSTIE, S.; FORDE-SKJAERVIK, O.; ROSENLUND, G.; RORVIK, K.A. Feed intake, growth, and utilization of macronutrients and amino acids by 1- and 2-year old Atlantic cod (*Gadus morhua*) fed standard or bioprocessed soybean meal. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 255, p. 279-291, 2006.

RIBEIRO, D.F.O. **Alimentação de pós-larvas de dourado *Salminus brasiliensis* (Pisces, Characidae) em viveiros de piscicultura**. 2005. 48 p. Dissertação (Mestrado em Aqüicultura) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

ROBBINS, K.L.; NORTON, H.W.; BAKER, D.H. Estimation of nutrient requirements from growth data. **Journal of Nutrition**, Philadelphia, v. 109, p. 1710-1714, 1979.

ROBINSON, E.H.; LI, M.H. Low protein diets for channel catfish *Ictalurus punctatus* raised in earthen ponds at high density. **Journal of the World Aquaculture Society**, Baton Rouge, v. 28, n. 3, p. 224-229. 1997.

ROBINSON, E.H.; WILSON, R.P. Nutrition and feeding. In: TUCKER, C.S. (Ed.). **Channel catfish culture: developments in aquaculture and fisheries science**. Amsterdam: Elsevier Scientific Press, 1985. p. 323-404.

ROJAS, J.B.U.; VERDEGEM, M.C.J. Effects of the protein: energy ratio in isocaloric diets on the growth of *Cichlasoma managuense* (Günther 1869). **Aquaculture**, Amsterdam, v. 25, p. 631-637, 1994.

SÁ, M.V.; FRACALOSSO, D.M. Exigência protéica e relação energia/proteína para alevinos de piracanjuba (*Brycon orbignyanus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 31, n. 1, p. 1-10, 2002.

SÁ, R.; POUSÃO-FERREIRA, P.; OLIVA-TELES, A. Effect of the dietary protein and lipid levels on growth and feed utilization of white sea bream (*Diplodus sargus*) juveniles. **Aquaculture Nutrition**, Oxford, v. 12, p. 310-321, 2006.

SALES, J., BRITZ, P.J. Apparent and true availability of amino acids from common feed ingredients for South African abalone (*Haliotis midae* L.). **Aquaculture Nutrition**, Oxford, v. 9, p. 55-64, 2003.

- SALHI, M.; BESSONART, M.; CHEDIAK, G.; BELLAGAMBA, M.; CARNEVIA, D. Growth, feed utilization and body composition of black catfish, *Rhamdia quelen*, fry fed diets containing different protein and energy levels. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 231, p. 435-444, 2004.
- SALLUM, W.B. **Óxido de crômio III como indicador externo em ensaios metabólicos para o matrinxã (*Brycon cephalus*)**. 2000. 116 p. Tese (Doutorado em Aqüicultura) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2000.
- SAMANTARAY, K.; MOHANTY, S.S. Interactions of dietary levels of protein and energy on fingerling snakehead, *Channa striata*. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 156, p. 241-149, 1997.
- SAMPAIO, A.M.B.M.; KUBITZA, F.; CYRINO, J.E.P. Relação energia:proteína na nutrição do tucunaré. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 57, n. 2, p. 213-219, 2000.
- SARGENT, J.; HENDERSON, R.J.; TOCHER, D.R. The lipids. In: HALVER, J. (Ed.). **Fish nutrition**. Washington: Academic Press, 1989. chap. 4, p. 153-218.
- SAS INSTITUTE. **SAS/STAT**: user's guide, statistics version 9.1. SAS Institute, Cary, 2002.
- SATPATHY, B.B.; MUKHERJEE, D.; RAY, A.K. Effects of dietary protein and lipid levels on growth, feed conversion and body composition in rohu, *Labeo rohita* (Hamilton), fingerlings. **Aquaculture Nutrition**, Oxford, v. 9, p. 17-24, 2003.
- SCHÜTZ, J.H. **Avaliação de diferentes tipos de alimentos e fotoperíodos no crescimento e na sobrevivência de pós-larvas de dourado *Salminus brasiliensis* (Pisces, Characidae)**. 2003. 33 p. Dissertação (Mestrado em Aqüicultura) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.
- SEENAPPA, D.; DEVARAJ, K.V. Effect of different level of protein, fat and carbohydrate on growth, feed utilization and body carcass composition of fingerlings in *Catla catla* (Ham.). **Aquaculture**, Amsterdam, v. 129, p. 243-249, 1995.
- SERAFINI, R.L. **Efeito do oxigênio dissolvido e da amônia na sobrevivência e crescimento de juvenis de dourado, *Salminus brasiliensis***. 2005. 45 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.
- SERRANO, J.A.; NEMATIPOUR, G.R.; GATLIN III, D.M. Dietary protein requirement of the red drum (*Sciaenops ocellatus*) and relative use of dietary carbohydrate and lipid. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 101, p. 283-291, 1992.
- SHEARER, K.D. Factors affecting the proximate composition of cultured fishes with emphasis on salmonids. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 119, n. 1, p. 63-88. 1994.

