

EXIGÊNCIA DE ENERGIA EM DIETAS PARA JUVENIS DE CACHARA, *Pseudoplatystoma reticulatum**

Douglas Amaral da CUNHA¹; Fernando Henrique Gomes CORNÉLIO¹; Débora Machado FRACALOSS¹

RESUMO

Cachara, *Pseudoplatystoma reticulatum*, é um bagre carnívoro de água doce que possui alto valor comercial no Brasil, porém, a falta de informações sobre suas exigências nutricionais dificulta a formulação de dietas que permitam máximo desempenho. Foram avaliadas dietas isonitrogenadas (49% de proteína bruta) com níveis crescentes de energia bruta (3.696, 4.049, 4.343, 4.828 e 5.232 kcal kg⁻¹) para juvenis (84,43 ± 13,59 g) de cachara. Grupos de nove peixes foram estocados em 15 unidades experimentais e alimentados duas vezes ao dia, às 9:00 h e 19:00 h, até a saciedade aparente, com as diferentes dietas experimentais por 90 dias. Pela análise de regressão polinomial foi observado efeito quadrático do aumento da concentração de energia bruta da dieta sobre o ganho em peso, ganho em peso diário, taxa de crescimento específico, conversão alimentar, eficiência alimentar, consumo alimentar e taxa de retenção proteica. A gordura corporal aumentou linearmente com o aumento de energia bruta na dieta, ao contrário da umidade. A digestibilidade da proteína, matéria seca e energia não variaram significativamente entre as dietas contendo 4.049, 4.343 e 4.828 kcal kg⁻¹ de energia bruta. Portanto, para um máximo ganho em peso diário, a exigência energética estimada para juvenis de cachara com peso entre 84,43 g e 240 g é de 3.497 kcal kg⁻¹ de energia digestível e equivale a uma relação energia digestível:proteína digestível de 8,08 kcal g⁻¹.

Palavras chave: peixe carnívoro; digestibilidade; siluriformes; desempenho; composição corporal; energia digestível

DIETARY ENERGY REQUIREMENT FOR CACHARA JUVENILES, *Pseudoplatystoma reticulatum*

ABSTRACT

Cachara, *Pseudoplatystoma reticulatum*, is a carnivorous freshwater catfish with high commercial value in Brazil, but the lack of knowledge about their nutritional requirements hinders the formulation of diets that allow maximum performance. Since cachara's dietary energy requirement is unknown, we tested increasing levels of gross energy (3696, 4049, 4343, 4828 and 5232 kcal kg⁻¹) with isonitrogenous (49% crude protein) diets for juvenile cachara. Groups of nine juveniles (84.43 ± 13.59 g) were stocked into 15 experimental units and fed the experimental diets for 90 days. A polynomial regression analysis revealed a quadratic effect of increasing the concentration of dietary gross energy on weight gain, daily weight gain, specific growth rate, feed conversion, feed efficiency, feed consumption and apparent net protein retention. On the other hand, body fat increased linearly as dietary gross energy increased, contrary to moisture. The digestibility of protein, dry matter and energy did not vary significantly among diets containing 4049, 4343 and 4828 kcal kg⁻¹ gross energy. Therefore, for a maximum daily weight gain, the estimated energy requirement for juvenile cachara of 84.43 g to 240 g is 3497 kcal kg⁻¹ digestible energy equivalent to a 8.08 kcal g⁻¹ digestible energy:digestible protein ratio.

Keywords: carnivore; digestibility; siluriformes; performance; body composition; energy

Artigo Científico: Recebido em 07/04/2014 – Aprovado 01/07/2015

¹ Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Departamento de Aquicultura, Laboratório de Nutrição de Espécies Aquícolas (LABNUTRI), Centro de Ciências Agrárias. Rodovia Admar Gonzaga, 1346 – CEP: 88034-001 – Florianópolis – SC – Brasil. e-mail: debora.fracalossi@ufsc.br (autora correspondente)

* Apoio financeiro: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) e Ministério da Pesca e Aquicultura (MPA) - projeto AQUABRASIL

INTRODUÇÃO

No Brasil, existem várias espécies carnívoras de peixes de água doce de interesse comercial. Entre elas estão as do gênero *Pseudoplatystoma*: o pintado, *P. corruscans*, e o cachara, *P. reticulatum*, conhecidas como surubins. Estas espécies são nativas das bacias do São Francisco, Prata e Amazônica (TAVARES, 1997; CAMPOS, 2010) e são criadas comercialmente, principalmente na região centro-oeste do Brasil, onde alcançam alto valor comercial, tanto no mercado interno quanto no externo. São consideradas produto nobre por apresentar carne saborosa, baixo teor de gordura e ausência de espinhas intramusculares (CREPALDI *et al.*, 2007). Entre os surubins, o cachara é alvo do fomento à pesquisa em aquicultura pelo Governo Brasileiro, devido a seu rápido crescimento. Porém, a falta de conhecimentos sobre suas exigências nutricionais dificulta a formulação de dietas que permitam o máximo desempenho. Em escala comercial, o cachara é estocado com peso de 15 g em tanques de terra, após treinamento alimentar para aceitação de ração inerte, sendo despescado quando atinge aproximadamente 2 kg, o que normalmente ocorre após 11 a 13 meses. Durante este período de produção, é alimentado com dietas contendo 40-42% de proteína bruta, independentemente da fase de desenvolvimento.

Em dietas para peixes, concentrações adequadas de proteína e energia são fundamentais para obtenção de resultados produtivos, econômicos e ambientalmente desejáveis. A concentração ótima de proteína nas dietas para peixes está associada ao balanço entre proteína e energia, com atenção especial à qualidade proteica, ou seja, perfil de aminoácidos essenciais disponíveis, assim como à disponibilidade de fontes de energia não proteica (CHO, 1992; NRC, 2011). A inclusão de fontes de energia não proteicas, lipídios e carboidratos reduz o emprego da fração proteica da dieta para fins energéticos e melhora sua utilização para o crescimento, num processo conhecido como efeito economizador da proteína (do inglês, "protein sparing effect") (BUREAU *et al.*, 2002). Os lipídios, excelentes fontes de energia para os peixes, são os nutrientes mais eficientes para maximizar a ingestão de energia, pois são altamente digestíveis e metabolizáveis (WATANABE, 1982; BUREAU *et al.*, 2002). Os carboidratos, relativamente de menor custo

quando comparados aos lipídios, também são fonte de energia para os peixes, contudo, não são tão bem aproveitados por peixes de água fria, marinhos ou carnívoros quanto o são por peixes de água quente, água doce ou onívoros (WILSON, 1994; STONE, 2003; TAKAHASHI e CYRINO, 2006). Portanto, mudanças nos níveis desses nutrientes podem afetar o crescimento e a utilização do alimento pelo peixe (BORBA *et al.*, 2006; LEE e KIM, 2009).

