

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA**  
**CENTRO DE AQUICULTURA DA UNESP - CAUNESP**  
**CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**DIGESTIBILIDADE E EXIGÊNCIA DE LISINA, PROTEÍNA E**  
**ENERGIA EM DIETAS PARA A TILÁPIA DO NILO**

Giovani Sampaio Gonçalves

Orientador: Dr. Luiz Edivaldo Pezzato

Tese apresentada ao Programa de Pós Graduação em Aquicultura, como parte dos requisitos para a obtenção do título de DOUTOR em AQUICULTURA, Área de Concentração em Aquicultura em Águas Continentais.

**Jaboticabal – São Paulo – Brasil**

**Janeiro de 2007**

## DEDICO

Aos meus pais Adhemar Gonçalves e Marilza Ap. Sampaio Gonçalves, meus irmãos Márcio André S. Gonçalves e Guilherme S. Gonçalves, a minha namorada Maria Júlia Santa Rosa.

*Após longos anos de estudos e aprendizagens,  
hoje e sempre serei grato pelos esforços  
realizados por todos vocês e nos quais pude me  
espelhar e fazer minha pequena parte perante  
todos os estímulos e apoio que sempre me foram  
dados. Às vezes distantes, porém sempre ao meu  
lado, foram o motivo e o estímulo para o qual  
me dediquei nesses anos. Foram exemplos de  
simplicidade, esforços, humildade, paciência e  
sabedoria, sendo estes fatores importantes para  
que um dia eu pudesse concretizar essa etapa  
em minha vida. Vocês são motivos de orgulho  
para mim e dedico essa simples e singela  
lembrança a tudo que puderam me proporcionar  
ao longo desses anos.*

## **Homenagem e agradecimento**

### **Aos meus orientadores**

**A DEUS – pela constante e sábia orientação em nossas vidas.**

**Prof. Dr. Cármino Hayashi – Iniciação Científica - o qual me deu a oportunidade e ensinamentos para iniciar na atividade de aqüicultura.**

**Prof. Dr. Ulysses Cecato – Tutor PET/CAPES – Valiosos ensinamentos que durante o Programa Especial de Treinamento tive a oportunidade de aprender.**

**Prof. Dr. Wilson M. Furuya e Prof. Dr. Ricardo Pereira Ribeiro – Monografia de Graduação – Professores e orientadores da graduação em Zootecnia, que me ensinaram a arte e o prazer do trabalho em aqüicultura.**

**Prof. Dr. Luiz Edivaldo Pezzato – Dissertação Mestrado e orientação no Doutorado – Minha grande admiração, respeito e agradecimento pela oportunidade concedida para a realização do pós-graduação, o qual sempre será importante para a minha vida pessoal e profissional.**

**A todos vocês meus agradecimentos pelos ensinamentos, exemplo, oportunidade e amizade.**

## **Agradecimentos**

Ao Centro de Aqüicultura da Universidade Estadual Paulista – UNESP, pela oportunidade de estudo;

Ao professor e amigo Dr. Luiz Edivaldo Pezzato, pelo exemplo de dedicação e humildade, orientação, incentivo e amizade;

A professora Dra. Margarida M. Barros, pelos ensinamentos, atenção, orientação, e amizade;

A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP, pela concessão de bolsa de estudo;

Aos professores e funcionários do Centro de Aqüicultura da Unesp, pelos ensinamentos, apoio e amizade;

Aos professores e funcionários do Dep. de Melhoramento e Nutrição Animal – UNESP – Botucatu, pelos ensinamentos, apoio e amizade;

Aos professores Dr. Pedro de Magalhães Padilha, (Dep. Química e Bioquímica - UNESP), pelo apoio e colaboração na execução deste trabalho;

A Professora Maeli (IB-Unesp) e ao pós-graduando Danilo pela orientação na realização das análises histológicas;

A pesquisadora e amiga Rose Meire Vidotti, pelos ensinamentos e convívio profissional ao longo dos últimos dois anos, contribuindo para minha formação pessoal e profissional;

Aos colegas e amigos do AquaNutri, Hamilton Hisano, Leonardo Tachibana, Igo Guimarães, Edson de S. Freire, Jener A. Zuanon, Wilian Narvaez, Marcelo V. Sá, Cláudio Bock, Jeisson Ferrari, Geisa K. Kleemann, Fernanda Sampaio, Dario F. Rocha, Gabriel Quintero, Blanca, André Bordinhon, Altevir Signor e aos estagiários Diego, Diogo, Lucas, Maria Julia, Adriana, Luana e Alexandra pela participação, apoio, ensinamentos e amizade;

Aos funcionários do Lab. de Bromatologia – FMVZ e do Lab. Química - IB: Renato, Evandro, Luiz Cláudio e Fábio pela amizade e colaboração durante a realização das análises químico-bromatológicas;

A pós-graduanda Diana (São Carlos), Luciane (Botucatu), Karina e Luciene (Caunesp) pela colaboração na realização das análises hematológicas e histológicas.