SHIAU, S.Y.; LAN, C.W. Optimum dietary protein level and protein to energy ratio for growth of grouper (*Epinephelus malabaricus*). **Aquaculture**, Amsterdam, v. 145, p. 259-266, 1996.

SMALL, B.C.; AUSTIC, R.E.; JOSEPH Jr., H.S. Amino acid availability of four practical feed ingredients fed to striped bass *Morone saxatilis*. **Journal of World Aquaculture Society**, Baton Rouge, v. 30, n. 1, p. 58-64, 1999.

SMITH, R.R. Nutritional energetics. In: HALVER, J. (Ed.). **Fish nutrition**. Washington: Academic Press, 1989. chap. 1, p. 1-29.

SMITH, R.R.; PETERSON, M.C.; ALEED, A.C. Effect of leaching on apparent digestion coefficients of feedstuffs for salmonids. **The Progressive Fish Culturist**, Bethesda, v. 42, p. 195-199, 1980.

SØRENSEN, M.; LJØKJEL, K.; STOREBAKKEN, T.; SHEARER, 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**, Amsterdam, v. 211, p. 215-225, 2002.

SPANHOF, L.; PLANTIKOW, H. Studies on carbohydrate digestion in rainbow trout. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 30, p. 95-108, 1983.

SPYRIDAKIS, R.; METAILLER, R.; GABAUDAN, J.; RIAZA, A. Studies on nutrient digestibility in European sea bass (*Dicentrarchus labrax*). I. Methodological aspects concerning faeces collection. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 77, p. 61-70, 1989.

STEFFENS, W. **Principles of fish nutrition**. Chichester: Ellis Harwood, 1989. 384 p.

STONE, D.A.J.; ALLAN, G.L.; PARKINSON, S.; ROWLAND, S.J. Replacement of fish meal in diets for Australian silver perch, *Bidyanus bidyanus*. III. Digestibility and growth using meat meal products. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 186, p. 311-326, 2000.

STOREBAKKEN, T.; SHEARER, K.D.; ROEM, A.J. Availability of protein, phosphorus and other elements in fish meal, soy protein concentrate and phytate-treated soy protein concentrate based diets to Atlantic salmon, *Salmo salar*. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 161, p.365-379, 1998.

STOREBAKKEN, T.; SHEARER, K.D.; REFSTIE, S.; LOGOCKI, S.; MCCOOL, J. Interactions between salinity, dietary carbohydrates source and carbohydrate concentration on the digestibility of macronutrients and energy in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Aquaculture**, Amsterdam, v.163, p.347-359, 1998a.

STOREBAKKEN, T.; KVIEN, I.S.; SHEARER, K.D.; GRISDALE-HELLAND, B.; HELLAND, S.J.; BERGE, G.M. The apparent digestibility of diets containing fish meal, soybean meal or bacterial meal fed to Atlantic salmon (*Salmo salar*): evaluation of

different faecal collection methods. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 169, p. 195-210, 1998b.