Tanto baixas como altas concentrações de energia e proteína na dieta afetam o crescimento dos peixes. Por um lado, dietas com alta relação energia/proteína ocasionam redução do consumo da dieta pelos peixes. Como efeito, a dieta pode não suprir as necessidades proteicas desses animais, causando deposição excessiva de gordura, perda da qualidade da carne, elevada oxidação de ácidos graxos, menor vida útil do pescado, inibição da utilização de outros nutrientes e baixa retenção proteica (CHO, 1990; SÁ e FRACALOSSI, 2002; NRC, 2011). Por outro lado, dietas com baixa relação energia/proteína fazem com que os peixes consumam grande quantidade de proteína para atingir suas exigências energéticas, piorando os índices de conversão e desempenho e, consequentemente, acarretando aumento dos custos da dieta (SÁ e FRACALOSSI, 2002). Além do mais, o consumo excessivo de proteína aumenta a liberação de compostos nitrogenados para o meio ambiente, os quais possuem alto potencial poluente (NRC, 2011).

Recentemente, a exigência proteica de alevinos de cachara (a partir de 16,08 g) alimentados com dietas isocalóricas (4.600 kcal kg⁻¹ de energia bruta) contendo seis concentrações de proteína bruta (30, 35, 40, 45, 50 e 55%) foi investigada por CORNÉLIO *et al.* (2014). A concentração mínima de proteína da dieta que proporcionou o máximo ganho em peso foi 49,25%, o que representa 44,79% de proteína digestível. Os coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) de ingredientes práticos foram também recentemente avaliados para esta espécie (SILVA *et al.*, 2013).

Pelo exposto, observa-se o importante efeito da concentração de energia na dieta sobre o desenvolvimento dos peixes. Contudo, os efeitos dessas relações sobre o crescimento do cachara

ainda são pouco conhecidos. Portanto, este estudo foi delineado para determinar a exigência energética de juvenis de cachara quando alimentados com dietas isonitrogenadas (49% de proteína bruta) contendo diferentes concentrações de energia.

MATERIAL E MÉTODOS

Dietas experimentais

Para a determinação da exigência energética de juvenis de cachara foram elaboradas cinco dietas experimentais peletizadas (Tabela 1), isonitrogenadas (49% de proteína bruta), contendo concentrações de energia bruta crescentes de 3.696, 4.049, 4.343, 4.828, 5.232 kcal kg⁻¹ de ração. As dietas também possuíam relações carboidrato não fibroso:lipídio semelhantes (aproximadamente 0,5) com o objetivo de minimizar as diferenças na

utilização dos nutrientes entre os tratamentos. Foram utilizados ingredientes semipurificados, com exceção de uma das fontes proteicas, que foi farinha de resíduo de salmão (72% proteína bruta).

Na formulação das dietas, considerou-se a exigência proteica do cachara (CORNÉLIO *et al.*, 2014); já para vitamina C (FUJIMOTO e CARNEIRO, 2001), lipídios (MARTINO *et al.*, 2002, 2005) e carboidratos (TAKAHASHI e CYRINO, 2006) foram utilizadas as exigências determinadas para o pintado, *P. corruscans*, espécie com hábito alimentar similar ao do cachara. Para os outros nutrientes (aminoácido, ácidos graxos n-3 e n-6, vitaminas e minerais), foram consideradas as exigências da truta arco-íris, *Oncorhynchus mykiss* (NRC, 2011), espécie também carnívora e de ambiente continental.

Tabela 1. Formulação e composição das dietas experimentais (expressa na matéria seca).

Ingredientes (%)	Energia Bruta ^e (kcal kg ⁻¹)				
	3696	4049	4343	4828	5232
Farinha de resíduo de salmão ^a	45,75	45,75	45,75	45,75	45,75
Albumina ^b	19,60	19,60	19,60	19,60	19,60
Dextrina ^b	0,00	6,52	8,90	11,20	13,52
Celulose ^b	26,54	19,01	12,65	6,33	0,00
Óleo de fígado de bacalhau ^c	2,31	2,87	5,10	7,37	9,63
Óleo de soja	1,80	2,25	4,00	5,74	7,50
Premix vitamínico e mineral ^d	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Carboximetilcelulose	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Composição proximal (%)					
Matéria seca	96,06	96,19	93,88	95,04	94,90
Proteína bruta	47,80	48,36	48,21	49,59	49,85
Extrato etéreo	9,35	10,35	12,44	17,08	19,08
Fibra em detergente ácido	27,83	20,38	14,49	8,27	1,95
Matéria mineral	11,08	11,97	10,87	11,19	11,67
Relação CNF:lipídio	0,00	0,50	0,63	0,52	0,65
EB/PB (ED/PD) ^f (kcal g ⁻¹)	7,74	8,37 (8,24)	9,01 (9,06)	9,74 (9,81)	10,50

^a Proteína bruta 72%, gordura 11,43%. Pesquera Pacific Star S.A. (Chile). ^b Rhoster LTDA (São Paulo, SP, Brasil). ^c Delaware LTDA (Porto Alegre, RS, Brasil). ^d Premix vitamínico e micromineral. Composição kg⁻¹ de produto: ácido fólico 400,00 mg, ácido pantotênico 6.000,00 mg, biotina 125,00 mg, cobalto 300,00 mg, cobre 2.000,00 mg, colina 275,00 g, ferro 40,00 g, iodo 200,00 mg, manganês 8.000,00 mg, niacina 20,00 g, selênio 60,00 mg, vitamina (vit.) A 3.000.000,00 UI, vit. B₁ 2.000,00 mg, vit. B₁₂ 10.000,00 mg, vit. B₂ 4.000,00 mg, vit. B₆ 2.400,00 mg, vit. C 45.000,00 mg, vit. D₃ 640.000,00 UI, vit. E 20.000,00 UI, vit. K 600,00 mg, zinco 12,00 mg, antioxidante 0,60 g. ^e Energia bruta medida em bomba calorimétrica e ajustada, subtraindo-se o conteúdo energético da celulose (4.106 kcal kg⁻¹) (NRC, 1993). ^f EB = energia bruta, PB = proteína bruta, ED = energia digestível, PD = proteína digestível, CNF = carboidrato não fibroso.

Para a produção das dietas, farinha de resíduo de salmão foi previamente moída a 850 µm,

misturada com os outros ingredientes secos, seguindo-se a adição de água. Após, essa mistura

foi peletizada em máquina de moer carne a um diâmetro de 4 mm, sendo os filamentos resultantes quebrados por agitação em sacos plásticos cheios de ar. As rações foram secas em estufa com circulação forçada de ar, a 50 °C, durante 8 h. A adição dos óleos na ração ocorreu através do processo chamado “vacuum coating”, que consiste em impregnar o óleo nos peletes, com o auxílio de vácuo. Esse tipo de impregnação ocorre com a troca do ar aprisionado dentro do poro da ração pelo óleo, devido ao gradiente de pressão promovido pela aplicação do vácuo, seguida da recuperação da pressão atmosférica. O procedimento foi realizado em recipiente hermeticamente fechado e submetido a vácuo, que continha a ração aspergida por uma solução impregnante, no caso, o óleo. Em seguida, as dietas foram embaladas e armazenadas sob congelamento (-20 °C) até o momento de sua utilização.

