

Utilização da Energia e da Proteína pelos Peixes



República Federativa do Brasil

Fernando Henrique Cardoso

Presidente

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

Marcus Vinicius Pratini de Moraes

Ministro

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa

Conselho de Administração

Marcio Fortes de Almeida

Presidente

Alberto Duque Portugal

Vice-Presidente

José Honório Accarini

Sergio Fausto

Dietrich Gerhard Quast

Urbano Campos Ribeiral

Membros

Diretoria-Executiva da Embrapa

Alberto Duque Portugal

Diretor-Presidente

Bonifácio Hideyuki Nakasu

Dante Daniel Giacomelli Scolari

José Roberto Rodrigues Peres

Diretores-Executivos

Embrapa Pantanal

Emiko Kawakami de Resende

Chefe-Geral

José Anibal Comastri Filho

Chefe-Adjunto de Administração

Aiesca Oliveira Pellegrin

Chefe-Adjunto de Pesquisa e Desenvolvimento

José Robson Bezerra Sereno

Chefe-Adjunto de Comunicação, Negócios e Apoio



ISSN 1517-1981
Dezembro, 2002

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Centro de Pesquisa Agropecuária do Pantanal
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

Documentos 40

Utilização da Energia e da Proteína pelos Peixes

Marco Aurélio Rotta

Corumbá, MS
2002

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Pantanal

Rua 21 de Setembro, nº1880, Caixa Postal 109

Corumbá, MS, CEP 79.320-900

Fone: (67) 233-2430

Fax: (67) 233-1011

Home page: www.cpap.embrapa.br

Email: sac@cpap.embrapa.br

Comitê de Publicações da Unidade:

Presidente: *Aiesca Oliveira Pellegrin*

Secretário-Executivo: *Marco Aurélio Rotta*

Membros: *Balbina Maria Araújo Soriano*

Evaldo Luis Cardoso

José Robson Bezerra Sereno

Secretária: *Regina Célia Rachel dos Santos*

Supervisor editorial: *Marco Aurélio Rotta*

Revisora de texto: *Mirane dos Santos Costa*

Normalização bibliográfica: *Romero de Amorim*

Tratamento de ilustrações: *Regina Célia Rachel dos Santos*

Foto(s) da capa: *Rudel Espíndola Trindade Júnior*

Editoração eletrônica: *Regina Célia Rachel dos Santos*

1ª edição

1ª impressão (2002): 250 exemplares

Todos os direitos reservados.

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Pantanal

Rotta, Marco Aurélio

Utilização da energia e da proteína pelos peixes / Marco Aurélio

Rotta. – Corumbá: Embrapa Pantanal, 2002.

24 p. – (Embrapa Pantanal. Documentos, 40).

1. Peixe - Energia - Proteína. 2. Nutrição - Peixe - Proteína - Energia.

3. Aquicultura - Peixe - Energia - Nutrição. I. Título. II. Série.

CDD: 639.8

©Embrapa 2002

Autor

Marco Aurélio Rotta

Engº. Agrônomo, M.Sc. em Zootecnia,
Pesquisador em Sistemas de Produção Aqüícolas,
Embrapa Pantanal,
Rua 21 de Setembro, 1880, Caixa Postal 109
CEP 79320-900, Corumbá, MS
Telefone (67) 233-2430
rotta@cpap.embrapa.br

Apresentação

Embora a indústria da aquicultura no Brasil venha crescendo nos últimos anos a uma taxa superior a 15% a.a., o potencial para a expansão dessa atividade é pouco aproveitado. Isso se deve, entre outras questões, à falta de uma política efetiva para organizar e promover o desenvolvimento da aquicultura como produtora de alimentos. Muito embora não se tenha um diagnóstico de ciência e tecnologia sobre a atividade, é possível inferir que as pesquisas no tema, além de dispersas territorialmente, caracterizam-se pela falta de integração entre os setores que compõem os diversos elos de sua cadeia produtiva.

Nas condições atuais, não há uma idéia real das potencialidades para o desenvolvimento da aquicultura no Brasil, das prioridades de pesquisa e das demandas do setor produtivo. Essa situação tem resultado em diversos problemas que estão retardando o desenvolvimento da atividade. Visualiza-se, portanto, um papel central da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa - em termos de apoio à aquicultura, visando otimizar o aproveitamento do potencial natural, material e de recursos humanos existentes no País, através de uma atuação em nível nacional.

Diante deste quadro, a Embrapa Pantanal vem buscando suprir a falta de materiais técnicos que visem embasar o desenvolvimento da piscicultura, como podemos ver na presente publicação, que trata sobre a utilização da energia e proteína pelos peixes. Este assunto é de grande relevância quando se busca a otimização da produção, pois somente com um conhecimento das necessidades energéticas e protéicas se poderá formular rações, as quais são responsáveis por 60% a 70% dos custos de produção, com adequados níveis nutricionais, favorecendo o bom desempenho dos peixes e o aumento da produtividade e lucratividade da atividade.