Ao Prof. Dr. Willian Narvaez (Colômbia) pela orientação na realização das análises estatísticas;

Ao pesquisador Fernando Salles (APTA – Pólo Regional de Assis) pela colaboração nas análises estatísticas;

Às funcionárias da seção de Pós-Graduação e Diretoria do Caunesp pela atenção e auxílios prestados;

A todos alunos de pós-graduação do Caunesp, os quais convivi, aprendi e tive o prazer de conhecê-los;

Aos colegas e amigos do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia (Botucatu) e a todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram de alguma forma na realização desta Tese;

*Em especial aos amigos Hamilton Hisano, Leonardo Tachibana, Francisco e Charles, os quais além de grandes amigos, foram como membros de uma família (república) durante todos os anos que convencemos juntos, compartilhando alegrias, tristezas e vencendo a cada dia novos obstáculos.*

**MUITO OBRIGADO**

## SUMÁRIO

	Página
<b>RESUMO GERAL</b> .....	01
<b>INTRODUÇÃO GERAL</b> .....	02
<b>CAPÍTULO I – REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	03
Revisão de Literatura.....	04
1. Exigência Nutricional.....	05
2. Exigência em proteína e aminoácidos para algumas espécies de tilápia.....	06
3. Proteína Ideal. ....	09
4. Energia e Relação energia/proteína.....	13
Literatura Citada.....	16
<b>CAPÍTULO II – NUTRIENTES DIGESTÍVEIS DE ALIMENTOS PARA A TILÁPIA DO NILO</b> .....	23
Resumo.....	24
Summary.....	25
Introdução.....	26
Material e Métodos.....	27
Resultados e Discussão.....	33
Conclusão.....	41
Literatura Citada.....	42
<b>CAPÍTULO – III. Relação lisina digestível / proteína digestível para a tilápia do Nilo</b> .....	48
Resumo.....	49
Summary.....	50
Introdução.....	51
Material e Métodos.....	52

Resultados e Discussão.....	56
Conclusão.....	65
Literatura Citada .....	66

**CAPÍTULO – IV. Aplicação do conceito de proteína ideal e relação energia digestível / proteína digestível para tilápia do Nilo .....** 70

Resumo.....	71
Abstract.....	72
Introdução.....	73
Material e Métodos.....	74
Resultados e Discussão.....	80
Conclusão .....	90
Literatura Citada.....	95

## LISTA DE TABELAS

<b>Capítulo 1</b>	<b>Página</b>
Tabela 1    Nível ótimo de proteína para o máximo crescimento de espécies de tilápia .....	08
Tabela 2    Exigência em aminoácidos essenciais (AEE) para diferentes espécies de tilápia (% da PB).....	09
Tabela 3    Relação energia/proteína (E/P) em rações para diferentes espécies de tilápia .....	15
 <b>Capítulo 2</b>	
Tabela 1    Composição química e valor energético da ração referência e alimentos utilizados nas rações testes. ....	28
Tabela 2    Perfil de aminoácidos da ração referência e alimentos utilizados nas rações experimentais.. ....	29
Tabela 3    Fórmula da dieta referência .....	30
Tabela 4    Coeficiente de digestibilidade aparente (CDA) dos nutrientes e energia para a tilápia do Nilo .....	34
Tabela 5    Valores digestíveis de aminoácidos, nutrientes e energia para a tilápia do Nilo.....	35
 <b>Capítulo 3</b>	
Tabela 1    Composição percentual das rações experimentais.....	54
Tabela 2    Composição química das rações experimentais .....	57
Tabela 3    Consumo alimentar (CONS), conversão alimentar (CA), consumo diário de proteína digestível (CDPD) e taxa de eficiência protéica (TEP) de juvenis de tilápia do Nilo alimentadas com diferentes relações proteína digestível / lisina digestível .....	58
Tabela 4    Médias apresentadas para a variável ganho em peso, onde houve interação significativa para os fatores proteína digestível e lisina digestível .....	58



## Capítulo 4

Tabela 1	Composição percentual das rações experimentais .....	84
Tabela 2	Relação entre os aminoácidos do filé da tilápia do Nilo tomando como padrão (100,00%) o aminoácido lisina .....	80
Tabela 3	Composição química e relações entre nutrientes e energia das rações experimentais (matéria natural) .....	81
Tabela 4	Ganho em peso (GP), ganho em peso diário (GPD), conversão alimentar (CA), consumo alimentar diário (CAD), consumo diário de proteína digestível (CDPD) e taxa de eficiência protéica (TEP) de juvenis de tilápia do Nilo alimentados com rações contendo diferentes relações energia digestível / proteína digestível, com base no conceito de proteína ideal.....	77
Tabela 5	Rendimento de filé (RF), índice hepatossomático (IHS), índice viscerossomático (IVS), eficiência de retenção de proteína (ERP), extrato etéreo do fígado (EEF) e gordura visceral (GV) de juvenis de tilápia do Nilo alimentadas com diferentes relações energia digestível: proteína digestível com base no conceito de proteína ideal .....	91
Tabela 6	Umidade (%), matéria seca (%), proteína bruta (%), matéria mineral (%) e extrato etéreo do filé de juvenis de tilápia do Nilo alimentadas com diferentes relações energia digestível: proteína digestível com base no conceito de proteína ideal....	92
Tabela 7	Eritrócitos (Erit), hematócrito (Hct), Hemoglobina (Hb), volume corpuscular médio (VCM), concentração de hemoglobina corpuscular média (CHCM), proteína plasmática (PPT), globulinas (GLB), glicogênio total hepático (GTH) e glicogênio total muscular (GTM) de juvenis de tilápia do Nilo alimentadas com diferentes relações energia digestível: proteína digestível com base no conceito de proteína ideal .....	93