SUÁREZ, M.D.; HIDALGO, M.C.; GARCIA-GALEGO, M.; SANZ, A.; HIGUERA, M. Influence of the relative proportions of energy yielding nutrients on liver intermediary metabolism of the European eel. **Comparative Biochemistry and Physiology**, Amsterdam, v. 111, p. 421-428, 1995.

SUGIURA, S.H.; DONG, F.M.; HARDY, R.W. Effect of dietary supplements on the availability of mineral in fish meal: preliminary observation. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 160, p. 283-303, 1998.

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

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

TACON, A.G.J.; COWEY, C.B. Protein and amino acid requirements. In: TYTLER, P.; CALOW, P. (Ed.). **Fish energetics: new perspectives**. London: Croom Helm, 1985. p. 155-183.

TAKEUCHI, Essential fatty acids requirements of aquatic animals with emphasis on fish larvae and fingerlings. **Reviews in Fisheries Science**, Oxford, v. 55, p. 1-25, 1997.

THOMAN, E.S.; DAVIS, D.A.; ARNOLD, C.R. Evaluation of growout diets with varying protein and energy levels for red drum (*Sciaenops ocellatus*). **Aquaculture**, Amsterdam, v. 176, p. 343-353, 1999.

TIBALDI, E.; BERALDO, P.; VOLPELLI, L.A.; PINOSA, M. Growth response of juvenile dentex (*Dentex dentex* L.) to varying protein level and protein to lipid ratio in practical diets. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 139, p. 91-99, 1996.

TIBBETTS, S.M.; LALL, S.P.; MILLEY, J.E. Optimum dietary ratio of digestible protein and energy for juvenile American eel, *Anguilla rostrata*, fed practical diets. **Aquaculture Nutrition**, Oxford, v. 7, p. 213-220, 2001.

_____. Apparent digestibility of common feed ingredients by juvenile haddock, *Melanogrammus aeglefinus* L. **Aquaculture Nutrition**, Oxford, v.35, p.643-651, 2004.

_____. Effects of dietary protein and lipid levels and DP DE⁻¹ ratio on growth, feed utilization and hepatosomatic index of juvenile haddock, *Melanogrammus aeglefinus* L. **Aquaculture Nutrition**, Oxford, v. 11, p. 67-75, 2005.

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

TIDWELL, J.H.; WEBSTER, C.D.; CLARK, J.A. Growth, feed conversion, and protein utilization of female green sunfish x male bluegill hybrids fed isocaloric diets with different protein levels. **Progressive Fish-Culturist**, Bethesda, v. 54, p. 234-239. 1992.

TIDWELL, J.H.; WEBSTER, C.D.; COYLE, S.D. Effects of dietary protein level on second year growth and water quality for largemouth bass (*Micropterus salmoides*) raised in ponds. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 145, p. 213-223, 1996.

TOCHER, D.R. Metabolism and functions of lipids and fatty acids in teleost fish. **Reviews in Fisheries Science**, Oxford, v. 11, p. 107-184, 2003.

TRUSHENSKI, J.T.; KASPER, C.S.; KOHLER, C.C. Challenges and opportunities in finfish nutrition. **North American Journal of Aquaculture**, Bethesda, v. 68, p. 122-140, 2006.

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

VAZZOLER, A.E.A.M. **Biologia da reprodução de peixes teleósteos: teoria e prática**. Maringá: Editora EDUEM, 1996. 169 p.

VEGA-ORELLANA, O.M.; FRACALOSSO, D.M.; SUGAI, J.K. Dourado (*Salminus brasiliensis*) larviculture: Weaning and ontogenetic development of digestive proteinases. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 252, p. 484-493, 2006.