Emiko Kawakami de Resende
Chefe-Geral da Embrapa Pantanal

Sumário

Utilização da Energia e da Proteína pelos Peixes	9
Introdução	9
Utilização da Energia Dietética	10
Fatores que Afetam as Exigências em Energia e Proteína nos Peixes	15
Espécie	15
Fase de produção	16
Temperatura da água	16
Condição fisiológica	17
Salinidade da água	17
Interação com outros nutrientes	17
Processos tecnológicos de preparação das dietas.....	18
Comparação entre Peixes e Animais Terrestres ...	18
Considerações Finais	21
Referências Bibliográficas.....	22

Utilização da Energia e da Proteína pelos Peixes

Marco Aurélio Rotta

Introdução

O estudo das necessidades energéticas e protéicas dos peixes é um assunto ainda bastante polêmico na aquicultura. A dificuldade de determinar e de chegar a um consenso sobre as exigências protéicas e energéticas está ligada principalmente às diferenças entre as diversas espécies de peixes de importância comercial e às distintas fases de produção. Além disso, os peixes, quando comparados com espécies terrestres, possuem características peculiares quanto às necessidades e utilização dos nutrientes, que estão diretamente relacionadas com o meio em que vivem. Outros fatores que influenciam na determinação das suas exigências nutricionais são a variabilidade das matérias primas utilizadas no preparo das rações, o hábito alimentar e as metodologias experimentais empregadas.

Os peixes, de um modo geral, necessitam dos mesmos nutrientes exigidos pelos animais terrestres para a promoção do crescimento, reprodução e outras funções fisiológicas normais. Esses nutrientes podem vir de organismos aquáticos ou de rações comerciais. Se os peixes são mantidos em confinamento, onde o alimento natural se torna escasso, eles necessitam de uma ração nutricionalmente completa e balanceada; entretanto, quando o alimento natural está disponível e rações suplementares são fornecidas para um maior crescimento, estas rações não precisam ser balanceadas ou ter, necessariamente, todos os nutrientes essenciais.

Este documento tem por objetivo divulgar aos acadêmicos e estudiosos em nutrição de peixes uma síntese dos principais conhecimentos sobre a utilização da energia e da proteína pelos peixes, como também compará-los com alguns animais terrestres homeotermos quanto as suas diferenças metabólicas.

Utilização da Energia Dietética

A energia bruta (EB) dos alimentos, resultado da multiplicação do consumo do alimento pelo seu calor de combustão (Cho et al., 1982), é dividida em muitas frações no organismo animal, como pode ser visto na Fig.1. Existem muitos processos pelos quais a energia é perdida entre a sua ingestão e os seus produtos. As perdas podem ocorrer nas fezes, na urina e nas excreções das brânquias, como também pela produção de calor. A magnitude destas perdas depende principalmente das características da dieta e da taxa de alimentação (National Research Council - NRC, 1993).

A diferença entre a energia bruta (EB) e a energia digestível (ED) é a energia perdida nas fezes (EF), logo os valores de digestibilidade refletem a percentagem do nutriente de determinado alimento que é absorvido pelo trato digestivo (Smith et al., 1995). A inclusão de materiais fibrosos, que são pobremente digeridos pelos peixes, aumenta as perdas de EF (NRC, 1993). As dietas comerciais normalmente utilizadas para a criação de peixes promovem uma perda de energia nas fezes entre 10 e 40 % da energia bruta (Cho et al., 1982).

A energia metabolizável (EM) representa a ED, corrigidas as perdas de energia ocorridas pela excreção nas brânquias (EB) e na urina (EU). O uso da EM ao invés da ED na avaliação de alimentos para peixes pode permitir uma estimativa mais acurada da energia da dieta metabolizada pelos tecidos do animal; entretanto, a EM oferece uma pequena vantagem sobre a ED na avaliação da energia utilizada pelos peixes, pois a quantidade perdida na digestão é responsável pela grande variação da energia que é retirada dos alimentos. A perda energética através da excreção pelas brânquias e urina nos peixes não varia muito entre os alimentos e são menores que a perda energética não fecal dos mamíferos (Lovell, 1989).

A determinação dos valores de EM das dietas para peixes é tecnicamente difícil devido a necessidade de se mensurar a quantidade das perdas urinárias e branquiais. Assim, nutricionistas de peixes que precisam atribuir valores energéticos a diferentes ingredientes para a formulação de dietas balanceadas devem empregar os valores de ED, devendo evitar os valores de EM, pois estes têm sido obtidos por métodos suscetíveis a erros grosseiros (Cho et al., 1982).

A diferença entre a EM e a energia utilizada para produção (EP) é a energia perdida como calor (EC). Segundo NRC (1993), as perdas por calor ocorrem principalmente através de dois processos: o incremento calórico da alimentação e a perda de calor da manutenção. Para Smith et al. (1978b) o incremento calórico é o aumento da produção de calor seguida do consumo de alimento quando o animal está na zona de termoneutralidade (faixa de temperatura na

qual o peixe apresenta seu máximo crescimento) (Goddard, 1996). Para estes autores, menos de 5% da EM é perdida como incremento calórico pelos peixes. Já Meyer-Burgdorff et al. (1989) citam em seu trabalho que a tilápia nilótica (*Oreochromis niloticus*) gasta cerca de 52% da sua EM na forma de calor.