Ensaio de crescimento

O estudo foi realizado no Laboratório de Biologia e Cultivo de Peixes de Água Doce (LAPAD) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC, Florianópolis, Brasil) por um período de 90 dias, entre os meses de setembro e novembro de 2013.

Cacharas puros, já treinados para aceitar ração comercial, foram adquiridos de uma piscicultura comercial (Piraí, Campo Grande, Mato Grosso do Sul, Brasil). Grupos de nove juvenis, com peso médio de $84,43 \pm 13,59$ g, foram estocados em 15 unidades experimentais, caixas retangulares de polietileno (68x50x38 cm) com volume útil de 120 L. Estas unidades estavam sob um sistema fechado de recirculação de água com filtragem mecânica e biológica, aeração individual, controle de temperatura e com renovação de 10 L min⁻¹.

Os peixes foram aclimatados às condições experimentais por sete dias, quando foram alimentados com ração comercial extrudada contendo 42% de proteína bruta. Após este período de aclimação, grupos de peixes em triplicata receberam as correspondentes dietas experimentais duas vezes ao dia, às 9:00 e 19:00 h, até a saciedade aparente.

A temperatura da água, o pH e o oxigênio dissolvido foram monitorados diariamente com

uma sonda multiparâmetro (YSI Professional plus), enquanto que a amônia total e o nitrito, com kit comercial (Alfakit), a cada cinco dias. As médias de temperatura, pH e oxigênio dissolvido foram $26,8 \pm 0,5$ °C; $6,9 \pm 0,5$; e $7,0 \pm 0,2$ mg L⁻¹, respectivamente, enquanto a amônia total e nitrito não excederam 0,35 mg L⁻¹. A salinidade foi mantida em 1,5 (sal refinado sem iodo), para prevenir infestação com ectoparasitas, e o fotoperíodo, em 10 h claro:14 h escuro. As unidades experimentais foram parcialmente cobertas (em torno de 50%) com lona preta para diminuir a incidência de luz, já que durante o período de aclimação constatou-se que este procedimento estimulava o consumo de ração. O consumo foi monitorado com o auxílio de lanterna, sendo o momento da saciedade estabelecido quando um ou dois peletes não eram ingeridos depois de 15 minutos. O consumo diário foi calculado pesando-se as dietas oferecidas para cada unidade, antes e depois das duas alimentações diárias.

O manejo dos animais durante o período experimental seguiu o protocolo PP00815, aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais da Universidade Federal de Santa Catarina (CEUA, UFSC).

Variáveis indicadoras do desempenho

Antes de cada biometria, realizada quinzenalmente, os peixes eram mantidos em jejum por 24 h, contados e pesados para determinação do ganho em peso (GP), ganho em peso diário (GPD), taxa de crescimento específico (TCE), eficiência alimentar (EA), conversão alimentar (CA), consumo alimentar diário (% peso corporal dia⁻¹) (CD). Estas variáveis foram determinadas pelas seguintes equações:

GP = peso final – peso inicial;

GPD = ganho em peso/dias de experimento;

TCE = $100 \times (\ln \text{ peso médio final} - \ln \text{ peso médio inicial}) / \text{dias de experimento}$, onde $\ln$ = logaritmo neperiano;

EA = ganho em peso/alimento consumido;

CA = alimento consumido/ganho em peso;

CD = $[\text{consumo MS} / (\text{peso final} + \text{peso inicial}) / 2] / \text{dias de experimento} \times 100$.

Cinco peixes ($84,43 \pm 13,59$ g) foram coletados no início, e três peixes por tanque, no final do período de alimentação, para análises de composição corporal e cálculos da taxa de retenção proteica (TRP) e da taxa de retenção energética (TRE), as quais foram determinadas pelas seguintes equações:

$$\text{TRP} = 100 \times (\text{proteína corporal final} \times \text{peso final} - \text{proteína corporal inicial} \times \text{peso inicial}) / \text{consumo em proteína na matéria seca};$$
$$\text{TRE} = 100 \times (\text{energia corporal final} \times \text{peso final} - \text{energia corporal inicial} \times \text{peso inicial}) / \text{consumo em energia na matéria seca}.$$

Os peixes foram submetidos à eutanásia por overdose (1 ml L^{-1}) de óleo de cravo (Eugenol®) e congelados (-80°C) para análises posteriores.

Ensaio de digestibilidade

Os CDAs da proteína, matéria seca e energia foram determinados para os peixes alimentados com ração contendo 4.049, 4.343 e 4.828 kcal de energia bruta kg^{-1} , já que esses foram os níveis de energia em que os peixes apresentaram melhor desempenho no ensaio de crescimento. O estudo foi realizado durante os meses de abril, maio e junho no LAPAD - UFSC. Grupos de seis juvenis de cachara ($337,66 \pm 59,73$ g) foram estocados em nove unidades experimentais de polietileno ($68 \times 50 \times 38$ cm), com volume útil de 120 L, e alimentados até saciedade aparente duas vezes ao dia (23:00 h e 08:00 h), com as mesmas dietas utilizadas no ensaio de crescimento, as quais foram suplementadas com 0,5% de óxido de cromo III (99,5% da dieta e 0,5% de óxido de cromo III) (NRC, 1993).

Os peixes foram aclimatados às dietas experimentais por uma semana, antes do início da coleta das fezes. Após esse período, duas horas após a última alimentação, os peixes foram anestesiados com Eugenol®, alocados em gaiolas cilíndricas (diâmetro 52 cm e altura 62 cm) e transferidos a tanques cilindro-cônicos, com volume de 200 L, para coleta de fezes. Utilizaram-se três grupos de peixes (três repetições) por tratamento, os quais foram diariamente alternados, sendo que o intervalo de descanso entre uma coleta e outra, para o mesmo grupo de peixes, foi de três dias. Todos os dias, antes da transferência dos peixes para coleta das fezes, as paredes internas dos tanques de coletas de fezes

foram limpas e 80% da água renovada, a fim de evitar a contaminação das fezes por resíduos de coletas anteriores. Essas foram coletadas por sedimentação a cada 6 h, entre 12:00 h e 06:00 h, em tubos plásticos de 50 mL acoplados ao fundo dos tanques. Estes tubos permaneceram imersos em isopor com gelo para reduzir a atividade microbiana. Após cada coleta, o conteúdo dos tubos foram centrifugados a uma rotação de 4.000 g por 5 min, o sobrenadante descartado, as fezes secas em estufa a 60°C e armazenadas a -20°C para posterior análise. O método de coleta foi o mesmo descrito por KITAGIMA e FRACALLOSSI (2011).