VERGARA, J.M.; ROBAINA, L.; IZQUIERDO, M.; HIGUERA, M. Protein sparing effect of lipids in diets for fingerlings of gilthead sea bream. **Fisheries Science**, Oxford, v. 62, p. 624-628, 1996.

VIELMA, J.; LALL, S.P. Dietary formic acid enhances apparent digestibility of minerals in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum). **Aquaculture Nutrition**, Oxford, v. 3, p. 265-268, 1997.

WANG, Y.; GUO, J.; LI, K.; BUREAU, D.P. Effects of dietary protein and energy levels on growth, feed utilization and body composition of cuneate drum (*Nibea miichthioides*). **Aquaculture**, Amsterdam, v. 252, p. 421-428, 2006.

WATANABE, T. Lipid nutrition in fish. **Comparative Biochemistry and Physiology**, Amsterdam, v. 73, p.3-15, 1982.

WATANABE, W.O.; ELLIS, S.C.; CHAVES, J. Effects of dietary lipid and energy to protein utilization of juvenile mutton snapper *Lutjanus analis* fed isonitrogenous diets and two temperatures. **Journal of the World Aquaculture Society**, Baton Rouge, v. 32, p. 30-40, 2001.

WEBSTER, C.D.; LIM, C. Introduction to fish nutrition. In: _____. **Nutrient requirements and feeding of finfish for aquaculture**. New York: CABI Publ., 2002. chap. 1, p. 1-27.

WEBSTER, C.D.; TIU, L.G.; TIDWELL, J.H. Growth and body composition of Juvenile hybrid bluegill *Lepomis cyanellus* x *L. macrochirus* fed practical diets containing various percentages of protein. **Journal of the World Aquaculture Society**, Baton Rouge, v. 28, n. 3, p. 230-240. 1997.

WEBSTER, C.D.; TIU, L.G.; TIDWELL, J.H.; WYK, P.V.; HOWERTON, R.D. Effects of dietary protein and lipid levels on growth and body composition of sunshine bass (*Morone chrysops* x *M. saxatilis*) reared in cages. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 131, p. 291-301, 1995.

WILSON, R.P. Amino acids and proteins. In: HALVER, J. (Ed.). **Fish nutrition**. Washington: Academic Press, 1989. chap. 3, p. 111-151.

_____. Utilization of dietary carbohydrate by fish. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 124, p. 67-80, 1994.

WINDELL, J.R.; FOLITZ, J.W.; SAROKON, J.P. Methods of fecal collection and nutrient leaching in digestibility studies. **The Progressive Fish Culturist**, Bethesda, v. 40, p. 51-55, 1978.

WINFREE, R.A.; STICKNEY, R.R. Effects of dietary protein and energy on growth, feed conversion efficiency and body composition of *Tilapia aurea*. **Journal of Nutrition**, Philadelphia, v. 111, p. 1001-1012, 1981.

WU, X-Y.; YONG, Y-J.; TIAN, L-X.; MAI, K-S.; YANG, H-J. Apparent digestibility coefficients of selected feed ingredients for yellow seabrea, *Sparus aurata*. **Journal of the World Aquaculture Society**, Baton Rouge, v. 37, n. 3, p. 237-245, 2006.

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

YANG, S.D.; LIN, T.S.; LIOU, C.H.; PENG, H.K. Influence of dietary protein levels on growth performance, carcass composition and liver lipid classes of juvenile *Spinibarbus hollandi* (Oshima). **Aquaculture Research**, Oxford, v. 34, p. 661-666, 2003.

ZANIBONI FILHO, E. Larvicultura de peixes. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 21, n. 203, p. 69-77, 2000.

_____. Piscicultura das espécies nativas de água doce. In: _____. **Aqüicultura experiências brasileiras**. Florianópolis: Editora da UFSC, 2003. cap. 14, p. 337-369.

ZHOU, Q-C.; TAN, B-P.; MAI, K-S.; LIU, Y-J. Apparent digestibility of selected feed ingredients for juvenile cobia *Rachycentron canadum*. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 241, p. 441-451, 2004.