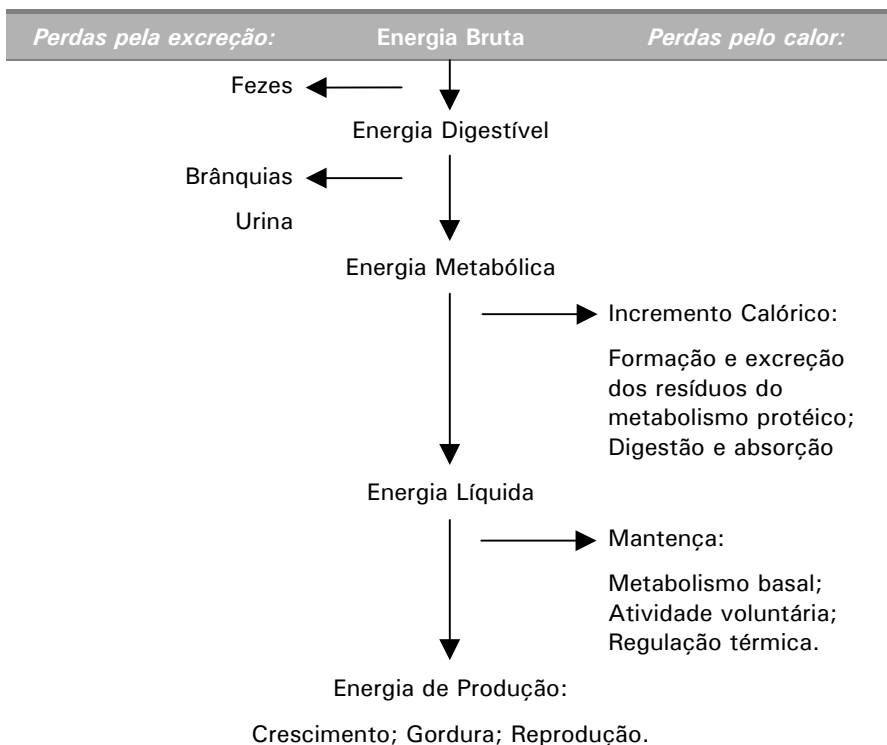


Fig.1. Apresentação esquemática do destino da energia dietética nos peixes, categorizando as perdas que ocorrem com a digestão e o metabolismo, e a fração que permanece para a formação de novos tecidos (NRC, 1993).

Os fatores que contribuem para o incremento calórico (IC) da alimentação são os processos de digestão e de absorção, a transformação e a interconversão dos substratos e sua retenção nos tecidos, e a formação e excreção de compostos metabólicos. A principal base bioquímica para o incremento calórico da alimentação em mamíferos e pássaros é a energia utilizada para que o nitrogênio protéico ingerido seja desaminado e excretado; entretanto, isto representa para os peixes um consumo bem menor de energia, pois eles podem eliminar os produtos finais do metabolismo protéico (amônia e dióxido de

carbono) (Cho et al., 1982) sem a necessidade de sintetizar uréia, ácido úrico ou outros produtos similares (Smith, 1982; Pfeffer, 1982; Magouz, 1990; NRC, 1983, 1993).

Cerca de 85% dos produtos originários do catabolismo protéico nos peixes são excretados como amônia, enquanto que a maioria destes componentes são excretados como uréia pelos mamíferos, e como ácido úrico pelas aves. (Smith et al., 1978b; Lovell, 1989; Cho et al., 1982; Magouz, 1990). Além disso, a amônia, que é uma molécula pequena e que se difunde rapidamente nas branquias, é excretada mesmo com um pequeno gradiente de concentração entre o sangue e a água, promovendo assim uma perda mínima ou nula de energia. Portanto, praticamente não há gasto energético para a concentração (rins) e excreção dos catabólitos protéicos pelos peixes (Smith et al., 1978b; Lovell, 1989; Jobling, 1994)

Na Tabela 1 são mostrados os gastos energéticos referentes a três tipos de animais: os que excretam amônia, uréia e ácido úrico. Por meio dos valores pode-se visualizar facilmente que os peixes possuem um melhor aproveitamento da energia em relação aos outros animais. Isto sem contar com a menor energia de manutenção dos peixes, o que promoveria um aumento nessas diferenças.

O incremento calórico depende grandemente do balanço dos nutrientes e do plano de alimentação, além da temperatura do ambiente, no caso dos peixes (NRC, 1993). Entretanto, Smith et al. (1978b) afirmam que não há correlação entre o nível de alimentação e o IC. O incremento calórico em peixes é maior com dietas ricas em proteínas do que com dietas pobres neste nutriente (NRC, 1993). Em mamíferos e aves, entretanto, o efeito de dietas ricas em proteína sobre o incremento calórico é muito mais marcante, grande parte devido à energia gasta durante a síntese da uréia e do ácido úrico originados dos nitrogênios desaminados (Cho et al., 1982; Magouz, 1990; NRC, 1993).