Os tanques estavam conectados a um sistema de recirculação de água, com renovação de 10 a 15 L min^{-1} , sendo equipados com aeração e controle de temperatura ($26,8 \pm 0,5^\circ\text{C}$). Os valores dos parâmetros de qualidade de água foram similares àqueles observados no ensaio de crescimento, estando dentro da zona de conforto da espécie.

Os coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) da proteína bruta, energia bruta e matéria seca foram determinados pela seguinte equação, de acordo com NRC (2011):

$$\text{CDA (\%)} = 1 - [(\text{Marcador dieta} / \text{Marcador fezes} \times \text{Nutriente fezes} / \text{Nutriente dieta})].$$

A proteína digestível foi determinada utilizando a média dos valores de proteína de todas as dietas e a média da digestibilidade da proteína das três dietas. A energia digestível foi determinada utilizando a exigência estimada e a média da digestibilidade da energia das três dietas.

Análise proximal das dietas, fezes e da composição corporal dos peixes

As dietas foram analisadas de acordo com metodologias descritas pela "Association of Official Analytical Chemists" (AOAC, 1999), com exceção da energia, que foi determinada através da combustão em bomba calorimétrica pelo método de POTTER e MATTERSON (1960). A matéria seca foi obtida por secagem em estufa a 105°C até peso constante, método 950.01; a matéria mineral (cinzas), por incineração a 550°C , método 942.05; a fibra, obtida pela digestão em detergente ácido, pelo método 973.18; o extrato etéreo, por extração em éter em aparato Soxhlet

(após hidrólise ácida), método 920.39C; e a proteína bruta, por Kjeldahl (N x 6,25) pelo método 945.01.

A energia bruta, proteína bruta e matéria seca das fezes foram analisadas pela mesma metodologia descrita para as dietas. O teor de óxido de cromo presente nas dietas e nas fezes foi avaliado pelo método espectrofotométrico da difenilcarbazida (BREMER NETO *et al.*, 2003).

As análises de composição corporal seguiram as mesmas metodologias utilizadas nas análises de composição das dietas, com exceção de fibra em detergente ácido, que não foi realizada.

Análise estatística

O delineamento experimental utilizado foi o completamente casualizado (cinco tratamentos e três repetições para o ensaio de crescimento e três tratamentos e três repetições para o ensaio de digestibilidade). Os dados de composição corporal e das variáveis indicadoras de desempenho foram submetidos à análise de regressão polinomial. Os dados de digestibilidade foram submetidos à

ANOVA, seguida pelo teste de Tukey para a diferenciação de médias. Todos os dados são apresentados como média $\pm$ erro padrão. O nível de significância de 5% foi adotado em todas as análises.

RESULTADOS

A sobrevivência dos juvenis de cachara no ensaio de crescimento foi de 100%. O aumento da concentração de energia resultou em resposta quadrática no ganho em peso (GP), taxa de retenção proteica (TRP), ganho em peso diário (GPD), taxa de crescimento específico (TCE), conversão alimentar (CA), eficiência alimentar (EA), consumo alimentar e consumo alimentar em peso vivo ao dia (Figura 1 e Tabela 2).

A exigência energética dos juvenis de cachara em dietas com 49% de proteína bruta (proteína digestível de 43,31%) foi estimada em 4.479 kcal kg⁻¹ de energia bruta, considerando os dados de ganho em peso. Quando a taxa de retenção proteica foi considerada, a exigência diminuiu para 4.245 kcal kg⁻¹ de energia bruta (Figura 1).

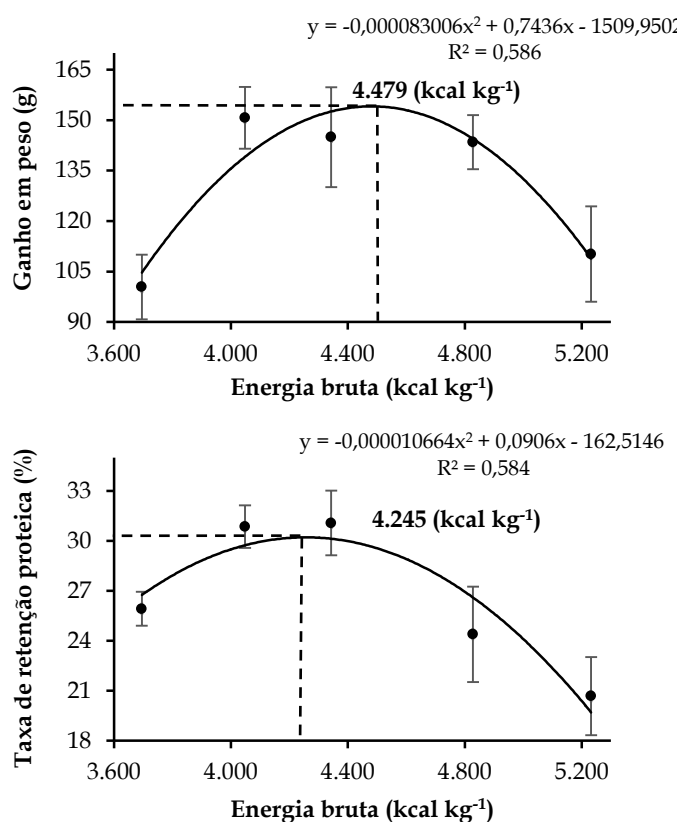


Figura 1. Regressão polinomial de segunda ordem entre concentrações crescentes de energia bruta na dieta e ganho em peso e taxa de retenção proteica de juvenis de cachara após 90 dias de alimentação.

Tabela 2. Valores médios ($\pm$ erro padrão) das variáveis de desempenho de juvenis de cachara alimentados com concentrações crescentes de energia por 90 dias^{a,b}.