Tabela 8	Médias do custo por kg de ração (R\$/kg), custo de ração por kg de ganho em peso (R\$/GP) e índice de eficiência econômica (IEE) de juvenis de tilápia do Nilo alimentados com as rações experimentais .....	94
----------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

**LISTA DE FIGURAS**

<b>Capítulo 3</b>		Página
Figura 1	Interação entre as médias gerais dos tratamentos lisina e proteína digestível para o parâmetro ganho em peso de juvenis de tilápia do Nilo .....	59
Figura 2	Conversão alimentar de juvenis de tilápia do Nilo alimentados com diferentes relações lisina / proteína digestível.....	60
 <b>Capítulo 4</b>		
Figura 1	Taxa de eficiência protéica da tilápia do Nilo, alimentada com rações contendo níveis crescentes de proteína digestível .....	85
Figura 2	Rendimento de filé da tilápia do Nilo, alimentada com rações contendo níveis crescentes de proteína digestível .....	88

## RESUMO GERAL

Esse estudo teve como objetivo determinar a digestibilidade de ingredientes utilizados em formulações de rações para a aquicultura, a melhor relação proteína digestível / lisina digestível, e por meio do conceito de proteína ideal a exigência em proteína e energia digestível para juvenis de tilápia do Nilo. Os resultados estão apresentados em capítulos, redigidos na forma artigos científicos para publicação em periódicos especializados. Foi possível observar diferenças em relação aos valores digestíveis dos nutrientes e aminoácidos, e verificar que os valores de coeficientes de digestibilidade aparente da proteína não refletem o coeficiente de digestibilidade aparente dos aminoácidos para alguns alimentos. Com relação à determinação da exigência em proteína e lisina em rações para juvenis de tilápia do Nilo (11,0 a 98,0g), o nível de 26% PD não diferiu do nível de 32,0% PD em relação a ganho em peso, sendo estes superiores ao tratamento com 22,0% PD. As diferentes relações proteína digestível (PD) / lisina digestível demonstram que o aminoácido lisina, ainda que, em níveis elevados de inclusão não foi suficiente para a melhora do desempenho produtivo da tilápia do Nilo, quando utilizado em dietas com baixo valor protéico. Entretanto, a suplementação de 7,5% de lisina em relação à proteína digestível (PD) em rações com níveis acima de 26% PD promoveu melhores respostas de desempenho produtivo para a espécie. A determinação da melhor relação proteína digestível / lisina digestível possibilitou a determinação posterior da melhor relação proteína digestível / energia digestível em rações formuladas com base no conceito de proteína ideal. Os resultados demonstram que a energia digestível das rações não influencia o desempenho dos peixes, uma vez que, as rações foram formuladas com base em energia digestível e aminoácidos digestíveis. Não houve diferença significativa para ganho em peso e conversão alimentar com os diferentes níveis de proteína digestível avaliados, sendo este nutriente o de maior relação com a melhora na eficiência de utilização protéica, maior rendimento de filé e índice de eficiência econômica. Os resultados de desempenho produtivo com juvenis entre 30,0 e 187,0g demonstraram a possibilidade do uso de rações com 220% PD e 3000kcal/kg ED, níveis estes que podem ser utilizados, uma vez respeitada a exigência dos demais nutrientes e utilização de alimentos de alto valor biológico.

## INTRODUÇÃO GERAL

A demanda crescente por alimentos de alta qualidade e a necessidade de produção cada vez maior de fontes protéicas faz da aquicultura uma atividade em ascensão no Brasil, uma vez que, os produtos gerados apresentam características que os colocam como destaque entre os alimentos com potencial de produção em países tanto em desenvolvimento como os mais desenvolvidos. Dentre as espécies cujo potencial se destaca na produção mundial, encontra-se a tilápia do Nilo, precedida somente pela produção de carpas, entretanto no Brasil o grupo das tilápias já é o peixe mais produzido (Zimmermann & Fitzsimmons, 2004).

Empreendimentos de médio e grande porte estão sendo instalados no Brasil com a tilápia, espécie mais utilizada devido às condições favoráveis de clima e qualidade de água, manejo simples e de pouco risco quando comparados às outras espécies, custo relativamente baixo de produção, boa qualidade da carne e grande aceitação pelo mercado interno e externo, este último caracterizado principalmente pela exportação para os Estados Unidos na forma de filé fresco, o qual se sobressai quando comparado aos peixes congelados de países como a China.