O incremento calórico para a truta arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*) mantida a 15°C é de 5% a 15% da EB consumida e cai à medida que a relação proteína/energia diminui (NRC, 1993). Magouz (1990) cita que para a truta arco-íris o IC é de 3% a 5% da EM, e que para a tilápia nilótica é de cerca de 22% da EM. Smith et al. (1978b) encontraram o valor de IC para os peixes como sendo de 5% da EM. Já em bovinos, o incremento calórico pode ser bem maior, entre 20% a 30% da EB. Assim, devido ao menor incremento calórico dos peixes (Smith et al., 1978a; Lovell, 1989; Magouz, 1990; Lovell, 1991; NRC, 1993), a energia líquida (EL), que é a energia gasta pelo animal para manutenção e crescimento, é proporcionalmente maior para peixes do que para animais de sangue quente (Magouz, 1990; NRC, 1993).

A energia de manutenção é a energia necessária para manter as funções essenciais do organismo. A maior parte desta energia é gasta no metabolismo

basal, como respiração, transporte de íons e metabólitos e circulação. Uma pequena quantidade é gasta em atividades voluntárias ou de descanso, e, no caso dos animais homeotermos, na regulação da temperatura corporal (NRC, 1993). Pelo fato dos peixes não regularem sua temperatura corporal e por gastarem menos energia para manter sua postura e deslocamento na água, comparado aos animais terrestres, a perda de calor de manutenção dos peixes é menor que a dos homeotermos (Smith et al., 1978ab; Lovell, 1989; Magouz, 1990; Lovell, 1991; NRC, 1993; Pezzato, 1997). Smith et al. (1978ab) citam que os peixes não necessitam dos músculos antigravitacionais que os animais terrestres possuem, pois, por estarem dentro da água, o efeito da gravidade é menor devido ao empuxo que ela exerce sobre os peixes. Além destes fatores, Smith et al. (1978b) citam que a baixa exigência energética para a reprodução, quando comparado aos animais terrestres, também seria um fator que contribuiria para uma maior eficiência energética nos peixes. Para estudos em nutrição, utiliza-se o calor produzido em jejum como uma aproximação do calor produzido na manutenção (NRC, 1993).

Tabela 1. Distribuição energética calculada do catabolismo protéico dos animais que excretam amônia, uréia e ácido úrico.

<i>Fração</i>	<i>Produtos Excretados (kcal/g)</i>		
	<i>Amônia</i>	<i>Uréia</i>	<i>Ácido Úrico</i>
Energia Bruta	5,70	5,70	5,70
<i>Perdas digestão</i>	<i>0,46</i>	<i>0,46</i>	<i>0,46</i>
Energia Digestível	5,24	5,24	5,24
<i>Perdas metabólicas</i>	<i>0,72</i>	<i>0,86</i>	<i>1,31</i>
Energia Metabolizável	4,52	4,38	3,93
<i>Incremento calórico:</i>			
Síntese das excretas	0,00	0,51	0,44
Concentração e excreção das excretas	0,00	0,22	0,29
Metabolismo dos não-nitrogenados	0,28	0,28	0,28
<i>Total</i>	<i>0,28</i>	<i>1,01</i>	<i>1,01</i>
Energia Líquida	4,24	3,37	2,92

Adaptado de Smith et al. (1978b).

A perda de calor pelos animais, como a maioria das suas características biológicas, é dependente do seu tamanho (peso-volume) (Jobling, 1994). A relação entre o tamanho do animal e a sua taxa metabólica pode ser usualmente descrita como:

$$\text{Cal} = a \cdot \text{PC}^b$$

onde a variável biológica (Cal - Calorificação por 24 horas), os termos (a) e (b) são constantes, sendo o expoente (b) a inclinação da curva de regressão que relaciona o logaritmo do peso corporal (PC) com o logaritmo da taxa metabólica, sendo chamado de peso metabólico (PC^b), e (a) o ponto onde esta curva cruza o eixo das ordenadas, sendo dependente da espécie e da temperatura (Smith et al., 1978a; Jobling, 1994).

A variável biológica aumenta alometricamente com o aumento do tamanho dos peixes, pois crescimento normalmente não ocorre de modo uniforme em todas as partes do organismo, o que determina a alteração das suas proporções ao longo do processo. Esse crescimento desproporcional (ou alométrico) deve-se a vários fatores que vão desde a adequação funcional à alteração das relações superfície-volume com que os peixes se deparam nos diferentes estágios de seu ciclo de vida (Royce, 1972; Wootton, 1999).

Smith et al. (1978a) afirmam que a perda de calor pelos peixes parece ocorrer proporcionalmente à sua superfície corporal, sendo esta superfície expressa pelo peso metabólico (peso corporal em kg na potência b). Estes mesmos autores encontraram diversos valores para o expoente do peso metabólico, variando de acordo com o intervalo de peso dos peixes em estudo: para peixes entre 1 e 4 g foi de 1,0; para peixes entre 4 e 57 g foi de 0,63 e para peixes entre 1 e 57 g foi de 0,75. Já para Brett & Groves (1979), o valor adequado para o expoente do peso metabólico para peixes é de 0,8. A relação entre a produção de calor e o peso metabólico indica que a área, melhor que o peso, pode ser um fator importante que contribui na taxa do metabolismo basal dos peixes, assim como ocorre nos animais terrestres (Cho et al., 1982). Por isso, o peso metabólico deve ser sempre utilizado quando se deseja comparar variáveis biológicas entre peixes com pesos diferentes, como já ocorre com aves e mamíferos.