Variável indicadora de desempenho	Energia bruta (kcal kg ⁻¹)				
	3.696	4.049	4.343	4.828	5.232
Peso final (g)	185,13 $\pm$ 9,28	235,05 $\pm$ 9,26	229,07 $\pm$ 14,78	227,39 $\pm$ 8,10	194,91 $\pm$ 14,09
Ganho em peso diário (g dia ⁻¹)	1,12 $\pm$ 0,11	1,67 $\pm$ 0,10	1,61 $\pm$ 0,16	1,59 $\pm$ 0,09	1,22 $\pm$ 0,16
Taxa de crescimento específico (% dia ⁻¹)	0,87 $\pm$ 0,06	1,14 $\pm$ 0,04	1,11 $\pm$ 0,07	1,11 $\pm$ 0,04	0,92 $\pm$ 0,08
Conversão alimentar	1,71 $\pm$ 0,11	1,31 $\pm$ 0,06	1,42 $\pm$ 0,10	1,51 $\pm$ 0,10	1,89 $\pm$ 0,18
Eficiência alimentar	0,59 $\pm$ 0,04	0,77 $\pm$ 0,04	0,71 $\pm$ 0,05	0,67 $\pm$ 0,04	0,54 $\pm$ 0,06
Consumo alimentar (g peixe ⁻¹)	169,99 $\pm$ 4,97	196,80 $\pm$ 8,57	203,93 $\pm$ 6,13	214,87 $\pm$ 1,58	203,55 $\pm$ 5,86
Consumo alimentar (% peso vivo dia ⁻¹)	1,40 $\pm$ 0,01	1,37 $\pm$ 0,04	1,45 $\pm$ 0,02	1,54 $\pm$ 0,05	1,62 $\pm$ 0,05
Taxa de retenção proteica (%)	25,92 $\pm$ 1,02	30,85 $\pm$ 1,28	31,07 $\pm$ 1,95	24,39 $\pm$ 2,87	20,67 $\pm$ 2,35
Taxa de retenção energética (%)	23,73 $\pm$ 2,59	28,20 $\pm$ 2,43	27,27 $\pm$ 3,56	29,06 $\pm$ 3,23	23,20 $\pm$ 0,99

^a A análise de regressão polinomial de segunda ordem foi significativa para todas as variáveis ($P < 0,05$), com exceção da taxa de retenção energética, e geraram as seguintes equações: peso final, $y = -0,000081762x^2 + 0,7324x - 1400,7162$ ($R^2 = 0,5805$); ganho em peso diário, $y = -0,00000092229x^2 + 0,0083x - 16,7772$ ($R^2 = 0,586$); taxa de crescimento específico, $y = -0,0000004546x^2 + 0,0041x - 7,9656$ ($R^2 = 0,5996$); conversão alimentar, $y = 0,000001039x^2 - 0,0092x + 21,8251$ ($R^2 = 0,6513$); eficiência alimentar, $y = -0,00000029462x^2 + 0,0026x - 4,8899$ ($R^2 = 0,5501$); consumo alimentar, $y = -0,00004013x^2 + 0,3801x - 686,0894$ ($R^2 = 0,7745$); consumo alimentar em peso vivo ao dia, $y = 0,000000098026x^2 - 0,0007x + 2,6946$ ($R^2 = 0,7147$); taxa de retenção proteica, $y = -0,000010664x^2 + 0,0906x - 162,5146$ ($R^2 = 0,5841$). ^b Peso inicial dos peixes = $84,43 \pm 13,59$ g.

A composição corporal dos juvenis de cachara foi diretamente afetada pela concentração de energia na dieta (Tabela 3). O aumento da concentração energética das dietas resultou em aumento linear da concentração lipídica dos peixes (Figura 2) e redução da umidade ($P < 0,05$). Já os conteúdos de proteína e cinzas dos peixes não foram afetados pela variação da quantidade de energia da dieta ($P > 0,05$). A composição em energia bruta dos peixes aumentou com o aumento da concentração dietética de energia, sendo significativamente maior ($P < 0,05$) nos peixes alimentados com as dietas com os níveis mais altos de energia (4.828 e 5.232 kcal kg⁻¹), quando

comparada àquela registrada nos peixes alimentados com as dietas com níveis mais baixos de energia (3.696 e 4.049 kcal kg⁻¹).

A digestibilidade da proteína, matéria seca e energia foram similares entre os peixes alimentados com concentrações de 4.049, 4.343 e 4.828 kcal kg⁻¹ de energia bruta (Tabela 4). Os CDAs foram 88,82%, 71,03% e 78,08% para a proteína, matéria seca e energia, respectivamente. De acordo com a digestibilidade das dietas, a exigência em energia digestível foi 3.497 kcal kg⁻¹, e em proteína digestível, 43,31%, o que corresponde a uma relação energia digestível: proteína digestível de 8,08 kcal g⁻¹.

Tabela 3. Composição corporal média (expressa na matéria úmida) de juvenis de cachara alimentados com dietas com concentrações crescentes de energia bruta, durante 90 dias^a.

Composição corporal (%)	Energia bruta na dieta (kcal kg ⁻¹)				
	3.696	4.049	4.343	4.828	5.232
Umidade	74,14 $\pm$ 0,58	74,36 $\pm$ 0,57	72,38 $\pm$ 1,35	69,51 $\pm$ 0,67	70,38 $\pm$ 1,21
Proteína bruta	19,13 $\pm$ 0,56	18,41 $\pm$ 0,21	18,65 $\pm$ 0,45	17,39 $\pm$ 0,74	18,01 $\pm$ 0,40
Gordura	3,82 $\pm$ 0,55	3,97 $\pm$ 0,26	6,12 $\pm$ 0,61	11,87 $\pm$ 1,47	11,09 $\pm$ 1,15
Cinzas	3,86 $\pm$ 0,27	3,77 $\pm$ 0,21	3,78 $\pm$ 0,08	3,91 $\pm$ 0,06	3,85 $\pm$ 0,14
Energia bruta (kcal kg ⁻¹)	1.278 $\pm$ 40	1.311 $\pm$ 36	1.393 $\pm$ 69	1.659 $\pm$ 74	1.693 $\pm$ 96

^a A análise de regressão linear foi significativa para o conteúdo de umidade, gordura e energia bruta ($P < 0,05$), com exceção do conteúdo de proteína e cinzas ($P > 0,05$) e originou as seguintes equações: umidade, $y = -0,0033x + 86,7892$ ($R^2 = 0,6082$); gordura, $y = 0,0059x - 18,551$ ($R^2 = 0,7618$); energia bruta, $y = 0,3083x + 104,6121$ ($R^2 = 0,7416$).

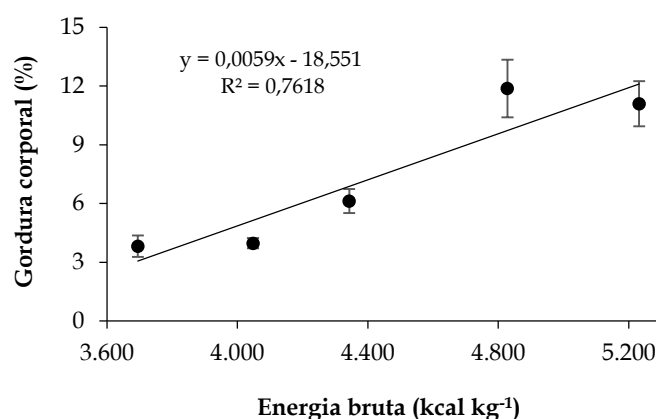


Figura 2. Regressão linear entre concentrações crescentes de energia bruta na dieta e a porcentagem de gordura corporal em juvenis de cachara, após 90 dias de alimentação.