Uma vez em expansão, várias áreas relacionadas à produção do pescado são necessárias para o desenvolvimento sustentável de toda cadeia produtiva. Nesse contexto, a nutrição se apresenta como ferramenta importante, sendo esta capaz de interagir na questão tecnológica, econômica, social e ecológica, sem as quais o setor não será sustentável ao longo da cadeia produtiva. O sucesso da produção de tilápias, assim como, qualquer outra espécie depende de grande quantidade de alimento para suprir sua demanda. Sendo a proteína um dos nutrientes de maior custo na alimentação, é importante o conhecimento das exigências nutricionais em proteína, aminoácidos e energia em quantidades ideais para o maior crescimento e melhor condição de saúde do peixe. Esses valores possibilitam a formulação de rações economicamente viáveis com base em nutrientes digestíveis, aumentando o desempenho da espécie e minimizando nutrientes excretados ao meio. O presente estudo teve como objetivo determinar o coeficiente de digestibilidade aparente de nutrientes, energia e aminoácidos de alimentos convencionais e, avaliar a melhor relação e exigência em lisina, proteína e energia para a tilápia do Nilo, utilizando o conceito de proteína ideal para a possível redução nos níveis de proteína nas rações para a espécie.

## **CAPÍTULO I**

### **REVISÃO DE LITERATURA**

## REVISÃO DE LITERATURA

As dietas comerciais para tilápias possuem de 24,0 a 56,0% de proteína bruta, o que implica em elevada participação de ingredientes protéicos, que correspondem a mais de 50,0% de seu custo. O aumento na produtividade requer a utilização de rações balanceadas, pois o alimento natural não é capaz de atender as exigências dos peixes, principalmente quando criados em tanques-rede e *raceways*, onde a produção de elevada biomassa por área e as deficiências ou imbalanços de nutrientes podem acarretar perdas de produtividade e, conseqüentemente, menor retorno econômico.

Rações formuladas com base em proteína bruta ou aminoácidos totais pode não atender as exigências nutricionais para as diferentes espécies. Deficiências ou excessos de aminoácidos interferem na utilização da fração nitrogenada, assim como, no desempenho, na composição química e rendimento de carcaça dos peixes. Dessa forma, a dieta corretamente balanceada, somente será obtida quando conhecermos os coeficientes de digestibilidade aparente de todos os aminoácidos dos ingredientes que a compõe. Para tal, apresenta-se como fundamental a determinação da digestibilidade de aminoácidos dos principais ingredientes utilizados em sua formulação.

Os peixes onívoros possuem adaptações morfológicas e fisiológicas que possibilitam a utilização de dietas com elevadas percentagens de ingredientes vegetais, pois utilizam melhor os carboidratos (Kubarik, 1997) e a proteína (aminoácidos) dessas fontes (Tengjaroenkul et al., 2000), em relação aos peixes carnívoros. Isso possibilita redução no custo com a alimentação (Hanley, 1987; Degani et al., 1997), principalmente com as tilápias (Degani & Revach, 1991), que se destacam dentre as espécies onívoras, na utilização dos aminoácidos das fontes protéicas convencionais e alternativas de origem vegetal (Fagbenro, 1998; Furuya et al., 1999).

Ainda que exista correlação entre o coeficiente de digestibilidade aparente (CDA) da proteína e aminoácidos (Hossain & Jauncey, 1989), é importante determinar a digestibilidade individual dos aminoácidos, pois o CDA da proteína não reflete o CDA de alguns aminoácidos essenciais (Wilson et al., 1981; Masumoto et al., 1996). Os peixes não possuem exigência de proteína, mas de adequado balanceamento de aminoácidos (Wilson 1991; Cowey, 1995), que devem estar presentes em proporções adequadas (Akiyama et al., 1997) e que podem ser obtidas pela combinação de ingredientes ou pela suplementação com aminoácidos cristalinos (Storebakken et al., 2000).

Os alimentos não são idênticos em seu valor nutricional e biológico, por apresentarem aminoácidos com variáveis proporções e disponibilidades (Wilson, 1985). Existem poucas informações sobre os aminoácidos digestíveis dos principais ingredientes utilizados em formulações de ração para peixes, sendo estes valores essenciais na determinação dos aminoácidos mais limitantes e, dessa forma, permitir adequada suplementação de aminoácidos e/ou combinação de ingredientes que atenda a exigência da espécie.

Uma vez estabelecido os coeficientes de digestibilidade dos aminoácidos dos alimentos, a determinação da energia digestível e a relação energia digestível/aminoácido digestível se faz necessária devido a grande capacidade de utilização deste último como fonte de energia pelos peixes (Tacon & Cowey, 1985). Sendo a proteína nas rações seguida da energia os dois componentes de maior custo na alimentação dos peixes, o adequado fornecimento de aminoácidos cuja finalidade esteja voltada para o crescimento muscular (função plástica), assim como o ideal fornecimento de energia para os processos fisiológicos, possibilita a redução de custos com a alimentação e obtenção de melhor desempenho e qualidade de carcaça dos peixes, assim como menor excreção de nutrientes para o meio.