Se compararmos o calor produzido em jejum para a truta arco-íris mantida a 15°C e pesando de 4 a 57 g, que é de $57 \text{ PC}^{0,63}$, como o valor de $70 \text{ PC}^{0,75}$ para mamíferos e $83 \text{ PC}^{0,75}$ para aves, torna-se bastante evidente que a produção de calor em jejum nos peixes é bem menor (Brody, 1945; Kleiber, 1975; Smith et al., 1978a; NRC, 1983, 1993).

As necessidades energéticas de manutenção para os peixes representam um décimo a um vigésimo daquelas verificadas em animais homeotermos do mesmo tamanho

num ambiente dentro da zona de termoneutralidade. A menor necessidade de manutenção para os peixes significa que a porcentagem de energia líquida que não é dissipada como calor, mas sim retida dentro do organismo como novo tecido ou energia, é proporcionalmente maior (NRC, 1993). Assim, os peixes não possuem somente uma exigência energética para manutenção e atividade menor, mas também utilizam a proteína como fonte de energia de um modo mais eficiente que os animais homeotermos terrestres (Smith et al., 1978b).

Fatores que Afetam as Exigências em Energia e Proteína nos Peixes

Segundo vários autores (Lee & Putnam, 1973; Garling Jr. & Wilson, 1976; Pezzato, 1997), existe uma série de fatores que podem alterar as exigências de proteína e energia, podendo afetar a digestão, absorção e utilização metabólica dos alimentos. São citados como promotores destas diferenças a espécie, a fase de produção, o estado fisiológico dos animais, a temperatura da água, a salinidade da água, a interação com outros nutrientes, os processos tecnológicos de preparação de dietas e as metodologias empregada nos testes, entre outros.

Espécie

Segundo Winfree & Stickney (1981), os peixes carnívoros, principalmente, parecem exigir menores relações de energia/proteína que os peixes onívoros e herbívoros. Estas diferenças entre espécies estão diretamente relacionadas com os hábitos alimentares em seus ambientes silvestres, como o tipo de alimento e frequência de alimentação, e com as suas diferenças fisiológicas, como tamanho e funcionalidade do aparelho digestivo.

Resultados de estudos em laboratório conduzidos com diversas espécies de peixes carnívoros, como os salmonídeos, os percídeos e alguns peixes marinhos, indicaram que, para um ótimo crescimento ser alcançado, metade da energia da dieta deve ser suprida pela proteína. Assim, é geralmente reconhecido que a proteína deve fornecer de 40% a 55% da energia dietética para estas espécies. Já outras espécies, como os ciprinídeos, as tilápias e alguns ictalurídeos, são capazes de manter excelentes taxas de crescimento quando são alimentados com dietas contendo menos proteína. Para estas espécies, dietas formuladas para conter de 30% a 40% de proteína são adequadas para preencher as necessidades dos peixes no que se refere ao suprimento de proteína (Jobling, 1994).

Fase de produção

Numa mesma espécie, os peixes de maior porte exigem proporcionalmente menos proteína que os animais menores (Garling Jr. & Wilson, 1976; Winfree & Stickney, 1981). A tendência geral para o decréscimo da utilização do alimento com o aumento do peso corporal é esperada, pois se sabe que os processos metabólicos diminuem e o gasto de energia por unidade de peso corporal decresce com o aumento do peso corporal e/ou idade (De Silva et al., 1989; Jobling, 1994).

Com o aumento do peso do peixe o seu consumo diminui, o que foi constatado por Page & Andrews (1973) em seu trabalho, pois peixes com 114 g de peso consumiram 5% do seu PC/dia, enquanto os animais com 500 g de peso consumiram 2%, o que vem ao encontro do NRC (1987), que afirma que, de forma geral, a porcentagem de alimento ingerido em relação ao peso corporal decresce à medida que o peso aumenta, porque o peixe menor tem uma maior taxa metabólica e assim necessita mais alimento por unidade de peso que o peixe maior.

Como os peixes se alimentam primeiramente para satisfazer sua exigência energética (teoria glicostática). Assumindo que a dieta é palatável, se conclui que a ED contida na dieta irá determinar a quantidade de alimento consumido. Animais que se alimentam de dietas pobres necessitam de uma maior consumo de alimento do que os animais que se alimentam de dietas ricas em energia. Conseqüentemente, como a exigência em energia dos peixes é diretamente proporcional à atividade metabólica do organismo, se conclui que o consumo de alimento e a freqüência de alimentação será marcada por um decréscimo gradual destas taxas conforme o aumento do tamanho dos animais e/ou decréscimo da temperatura da água (Tacon, 1988).

Temperatura da água

Quanto às variações na temperatura da água, têm-se observado que normalmente não afetam as exigências quantitativas de proteína e energia de algumas espécies, mas sim modificam, em quase todas, a quantidade da ingesta total, a velocidade de crescimento e os índices de utilização de nutrientes (Pezzato, 1997; Jobling, 1994). Porém, DeLong et al. (1958), em seu estudo com salmão (*Oncorhynchus sp.*), concluíram que o aumento da temperatura aumentava as exigências de proteína, e isto foi atribuído ao aumento da excreção de nitrogênio endógeno devido ao aumento do catabolismo do nitrogênio. Os mesmos autores afirmam que isto pode não indicar necessariamente um aumento nas exigências de crescimento, mas um aumento nas exigências de manutenção.