Tabela 4. Coeficiente de digestibilidade aparente da proteína, matéria seca e energia das dietas experimentais contendo 4.049, 4.343 e 4.828 kcal de energia bruta kg⁻¹.

Energia bruta (kcal kg ⁻¹)	Coeficiente de Digestibilidade Aparente (%)		
	Proteína Bruta	Matéria Seca	Energia Bruta
4.049	88,11 ± 2,41 ^a	66,96 ± 3,98 ^a	73,28 ± 3,25 ^a
4.343	90,33 ± 1,62 ^a	74,43 ± 2,48 ^a	80,48 ± 2,13 ^a
4.828	88,01 ± 1,18 ^a	71,70 ± 2,06 ^a	80,47 ± 0,49 ^a

^a Médias seguidas pela mesma letra na coluna não apresentam diferenças significativas pelo teste de Tukey ($P > 0,05$).

DISCUSSÃO

A exigência nutricional é estimada pela concentração mínima de um nutriente na dieta que produz o máximo crescimento (LOVELL, 1998). Para determinar essa exigência, alguns estudos utilizam a análise de regressão polinomial de segunda ordem, correlacionando o nutriente na dieta com o parâmetro de desempenho, como o ganho em peso, o ganho em peso diário, a taxa de crescimento específico ou a taxa de retenção proteica (LIN e SHIAU, 2003; BORBA *et al.*, 2006; COUTINHO *et al.*, 2012; GUO *et al.*, 2012; CORNÉLIO *et al.*, 2014). No presente estudo, o desempenho dos peixes foi significativamente influenciado pelo nível de energia da dieta, sendo a exigência energética estimada em 4.479 kcal kg⁻¹ de energia bruta. Esta exigência foi inferior àquela estimada (5.067 kcal de EB kg⁻¹) para o bagre africano, *Clarias gariepinus* (ALI e JAUNCEY, 2005), similar (4.541 kcal de EB kg⁻¹) à estimada para “cuneate drum”, *Nibea miichthioides* (WANG *et al.*, 2006) e superior àquela estimada (3.000 kcal

de EB kg⁻¹) para o linguado, *Paralichthys olivaceus* (LEE *et al.*, 2000), todas espécies carnívoras. No entanto, estas diferenças são esperadas, devido às desigualdades fisiológicas, ambientais e comportamentais existentes entre as espécies. Por exemplo, o linguado, apesar de ser uma espécie igualmente bentônica e carnívora, apresenta baixa atividade física quando comparado ao cachara, o qual possui intensa atividade na coluna d’água, principalmente durante a noite.

Por outro lado, considerando a maior taxa de retenção proteica (29,91%), estimada pela equação de regressão, verificou-se que a exigência diminuiu para 4.245 kcal kg⁻¹ de energia bruta. Entretanto, vale ressaltar que a taxa de retenção proteica é calculada com base no consumo de ração, cuja medida é de difícil precisão no ambiente aquático. A taxa de retenção proteica no presente estudo foi inferior àquela relatada em outro estudo para o cachara (peso inicial, 16 g), em que a retenção proteica foi 36,79% (CORNÉLIO *et al.*, 2014). No entanto, os peixes

utilizados naquele trabalho eram menores que os do presente estudo, o que resultou em maior taxa de crescimento específico (3,07%), quando comparada à registrada no presente estudo (1,14%). Contudo, foi semelhante às aquelas relatadas para o “silver barb” com peso inicial de 1,79 g (32,00%, em 3.487 kcal kg⁻¹) (MOHANTA *et al.*, 2009), mas inferior à observada para a piracanjuba com 5,25 g (41,80%, em 2.935 kcal kg⁻¹) (BORBA *et al.*, 2006).

A melhor conversão alimentar registrada no presente estudo (1,46), estimada pela equação de regressão, corresponde à exigência estimada para maior ganho em peso. Este valor foi pior que aquele encontrado por CORNÉLIO *et al.* (2014) em estudo sobre a exigência proteica do cachara (1,03). Esta variação pode ser atribuída a diferenças no tamanho dos peixes e na composição das dietas experimentais entre os dois estudos.

Vários estudos demonstram que, em dietas deficientes em fontes de energia não proteica, parte da proteína é utilizada como fonte de energia ao invés de ser utilizada para deposição proteica (HILLESTAD *et al.*, 2001; KIM *et al.*, 2004; ABIMORAD e CARNEIRO, 2007). Corroborando estes resultados, a dieta com menor concentração de energia (3.696 kcal kg⁻¹) não atendeu à exigência do cachara, que apresentou menor ganho em peso, sugerindo que parte da proteína dietética tenha sido metabolizada para obtenção de energia. Da mesma forma, acima do nível de energia ideal de 4.479 kcal kg⁻¹ houve diminuição do ganho em peso e acúmulo de gordura corporal ao invés de crescimento em proteína corporal.

O consumo alimentar por peixe aumentou conforme a elevação da energia da dieta até o nível de 4.828 kcal kg⁻¹ e apresentou queda no último nível (5.232 kcal kg⁻¹). Esse resultado foi inesperado, uma vez que normalmente ocorre diminuição do consumo alimentar com o aumento do nível de energia na dieta. Entretanto, esta diminuição também foi relatada para algumas espécies de peixes (KAUSHIK e MÉDALE, 1994; LOVELL, 1998; NRC, 2011), incluindo o tucunaré, *Cichla* sp. (SAMPAIO *et al.*, 2000), pintado (MARTINO *et al.*, 2002), juvenis de “turbot” *Scophthalmus maximus* (CHO *et al.*, 2005), piracanjuba, *Brycon orbignyanus* (BORBA *et al.*, 2006), e “silver barb”, *Puntius gonionotus* (MOHANTA *et al.*, 2009). Cabe ressaltar que a

variação observada no consumo dificilmente pode ser atribuída ao aumento da concentração de celulose nas dietas, já que esta era inversamente proporcional à concentração de energia da dieta. Ainda, nos estudos de HANSEN e STOREBAKKEN (2007) e BORBA *et al.* (2006) não foi observada variação no consumo de ração por truta arco-íris e piracanjuba, respectivamente, mesmo com o aumento significativo de celulose na dieta. Uma provável causa do aumento do consumo por peixe pode estar relacionada ao aumento da palatabilidade das dietas, uma vez que a concentração de óleo de peixe aumentou com o aumento da concentração de energia das dietas.

A composição corporal dos juvenis de cachara, com exceção do conteúdo de proteína e cinzas, foi afetada pela concentração de energia na dieta. O conteúdo total de lipídio aumentou com o aumento da concentração de energia, sendo que os peixes alimentados com as dietas com as mais altas concentrações energéticas (4.828 e 5.232 kcal kg⁻¹) apresentaram os maiores acúmulos de gordura corporal. O mesmo foi observado para outras espécies como o “masu salmon”, *Oncorhynchus masou* (LEE e KIM, 2001), pintado (MARTINO *et al.*, 2002), piracanjuba (BORBA *et al.*, 2006) e “silver barb” (MOHANTA *et al.*, 2009). Por sua vez, a dieta com maior concentração de energia apresentou menor conteúdo de umidade corporal no cachara, conforme também relatado para a piracanjuba (BORBA *et al.*, 2006) e para o “silver barb” (MOHANTA *et al.*, 2009).