## **1. EXIGÊNCIA NUTRICIONAL**

De acordo com Stickney (1997), cerca de 70,0% dos custos variáveis de produção nos sistemas aquícolas podem ser atribuídos ao alimento consumido pelos peixes. Normalmente esses organismos, após a fase de juvenil, consomem entre 6,0 e 1,5% de seu peso vivo em alimento seco por dia, podendo estes valores serem alterados em função das condições fisiológicas, ambientais, manejo, forma de processamento e qualidade dos alimentos a serem utilizados, o que pode proporcionar valores de conversão alimentar que oscilam entre 1,0:1,0 e 2,5:1,0. Pode-se inferir como bastante elevada a quantidade de ração gasta na unidade de produção (kg de dieta/m<sup>3</sup> de água), para obtenção de fluxo constante de biomassa com peso comercial. Assim, por exemplo, o cultivo de tilápias num sistema intensivo (10 a 20 ton/ha/ano) requer até 50 toneladas de ração/ha/ano (137 kg/ha/dia), enquanto num sistema superintensivo (40 a 100 ton/ha/ano) necessitaria de volume de duas a cinco vezes superior.

Atribui-se o alto custo das rações para a aquíicultura como resultado, principalmente, do preço dos ingredientes protéicos, fontes de gordura e fósforo, além do



custo de processamento. Isso leva a constante busca por ingredientes alternativos que permitam a produção de rações economicamente viáveis para a obtenção de peixes com preços compatíveis ao mercado consumidor. Para cada ingrediente utilizado na formulação de rações, além do valor nutricional determinado por análises proximais, é fundamental considerar as alterações decorrentes da presença de fatores antinutricionais, os quais podem mudar significativamente a disponibilidade dos nutrientes da dieta (Pezzato, 2001).

Em condições normais de produção, os peixes possuem exigências qualitativas diferentes, porém, semelhantes em nutrientes e energia para manutenção e crescimento, quando comparados aos demais animais terrestres. Os peixes possuem a capacidade de utilização do alimento natural proveniente dos meios aquáticos, podendo sua alimentação ser suprida por meio de rações processadas artificialmente, com a possibilidade de inclusão de nutrientes e energia de forma a tender as exigências para o máximo crescimento e melhor condição de saúde, independente do meio em que vivem e da fase de produção.

## **2. EXIGÊNCIA EM PROTEÍNA E AMINOÁCIDOS PARA ALGUMAS ESPÉCIES DE TILÁPIA**

Proteínas desempenham uma variedade de funções essenciais em diferentes organismos, sendo formada por polímeros de  $\alpha$ -aminoácidos. Dentre as diversas funções das proteínas, podemos destacar: catálise de transformação química, transporte, controle metabólico e contração, formação de fibras musculares, função estrutural como constituinte da matriz óssea, componente enzimático, transporte, função protetora como as imunoglobulinas e participação no metabolismo hormonal além de outras funções mais específicas (Devlin, 2003). A partir de todas as funções possíveis de atuação de uma molécula protéica, esta pode estar diretamente relacionada ao estado de saúde do peixe, podendo ser fator principal na manutenção da qualidade de vida e resistência as diversas situações de desafio a que possam ser submetidos.

Os peixes exigem maiores quantidades de proteína dietética se comparado aos outros animais e, de acordo com Pezzato et al. (2004) as rações para peixes devem conter entre 24,0 e 50,0% de proteína bruta, em função da fase de desenvolvimento, do ambiente e da espécie. Essa aparente maior exigência de proteína na dieta é explicada pelo fato do peixe apresentar menor consumo de energia, principalmente por não precisar regular a temperatura corpórea, como no caso de aves e mamíferos e serem capazes de utilizar mais eficientemente a proteína como fonte de energia, uma vez que a excreção dos subprodutos

do metabolismo dos aminoácidos (íon amônio –  $\text{NH}_4^+$  ou amônia não ionizada –  $\text{NH}_3$ ) é feito passivamente pelas brânquias, com reduzido custo energético (Pezzato et al., 2004).

De acordo com Jauncey & Ross (1982) citado por El-Sayed (2002), a quantidade de proteína exigida na dieta para proporcionar o máximo crescimento em peixes é influenciada pela: concentração de energia da dieta; composição em aminoácidos presente na proteína da dieta e sua disponibilidade; estado fisiológico do animal (idade, peso e maturidade) e hábito alimentar; taxa de alimentação; condições ambientais.

Várias pesquisas, com diversas espécies de peixes de clima temperado e tropical, assim como com diferentes hábitos alimentares, foram realizadas nas mais diversas condições experimentais. Diferentes formas para a determinação das exigências em proteína e aminoácidos para a tilápia do Nilo foram empregadas nas pesquisas (Tabelas 1 e 2), sendo a maioria delas realizadas com peixes na fase de larvas ou alevinos e sob diferentes condições alimentares, principalmente quanto à fonte protéica utilizada nas rações. Destacam-se nos estudos realizados, a utilização de fontes protéicas de alta digestibilidade como a caseína, albumina, gelatina, farinha de peixe e o glúten de milho, alimentos estes de alta qualidade. Entretanto, apresentam elevados custos para a produção de rações economicamente viáveis caso sejam utilizados como fontes únicas de proteína.

A tilápia também necessita dos 10 aminoácidos essenciais: arginina, histidina, isoleucina, leucina, lisina, metionina, fenilalanina, treonina, triptofano e valina como apresentado na Tabela 2, sendo o aminoácido lisina o mais limitante nas rações. De maneira semelhante aos demais animais, a deficiência em aminoácidos essenciais provoca a redução na utilização da proteína, retarda o crescimento, diminui o ganho em peso e eficiência alimentar e reduz a resistência a doenças, pelo comprometimento dos mecanismos de reposição imunológica (Pezzato et al., 2004).