Condição fisiológica

O estresse pode ser o resultado de um freqüente manuseio e pode causar distúrbios, como uma doença (Tacon, 1995; Pavanelli et al., 2002), levando a um aumento das exigências protéicas, principalmente devido à necessidade dos aminoácidos na multiplicação celular (Tacon, 1995).

Salinidade da água

A concentração osmótica e iônica do corpo do peixe difere daquela do seu meio, logo, o peixe necessita gastar certa quantidade de energia na regulação iônica e osmótica do seu organismo. Se o ambiente externo for manipulado para assegurar uma redução nos gastos metabólicos destas regulações ao mínimo, o crescimento e a utilização do alimento podem ser aumentados, ou as suas exigências em energia podem ser diminuídas. Porém se considera que os gastos metabólicos destas regulações (talvez menos que 1% ou 2% do metabolismo total) sejam tão pequenos que qualquer redução não possa ser detectável, não trazendo qualquer vantagem no crescimento ou na diminuição das exigências energéticas (Jobling, 1994).

Interação com outros nutrientes

Estudos com salmonídeos, carpas e surubins têm mostrado que as exigências de proteína são afetadas pela quantidade e qualidade da energia dietética, logo, um adequado nível de gordura proporciona uma diminuição das exigências protéicas (Page & Andrews, 1973; Machado et al., 2000; Martino et al., 2002ab). O aumento de gordura ou carboidrato na dieta pode suprir energia o suficiente para que o animal não precise utilizar a proteína como fonte energética (Page & Andrews, 1973).

Peixes menores convertem a gordura mais eficientemente e animais maiores convertem amido mais eficientemente. Isto pode ser o resultado de uma influência hormonal no metabolismo protéico que tem sido observada em outros peixes maduros, podendo, quando corretamente supridos destes nutrientes, diminuir suas necessidades em proteína (Page & Andrews, 1973).

Meyer-Burgdorff et al. (1989), em seu estudo sobre energia metabólica em tilápia nilótica (7 a 26 g) afirmam que o aumento do nível de arraçoamento, quando este está próximo da manutenção, promove um ganho de peso em proteína corporal, enquanto que a gordura se mantém num balanço negativo, indicando que a gordura é o maior combustível energético no metabolismo destes animais.

Processos tecnológicos de preparação das dietas

Há o risco de se reduzir o valor biológico da proteína se ela for aquecida excessivamente, o que aumentaria a exigência de proteína na composição das rações com alimentos oriundos deste processo (Tacon, 1995). Outro aspecto importante do aquecimento é que este processo é utilizado para a inativação dos fatores anti-tripsina contidos no farelo de soja, os quais são muito importantes na formulação de dietas para peixes, principalmente para a truta arco-íris. Sabe-se que esta espécie é bastante sensível a estes fatores, e um excesso destes poderia levar a um aumento nas suas exigências de proteína (Pfeffer, 1982).

Comparação entre Peixes e Animais Terrestres

Segundo Lovell (1989) as exigências nutricionais nos peixes não variam muito entre espécies. Notáveis exceções são as diferenças com relação aos ácidos graxos essenciais, as exigências de esteróides e a habilidade de assimilar carboidratos. Existem, porém, grandes diferenças nutricionais entre peixes e animais terrestres de sangue quente, como:

- a) as exigências energéticas são proporcionalmente menores para peixes do que para animais de sangue quente, necessitando assim uma menor razão entre energia e proteína nas dietas para peixes;
- b) os peixes necessitam de alguns lipídios que os animais de sangue quente não necessitam, como os ácidos graxos da série ômega 3 (n-3);
- c) a habilidade dos peixes de absorverem alguns minerais solúveis na água minimizam as suas exigências dietéticas por estes minerais, e
- d) os peixes tem habilidade limitada ou nula para sintetizar ácido ascórbico, dependendo exclusivamente de fonte exógena (dieta) para suprir suas necessidades.

Os peixes convertem alimentos em tecido corporal mais eficientemente que os animais de criação terrestres. Por exemplo, o bagre-de-canal (*Ictalurus punctatus*) cultivado ganha aproximadamente 0,84 g de peso por grama de dieta, enquanto que a galinha, o mais eficiente animal de sangue quente conhecido, ganha apenas 0,48 g de peso por grama de dieta (Lovell, 1989), como pode ser visto na Tabela 2.

A razão desta eficiência superior dos peixes na conversão deve-se ao fato de que estes são capazes de assimilar dietas com altas porcentagens de proteína, e não porque os peixes possuem uma maior exigência em proteína que os animais terrestres, mas sim devido a sua menor exigência em energia (Lovell, 1991). Segundo NRC (1993), a razão pela qual a relação energia/proteína é menor nos peixes que nos animais terrestres não é devido a uma maior exigência de proteína por parte dos peixes, pois os peixes convertem proteína em tecido quase tão eficientemente quanto os animais de sangue quente, mas porque os peixes necessitam de menos energia para a manutenção e síntese de catabólitos protéicos, sendo este o fator principal das diferenças na eficiência entre peixes e animais terrestres de sangue quente.