Para o “masu salmon” (LEE e KIM, 2001) e o pintado (MARTINO *et al.*, 2002) houve aumento do ganho em peso com aumento da concentração lipídica na dieta. Já para a piracanjuba houve diminuição do ganho em peso a partir de determinada concentração lipídica na dieta (BORBA *et al.*, 2006), sendo essa diminuição atribuída à redução do consumo com o aumento da energia. Para o “silver barb”, mesmo que tenha sido registrado aumento do consumo com o aumento da concentração energética da dieta, houve diminuição do ganho em peso dos peixes a partir de determinada concentração lipídica na dieta (MOHANTA *et al.*, 2009), semelhante ao que foi observado para o cachara no presente estudo.

Para evitar resultados que refletissem diferenças na utilização de energia não proteica,

procurou-se fixar uma relação carboidrato não fibroso:lipídio semelhante entre as dietas. Portanto, o aumento da energia das dietas ocorreu com um aumento proporcional da concentração desses nutrientes, utilizando a celulose como preenchimento. Isso levou a diferenças entre as taxas de inclusão da celulose nas dietas experimentais, o que poderia ser motivo de preocupação, principalmente nas dietas com baixa energia. No entanto, apesar das diferenças de crescimento observadas nos tratamentos contendo 4.049, 4.343 e 4.828 kcal kg⁻¹ de energia, não houve diferença significativa na digestibilidade da proteína, matéria seca e energia entre os peixes alimentados com essas dietas, o que sugere similar utilização das fontes de energia não proteica das dietas. Em estudo recente, no qual o CDA da proteína e energia de vários ingredientes foi avaliado para o cachara, observaram-se valores de 82,84% e 78,59%, respectivamente, para a farinha de peixe (SILVA *et al.*, 2013). No presente estudo, a digestibilidade proteica das dietas experimentais que promoveram o melhor desempenho foi um pouco superior, mas similar para energia. A farinha de peixe foi o principal ingrediente proteico nas dietas experimentais utilizadas no presente estudo, a qual possuía maior conteúdo proteico do que aquela empregada por SILVA *et al.* (2013) (72,0% *versus* 63,36%), o que pode explicar esta diferença.

A alimentação corresponde a uma parte significativa nos custos de produção de peixes carnívoros, principalmente nas fases iniciais, quando estes necessitam altos níveis de proteína. A determinação da concentração de energia e da relação energia:proteína na dieta são extremamente importantes para o crescimento adequado e obtenção de bom rendimento de carcaça, com baixo acúmulo de gordura. Entretanto, estudos adicionais são necessários para avaliar como ingredientes ricos em carboidrato poderiam servir como fontes de energia não proteica para o cachara, o que provavelmente reduziria os custos de produção. Similarmente, são necessários estudos para conhecer a exigência energética do cachara em outras fases de desenvolvimento.

CONCLUSÕES

A concentração energética na dieta de juvenis de cachara (84 a 240 g) para máximo ganho em

peso é de 3.497 kcal kg⁻¹ de energia digestível e equivale a uma relação energia digestível:proteína digestível de 8,08 kcal g⁻¹.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) e ao Ministério da Pesca e Aquicultura (MPA) pelo financiamento deste estudo, por meio do projeto AQUABRASIL. À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelas bolsas concedidas para o primeiro e último autor, respectivamente. Agradecimentos também são devidos ao Dr. Fábio Porto Foresti, da Universidade Estadual Paulista, Júlio de Mesquita Filho, pelas análises de DNA através de marcadores citogenéticos e moleculares, as quais permitiram a confirmação da espécie alvo deste estudo.

REFERÊNCIAS

- ABIMORAD, E.G. e CARNEIRO, D.J. 2007 Digestibility and performance of pacu (*Piaractus mesopotamicus*) juveniles - fed diets containing different protein, lipid and carbohydrate levels. *Aquaculture Nutrition*, 13(1): 1-9.
- ALL, M.Z. e JAUNCEY, K. 2005 Approaches to optimizing dietary protein to energy ratio for African catfish *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822). *Aquaculture Nutrition*, 11(2): 95-101.
- AOAC - ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS INTERNATIONAL. 1999 *Official Methods of Analysis*. 16^a ed. AOAC. Washington: DC. 1141p.
- BORBA, M.R.; FRACALLOSSI, D.M.; PEZZATO, L.E. 2006 Dietary energy requirement of piracanjuba fingerlings, *Brycon orbignyanus*, and relative utilization of dietary carbohydrate and lipid. *Aquaculture Nutrition*, 12(3): 183-191.
- BREMER NETO, H.; GRANER, C.A.F.; PEZZATO, L.E.; PADOVANI, C.A.; CANTELMO, O.A. 2003 Diminuição do teor de óxido de crômio (III) usado como marcador externo. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 32(2): 249-255.
- BUREAU, D.P.; KAUSHIK, S.J.; CHO, C.Y. 2002 Bioenergetics. In: HALVER, J.E. e HARDY, R.W.