Ainda que exista relação entre energia e proteína em rações para peixes (Cho, 1992), estes não possuem exigência verdadeira de proteína, mas sim de adequado balanceamento entre os aminoácidos essenciais e não-essenciais que compõem as rações (Wilson, 1985; Wilson e Poe, 1985). Dentre os aminoácidos essenciais, a lisina está presente em elevada proporção no tecido muscular dos peixes, é exigida em altos níveis na dieta, é o aminoácido mais limitante nos ingredientes utilizados na formulação de rações (Foster & Ogata, 1998) e deve estar presente em quantidades ideais com relação à proteína que compõe a dieta (NRC, 1993).

Tabela 1. Nível ótimo de proteína para o máximo crescimento de espécies de tilápia.

Espécie	PB (%) <sup>1</sup>	Peso (g)	Fonte protéica	CA <sup>2</sup>	Referência
<i>Oreochromis aureus</i>	36,0	0,3-0,5	Farinha de peixe / Farelo de soja	n.d.	Davis & Stickney (1978)
<i>O. aureus</i>	56,0-34,0	Larvas-7,5	Caseína e albumina	2,50-2,80	Winfree & Stickney (1981)
<i>O. mossambicus</i>	40,0	0,5-1,0	Farinha de peixe	1,50	Jauncey (1982)
<i>O. mossambicus</i>	30,0-35,0	6,0-30,0	Farinha de peixe	1,60-1,80	Ross (1982) <sup>3</sup>
<i>O. niloticus</i>	35,0	0,013-26,0	Farinha de peixe	1,8	Santiago et al. (1982) <sup>3</sup>
<i>O. niloticus</i> x <i>O. aureus</i>	30,0-35,0	106,0-156,0	Farinha de peixe + Farelo de soja	n.d.	Viola & Zohar (1984)
<i>O. niloticus</i>	28,0-30,0	Larvas	Farinha de peixe	n.d.	De Silva & Perera (1985)
<i>O. niloticus</i>	30,0	3,5-10,0	Caseína	0,85	Wang et al. (1985)
<i>O. niloticus</i>	25,0	9-17	Caseína	0,80	Wang et al. (1985)
<i>O. niloticus</i>	30,0-40,0	0,8-40,0	Farinha de peixe	1,72-1,89	Siddiqui et al. (1988)
<i>O. niloticus</i> x <i>O. aureus</i>	24	3,0-8,0	Farinha de peixe	1,42	Shiau & Haung (1989)
<i>O. niloticus</i>	45,0	0,012	Farinha de peixe	1,10	El-Sayed & Teshima (1992)
<i>O. niloticus</i>	40,0	0,51	Farelo de soja + Farinha de peixe	1,54	Hafedh (1999)
<i>O. niloticus</i>	30,0	96,0-264,0	Farelo de soja + Farinha de peixe	1,52-0,89	Hafedh (1999)
<i>O. niloticus</i>	35-40	35,0	Caseína + Gelatina	1,11	Abdelghany (2000)
<i>O. niloticus</i>	40,0	12,0	Farinha de Peixe + Glúten milho	1,00	El-Sayed (2002)
<i>O. mossambicus</i> x <i>O. hornorum</i>	32,0	12,0	Farinha de Peixe + Glúten milho	1,26	El-Sayed (2002)
<i>O. niloticus</i> x <i>O. mossambicus</i> x <i>O. hornorum</i>	32,0	12,0	Farinha de Peixe + Glúten milho	1,47	El-Sayed (2002)
<i>O. niloticus</i>	20,0 28,0	60,0-427	F. peixe / Silagem peixe / F. soja	1,31-1,31	Assano (2004)
<i>O. niloticus</i>	27,5 (PD)	125,0	Farelo de soja	1,24	Furuya (2005)

<sup>1</sup>PB = proteína bruta, <sup>2</sup>CA= conversão alimentar, <sup>3</sup>Citado por El-Sayed 2002; n.d.: não determinado.

Tabela 2. Exigência em aminoácidos essenciais (AEE) para diferentes espécies de tilápia (% da PB).

AAE	<i>O. niloticus</i> <sup>1</sup>	<i>O. niloticus</i> <sup>2</sup>	<i>O. mossambicus</i> <sup>3</sup>	<i>O. mossambicus</i> <sup>4</sup>
Arginina	4,20	7,94	2,80	2,20
Histidina	1,72	2,29	1,10	2,20
Isoleucina	3,11	3,71	2,00	2,40
Leucina	3,39	7,00	3,00	2,80
Lisina	5,12	5,30	3,80	2,90
Metionina	2,68	1,90	1,00	1,50
Fenilalanina	3,75	3,81	2,50	1,70
Treonina	3,75	3,40	2,90	1,80
Triptofano	1,00	1,19	0,40	1,30
Valina	2,80	5,23	2,20	1,90

<sup>1</sup>NRC (1993), <sup>2</sup>Furuya et al. (2004) valor expresso em relação á proteína digestível, <sup>3</sup>Jauncey et al. (1983), <sup>4</sup>Gaber (1994); <sup>3,4</sup>citados por EL-Sayed (2002),

De acordo com Steffens (1989), níveis deficientes em lisina nas rações de truta arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*) causam principalmente depressão na formação do colágeno. As fontes de proteína utilizadas nas rações de peixes devem conter níveis adequados de lisina para cada espécie, caso contrário esta deverá ser suplementada (Pezzato et al., 2004), uma vez que, níveis adequados de lisina melhoram consideravelmente a taxa de sobrevivência e crescimento dos peixes, além de prevenir mortes por erosões na nadadeira caudal e deformações nas nadadeiras dorsal, peitoral e ventral (Halver, 1989).