Como exemplo, os frangos de corte consomem, em kg/PC, cerca de 3,4 vezes mais energia, mas somente 1,6 vezes mais proteína que o bagre-de-canal em crescimento. Rações de engorda para peixes cultivados contêm de 30% a 35% de proteína com um bom balanceamento de aminoácidos, enquanto que rações para aves ou suínos com o mesmo objetivo contêm de 18% a 23% e de 14% a 16%, respectivamente (Lovell, 1991).

Os peixes, entretanto, não apresentam vantagem sobre as galinhas com relação à conversão protéica. A vantagem primordial deles sobre os animais terrestres é o menor custo energético com relação ao ganho protéico, e não devido a uma maior eficiência na conversão alimentar. O ganho protéico por Mcal de EM consumida é de 47 g para o bagre-de-canal contra 23 g para frangos de corte e 9 g para suínos (Tabela 2) (Lovell, 1989; Lovell, 1991).

Pfeffer (1982), em sua revisão, mostra dados um tanto semelhantes: 42 g/Mcal para truta arco-íris, 19 g/Mcal para aves e 17 g/Mcal para suínos. Este autor acredita que a superioridade da truta arco-íris deve-se ao fato de que os peixes necessitam consideravelmente menos energia para a manutenção que os animais de sangue quente, e que a truta arco-íris produz menos gordura corporal que os suínos, sendo que uma grande proporção de ganho energético é depositado como proteína nos tecidos.

Tabela 2. Comparação da eficiência de utilização de proteína e energia entre diferentes espécies animais.

<i>Animal</i>	<i>Composição do Alimento</i>			<i>Eficiência (g)</i>		
	<i>Proteína (%)</i>	<i>Energia (kcal EM/g)</i>	<i>Relação EM/Proteína (kcal/g)</i>	<i>Ganho de peso/ g alimento consumido</i>	<i>Ganho protéico/ g proteína consumida</i>	<i>Ganho protéico/ Mcal de EM consumida</i>
Bagre-de-canal	32	2,7	8,5	0,84	0,36	47
Frango de corte	18	2,8	15,5	0,48	0,33	23
Suíno	14	2,7	19,3	-	-	9
Gado de corte	11	2,6	23,6	0,13	0,15	6

Adaptado de Lovell (1989) e Lovell (1991).

Considerações Finais

Os fatos demonstrados na presente discussão de que a energia líquida para manutenção dos peixes é consideravelmente menor que aquelas necessárias às aves ou mamíferos mostram que os peixes possuem uma vantagem na eficiência de conversão de alimento em tecido animal. Além disso, devido ao fato dos peixes serem capazes de desaminar as proteínas através da formação de amônia, a qual é excretada via brânquias, são capazes de utilizar a proteína muito mais eficientemente. Estes dois fatores combinados colocam os peixes no topo da lista quando se trata de potencial para conversão de alimentos para animais em proteína de excelente qualidade para o consumo humano.

Portanto, a piscicultura também vem ao encontro da busca por atividades que promovam uma maior eficiência na produção de alimentos com um menor gasto de energia, otimizando a produção de carne de qualidade e aumentando o consumo de proteína animal pela população.

Referências Bibliográficas

BRETT, J.R.; GROVES, T.D.D. Physiological energetics. In: HOAR, W.S.; RANDALL, D.J.; BRETT, J.R. (Eds). **Fish Physiology**. New York: Academic Press, 1979. v 8, p.279-352.

BRODY, S. **Bioenergetics and growth**: with special reference to the efficiency complex in domestic animals. New York: Hafner Press, 1945. 1023p.

CHO, C.Y.; SLINGER, S.J.; BAYLEY, H.S. Bioenergetics of salmonids fishes: energy intake, expenditure and productivity. **Comparative Biochememistry Physiology. Part B**, Oxford, v.73, n.1, p.25-41, 1982.

DE SILVA, S.S; GUNASEKERA, R.M.; ATAPATTU, D. The dietary protein requirements of young tilapia and an evaluation of the least cost dietary protein levels. **Aquaculture**, Amsterdam, v.80, p.271-284, 1989.

DELONG, D.C.; HALVER, J.E.; MERTZ, E.T. Nutrition of salmonid fishes. **Journal of Nutrition**, Bethesda, v.65, p.589-599, 1958.

GARLING JUNIOR, D.L.; WILSON, R.P. Optimum dietary protein to energy ratio for channel catfish fingerlings, *Ictalurus punctatus*. **Journal of Nutrition**, Bethesda, v.106, p.1368-1375, 1976.

GODDARD, S. **Feed management in intensive aquaculture**. New York: Chapman & Hall, 1996. 192p.

JOBLING, M. **Fish bioenergetics**. London: Chapman & Hall, 1994. 309p.

KLEIBER, M. **The fire of life: an introduction to animal energetics**. Huntington: R.E.Krieger, 1975. 453p.

LEE, D.J.; PUTNAM, G.B. The response of rainbow trout to varying protein/energy ratios in a test diet. **Journal of Nutrition**, Bethesda, v.103, p.916-922, 1973.