- Fish Nutrition*. Elsevier Science USA, New York: Academic Press. p.1-59.
- CAMPOS J.L. 2010 O cultivo do Pintado (*Pseudoplatystoma corruscans*, Spix; Agassiz, 1829), outras espécies do gênero *Pseudoplatystoma* e seus Híbridos. In: BALDISSEROTO, B. e GOMES, L.C. *Espécies nativas para piscicultura no Brasil*. Santa Maria: UFSM. p.335-361.
- CHO, C.Y. 1990 Fish nutrition, feeds, and feeding: with special emphasis on salmonid aquaculture. *Food Reviews International*, 6(3): 333-357.
- CHO, C.Y. 1992 Feeding for rainbow trout and other salmonids. With reference to current estimates of energy and protein requirements. *Aquaculture*, 100(1-3): 107-123.
- CHO S.H.; LEE, S.M.; LEE, J.H. 2005 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*, 11(5): 235-240.
- CORNÉLIO, F.H.G.; CUNHA, D.A.; SILVEIRA, J.; ALEXANDRE, D.; SILVA, C.P.; FRACALOSS, D.M. 2014 Dietary protein requirement of juvenile cachara catfish, *Pseudoplatystoma reticulatum*. *Journal of the World Aquaculture Society*, 45(1): 45-54.
- COUTINHO, F.; PERES, H.; GUERREIRO, I.; POUSÃO-FERREIRA, P.; OLIVA-TELES, A. 2012 Dietary protein requirement of sharpsnout sea bream. *Aquaculture*, 356-357: 391-397.
- CREPALDI, D.V.; FARIA, P.M.C.; TEIXEIRA, E.A.; RIBEIRO, L.P.; COSTA, A.A.P.; MELO, D.C.; CINTRA, A.P.R.; PRADO, S.A.; COSTA, F.A.A.; DRUMOND, M.L.; LOPES, V.E.; MORAES, V.E. 2007 O surubim na aquicultura do Brasil. *Revista Brasileira de Reprodução Animal*, 30(3/4): 150-158.
- FUJIMOTO, R.Y. e CARNEIRO, D.J. 2001 Adição de ascorbil polifosfato como fonte de vitamina C em dietas para alevinos de pintado, *Pseudoplatystoma corruscans* (Agassiz, 1829). *Acta Scientiarum*, 23(4): 855-861.
- GUO, Z.; ZHU, X.; LIU, J.; HAN, D.; YANG, Y.; LAN, Z.; XIE, S. 2012 Effects of dietary protein level on growth performance, nitrogen and energy budget of juvenile sturgeon, *Acipenser baerii* ♀ x *A. gueldenstaedtii* ♂. *Aquaculture*, 338-341: 89-95.
- HANSEN, J.O. e STOREBAKKEN, T. 2007 Effects of dietary cellulose level on pellet quality and nutrient digestibilities in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, 272(1-4): 458-465.
- HILLESTAD, M.; JOHNSEN, F.; ASGARD, T. 2001 Protein to carbohydrate ratio in high-energy diets for Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). *Aquaculture Research*, 32(7): 517-529.
- KAUSHIK, S.J. e MÉDALE, F. 1994 Review Energy requirements, utilization and dietary supply to salmonids. *Aquaculture*, 124(1-4): 81-97.
- KIM, K.W.; WANG, X.; CHOI, S.M.; PARK, G.P.; BAI, S.C. 2004 Evaluation of optimum dietary protein-to-energy ratio in juvenile olive flounder *Paralichthys olivaceus* (Temminck et Schlegel). *Aquaculture Research*, 35(3): 250-255.
- KITAGIMA, R.E. e FRACALOSS, D.M. 2011 Digestibility of alternative protein-rich feedstuffs for channel catfish, *Ictalurus punctatus*. *Journal of The World Aquaculture Society*, 42(3): 306-312.
- LEE, S.M. e KIM, K.D. 2001 Effects of dietary protein and energy levels on the growth, protein utilization and body composition of juvenile masu salmon (*Oncorhynchus masou* Brevoort). *Aquaculture Research*, 32(1): 39-45.
- LEE, S.M. e KIM, K.D. 2009 Effects of dietary carbohydrate to lipid ratios on growth and body composition of juvenile and grower rockfish, *Sebastes schlegeli*. *Aquaculture Research*, 40(16): 1830-1837.
- LEE, S.M.; CHO, S.H.; KIM, K.D. 2000 Effects of Dietary Protein and Energy Levels on Growth and Body Composition of Juvenile Flounder *Paralichthys olivaceus*. *Journal of The World Aquaculture Society*, 31(3): 306-315.
- LIN, Y.H. e SHIAU, S.Y. 2003 Dietary lipid requirement of grouper, *Epinephelus malabaricus*, and effects on immune responses. *Aquaculture*, 225(1-4): 243-250.
- LOVELL, R.T. 1998 *Nutrition and Feeding of Fish*. 2ª ed. Kluwer Academic Publishers Boston. 267p.
- MARTINO R.C.; CYRINO, J.E.P.; PORTZ, L.; TRUGO, L.C. 2002 Effect of dietary lipid level on

- nutritional performance of the surubim, *Pseudoplatystoma corruscans*. *Aquaculture*, 209(1-4): 209-218.
- MARTINO R.C.; CYRINO, J.E.P.; PORTZ, L.; TRUGO, L.C. 2005 Performance, carcass composition and nutrient utilization of surubim *Pseudoplatystoma corruscans* (Agassiz) fed diets with varying carbohydrate and lipid levels. *Aquaculture Nutrition*, 11(2): 131-137.
- MOHANTA, K.N.; MOHANTY, S.N.; JENA, J.; SAHU, N.P. 2009 A dietary energy level of 14.6 MJ kg⁻¹ and protein-to-energy ratio of 20.2 g MJ⁻¹ results in best growth performance and nutrient accretion in silver barb *Puntius gonionotus* fingerlings. *Aquaculture Nutrition*, 15(6): 627-637.
- NRC - NATIONAL RESEARCH COUNCIL. 1993 *Nutrient requirements of fish*. Washington, DC: National Academic Press. 114p.
- NRC - NATIONAL RESEARCH COUNCIL. 2011 *Nutrient requirements of fish and shrimp*. Washington, D.C: National Academic Press. 360p.
- POTTER, L.H. e MATTERSON, L.D. 1960 Metabolizable energy of feed ingredients for the growing chick. *Poultry Science*, 39(3): 781-782.
- SÁ, M.V.C. e FRACALLOSSI, D.M. 2002 Exigência proteica e relação energia/proteína para alevinos de piracanjuba (*Brycon orbignyanus*). *Revista Brasileira de Zootecnia*, 31(1): 1-10.
- SAMPAIO, A.M.B.M.; KUBITZA, F.; CYRINO, J.E.P. 2000 Relação energia: proteína na nutrição do tucunaré. *Scientia Agricola*, 57(2): 213-219.
- SILVA, T.S.C.; MORO, G.V.; SILVA, T.B.A.; DAIRIKI, J.K.; CIRYNO, J.E.P. 2013 Digestibility of feed ingredients for the striped surubim *Pseudoplatystoma reticulatum*. *Aquaculture Nutrition*, 19(4): 491-498.
- STONE, D.A.J. 2003 Dietary carbohydrate utilization by fish. *Reviews in Fisheries Science*, 11(4): 337-369.
- TAKAHASHI, L.S.I. e CYRINO J.E.P. 2006 Dietary carbohydrate level on growth performance of speckled catfish, *Pseudoplatystoma corruscans*. *Journal of Aquaculture on Tropics*, 21(1): 13-19.
- TAVARES, M.P. 1997 O surubim. In: MIRANDA, M.O.T. (org.), *Surubim*. Belo Horizonte: IBAMA (coleção Meio Ambiente, Série Estudos Pesca, 19). p.9-25.
- WANG, Y.; GUO, J.L.; LI, K.; BUREAU, D.P. 2006 Effects of dietary protein and energy levels on growth, feed utilization and body composition of cuneate drum (*Nibea miichthioides*). *Aquaculture*, 252(2-4): 421-428.
- WATANABE, T. 1982 Lipid nutrition in fish. *Comparative Biochemistry Physiology*, 73B(1): 3-15.
- WILSON R.P. 1994 Utilization of dietary carbohydrate by fish. *Aquaculture*, 124(1-4): 67-80.