### 3. PROTEÍNA IDEAL

A proteína ideal é conceituada como o balanceamento exato de aminoácidos, de forma a atender as exigências de todos para manutenção e/ou produção, por meio da proposta de que cada aminoácido essencial seja expresso em relação a um aminoácido de referência, a lisina. A lisina é utilizada como referência por ser economicamente encontrada na forma sintética, pelo número de informações sobre suas exigências, pelo baixo custo e rapidez da sua análise e por ser utilizada exclusivamente para a síntese de proteína corporal (Mack, 1998).

Esse conceito foi aplicado inicialmente para suínos, uma vez que, as exigências quantitativas de aminoácidos são constantemente alteradas em função do melhoramento genético, além de ser difícil a obtenção de exigência de todos os aminoácidos com experimentos de dose-resposta (Wang & Fuller, 1989). Por outro lado, o perfil de proteína ideal pode ser adaptado a uma variedade de situações, pois ainda que, as exigências absolutas de certos aminoácidos possam mudar por diversas razões, as proporções permanecem estáveis.

A elevada correlação entre os aminoácidos da carcaça com as exigências de diversas espécies foi verificada por Akiyama et al. (1997). Wilson (1991) apresentou inicialmente os aminoácidos essenciais da carcaça do bagre do canal (*Ictalurus punctatus*) com base no perfil de proteína ideal, sugerindo sua aplicação para elaboração de dietas precisas de mínimo custo. Sendo a exigência nutricional em proteína das diferentes espécies de peixes baseada no perfil ideal de aminoácidos, se faz necessário a determinação da digestibilidade dos aminoácidos essenciais e não essenciais dos diferentes alimentos, de modo a aumentar a eficiência alimentar e a retenção de proteína na carcaça.

A digestibilidade tem sido amplamente utilizada para avaliar o valor nutricional de ingredientes e rações, uma vez que, um alimento pode apresentar elevado conteúdo de um nutriente, mas apresentar baixa digestibilidade. Os trabalhos têm demonstrado grande variação na eficiência de utilização entre as espécies e fonte de nutrientes, sendo que, de forma geral, os peixes não-carnívoros têm expressado maior eficiência na utilização da proteína dos subprodutos da extração do óleo (Degani et al., 1997), enquanto a disponibilidade do fósforo tem sido próxima àquela obtida para aves e suínos.

Menores valores de proteína digestível dos alimentos de origem vegetal, em relação aos de origem animal, foram encontrados por Hajen et al. (1993), em pesquisa com o salmão (*Oncorhynchus tshawytscha*). Isso foi atribuído aos fatores antinutricionais, palatabilidade e deficiência de minerais e aminoácidos, sendo esses fatores em parte solucionados por meio de novas tecnologias de processamento e inclusão de ingredientes suplementares.

Entre as espécies de água doce e de hábito alimentar onívoro, as tilápias têm se destacado pela elevada capacidade de digestão e utilização da energia e proteína dos alimentos de origem vegetal e animal, superando a carpa comum (*Cyprinus carpio*) e o bagre (*Clarias gariepinus*). Isso está relacionado com as vantagens fisiológicas e morfológicas (Hughes, 1993; Kubarik, 1997), fato que também foi comprovado por Hanley (1987) e Degani e Revach (1991), com a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), em

estudos visando determinar a digestibilidade de nutrientes e a energia digestível de vários ingredientes de origem vegetal e animal. Esses autores também observaram que a digestibilidade da proteína do farelo de soja foi superior ao da farinha de peixe, fato que não foi observado para a digestibilidade da energia e disponibilidade do fósforo, que foram mais elevadas para a farinha de peixe.

Furuya et al. (2004) realizaram estudo de 85 dias com alevinos de tilápia do Nilo com peso inicial médio de 5,34 g, para avaliar os efeitos da substituição total da farinha de peixe por farelo de soja. Foram elaboradas cinco dietas com 30,0% de proteína digestível, em que na dieta controle, a farinha de peixe foi substituída por farelo de soja, com ou sem suplementação de aminoácidos essenciais (AAE) ou fosfato bicálcico. Os aminoácidos suplementados (lisina, metionina e treonina) foram adicionados de forma a atender o perfil de aminoácidos da carcaça, baseado no conceito de proteína ideal. Os resultados demonstraram que a múltipla suplementação de AAE e fosfato bicálcico foi associada com a melhora no desempenho, rendimento e composição da carcaça, resultados similares aos obtidos com a dieta controle. Os resultados deste estudo sugerem que em dietas formuladas somente com base em proteína de origem vegetal, suplementada com AAE, baseada no padrão de aminoácidos corporal (proteína ideal), pode substituir a farinha de peixe em dietas para a tilápia do Nilo, sem efeito adverso sobre o desempenho, rendimento e composição química da carcaça.