LOVELL, R.T. **Nutrition and feeding of fish**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1989. 260p. Cap. 1: The Concept of Feeding Fish.

LOVELL, R.T. Nutrition of aquaculture species. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.69, p.4193-4200, 1991.

MACHADO, J.H.; CARRATORE, C.R. del; BRITO, J.L.V.; YASSUDA, L. Desempenho produtivo de juvenis de pintado (*Pseudoplatystoma corruscans*), arraçoados com diferentes níveis de proteína e energia. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AQUICULTURA, 11., 2000, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: ABRAQ/ACAq/ABCC/BMLP/MAA, 2000. CD-ROM.

MAGOUZ, F.I. **Studies on optimal protein and energy supply for tilapia (*Oreochromis niloticus*) in intensive culture**. 1990. 134p. Thesis (Agriculture Science) -- Göttingen: Faculty of Agriculture Georg-August, Aus dem Institut Tierphysiologie und Tierernährung der Georg-August - Universität zu Göttingen, West Germany,

MARTINO, R.C.; CYRINO, J.E.P.; PORTZ, L.; TRUGO, L.C. Effect of dietary lipid level on nutritional performance of the surubim, *Pseudoplatystoma corruscans*. **Aquaculture**, Amsterdam, v.209, p.209-218, 2002a.

MARTINO, R.C.; CYRINO, J.E.P.; PORTZ, L.; TRUGO, L.C. Performance and fatty acid composition of surubim (*Pseudoplatystoma corruscans*) fed diets with animal and plant lipids. **Aquaculture**, Amsterdam, v.209, p.233-246, 2002b.

MEYER-BURGDORFF, K.H.; OSMAN, M.F.; GÜNTHER, K.D. Energy metabolism in *Oreochromis niloticus*. **Aquaculture**, Amsterdam, v.79, p.283-291, 1989.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of warmwater fishes and shellfishes**. Washington, D.C.: National Academy Press, 1983. 102p.

NACIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of fish**. Washington, D.C.: National Academy Press, 1993. 114p.

NACIONAL RESEARCH COUNCIL. **Predicting feed intake of food-producing animals**. Washington, D.C.: National Academy Press, 1987. 85p. Cap. 2: Fishes.

- PAGE, J.W.; ANDREWS, J.W. Interactions of dietary levels of protein and energy on channel catfish (*Ictalurus punctatus*). **Journal of Nutrition**, Bethesda, v.103, p.1339-1346, 1973.
- PAVANELLI, G.C.; EIRAS, J. da C.; TAKEMOTO, R. M. **Doenças de peixes: profilaxia, diagnóstico e tratamento**. Maringá: EDUEM, 2002. 2.ed. 305p.
- PEZZATO, L.E. O estabelecimento das exigências nutricionais das espécies cultivadas. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO E NUTRIÇÃO DE PEIXES, 1997, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: ESALQ, 1997. p.45-62.
- PFEFFER, E. Utilization of dietary protein by salmonid fish. **Comparative Biochememistry Physiology. Part B**, Oxford, v.73, n.1, p.51-57, 1982.
- ROYCE, W.F. **Introduction to the fishery sciences**. New York: Academic Press, 1972. 354p.il.
- SMITH, L.S. **Introduction to fish physiology**. Neptune, T.F.H., 1982. 352p.
- SMITH, R.R.; RUMSEY, G.L.; SCOTT, M.L. Net energy maintenance requirements of salmonids as measured by direct calorimetry: effect of body size and environmental temperature. **Journal of Nutrition**, Bethesda, v.108, p.1017-1024, 1978a.
- SMITH, R.R.; RUMSEY, G.L.; SCOTT, M.L. Heat increment associated with dietary protein, fat, carbohydrate and complete diets in salmonids: comparative energetic efficiency. **Journal of Nutrition**, Bethesda, v.108, p.1025-1032, 1978b.
- SMITH, R.R.; WINFREE, R.A.; RUMSEY, G.W.; ALLRED, A.; PETERSON, M. Apparent digestion coefficients and metabolizable energy of feed ingredients for rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. **Journal World Aquaculture Society**, Baton Rouge, v.26, n.4, p.432-437, 1995.
- TACON, A.G.J. **The nutrition and feeding of farmed fish and shrimp - A training manual**: 3. Feeding methods. Brasília: FAO, 1988. 208p.
- TACON, A.G.J. **Ictiopatologia nutricional**: signos morfológicos de la carencia y toxicidad de los nutrientes en los peces cultivados. Roma: FAO, 1995. 77p.
- 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**, Bethesda, v.111, p.1001-1012, 1981.
- WOOTTON, R.J. **Ecology of teleost fishes**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1999. 2.ed. 2.imp. 386p.il.



*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Centro de Pesquisa Agropecuária do Pantanal
Ministério da Agricultura, Pecuária e do Abastecimento*

Rua 21 de setembro, 1880 - Caixa Postal 109
CEP 79320-900 Corumbá-MS
Telefone: (67)233-2430 Fax: (67) 233-1011
<http://www.cpap.embrapa.br>
email: sac@cpap.embrapa.br

**Ministério da Agricultura,
Pecuária e Abastecimento**