Portz (2001) avaliando a utilização de diferentes fontes protéicas em dietas formuladas com base no perfil de proteína ideal para o “black bass” (*Micropterus salmoides*) determinou que suas exigências em aminoácidos mostraram-se similares às do surubim (*Pseudoplatystoma corruscans*), porém diferentes das apresentadas para a tilápia do Nilo. Concluiu ainda, que o farelo de soja e o glúten de milho podem ser utilizados como substitutos parciais das fontes protéicas de origem animal nas dietas formuladas para o “black bass” (*Micropterus salmoides*)

Poucos trabalhos têm objetivado determinar a digestibilidade dos aminoácidos para peixes. Destacam-se os de Wilson et al. (1981) e Hossain e Jauncey (1989), que determinaram a digestibilidade aparente dos aminoácidos de alguns alimentos energéticos e protéicos para o bagre do canal e carpa comum, respectivamente. Segundo os autores, embora exista razoável relação entre os valores de digestibilidade aparente da proteína e dos aminoácidos, é importante obter a digestibilidade individual dos aminoácidos, uma vez que, é variável para alguns aminoácidos essenciais.

Em trabalho realizado com “Yellowtail” (*Seriola quinqueradiata*), Masumoto et al. (1996), não observaram diferenças significativas entre os valores de proteína e aminoácidos essenciais digestíveis da caseína, farinha de peixe, farinha de carne, glúten de milho, concentrado protéico de soja e farelo de soja integral. Por outro lado, a digestibilidade da lisina e treonina do farelo de soja, de 91,20 e 83,00%, respectivamente, não refletiu o valor da digestibilidade da proteína (87,30%), indicando que a utilização do valor de digestibilidade da proteína para estimar a digestibilidade dos aminoácidos pode superestimar ou subestimar o valor biológico de alguns aminoácidos.

Anderson et al. (1992), em estudo com salmão (*Salmo salar*), obtiveram baixos valores de digestibilidade para os aminoácidos do farelo de soja (56,80%) em relação à farinha de peixe (81,95%). A baixa digestibilidade dos aminoácidos do farelo de soja foi associada à presença de fatores antinutricionais e pelo balanceamento de aminoácidos dessa fonte. A ação negativa dos inibidores de tripsina sobre o aproveitamento dos aminoácidos também foi encontrada por Krogdahl et al. (1994), com a truta arco-íris, que observaram redução linear na digestibilidade de aminoácidos com o aumento nos níveis de inibidores de tripsina na dieta.

Em conjunto à determinação da digestibilidade aparente de aminoácidos, outras metodologias auxiliares podem ser utilizadas para obter o valor biológico de um ingrediente. Entre elas, destaca-se a relação entre aminoácidos essenciais / aminoácidos não essenciais, descritas por Akiyama e Arai (1991) e a relação entre o nível de cada aminoácido essencial / total de aminoácidos essenciais, descrita por Akiyama et al. (1997).

A determinação dos coeficientes de digestibilidade dos aminoácidos se faz necessário ainda, devido ao melhor uso destes em relação ao aminoácido livre como apresentado no estudo de Zarate & Lovell (1997), os quais observaram, que a lisina ligada à proteína do farelo de soja foi melhor utilizada quando comparada a lisina livre (L-lisina – HCL). Outros trabalhos nessa mesma linha de pesquisa foram realizados objetivando avaliar a suplementação de aminoácidos livres (L-lisina e DL-metionina) em dietas para peixes (Zarate & Lovell, 1997; Shiao & Shi, 1998; Webster et al., 2000), e os resultados apresentados mostram que as melhores respostas conseguidas com as diferentes espécies estão mais relacionadas ao adequado fornecimento de aminoácidos exigidos, assim como, suas relações com outros aminoácidos do que simplesmente com o seu uso isoladamente.

A formulação de ração com base em proteína bruta, geralmente resulta em excesso de aminoácidos em relação às exigências (Zaviezo, 1998). Assim, para formulação de dietas balanceadas, torna-se importante à determinação da digestibilidade dos aminoácidos

dos principais ingredientes, assim como, estudos quanto as relações entre os aminoácidos e o total de proteína exigido para cada espécie.

#### **4. ENERGIA E RELAÇÃO ENERGIA / PROTEÍNA**

A energia proveniente da oxidação de componentes orgânicos do alimento consumido, ou das reservas corporais de proteína, gorduras e glicogênio (Smith, 1989; Kaushik & Medale, 1994;), é de fundamental importância para a realização das funções bioquímicas, formação de novos tecidos, manutenção do balanço osmótico e muitas outras ações fisiológicas necessária para a manutenção da vida (Sampaio, 1998).

Os altos teores de proteína exigidos nas dietas são geralmente atribuídos ao seu hábito alimentar (carnívoro ou onívoro), bem como a característica de utilizarem produtos do catabolismo de proteína, ao invés dos carboidratos como principal fonte de energia dietética (Tacon & Cowey, 1985). Deste modo, muitos dos experimentos objetivando avaliar as exigências em proteína, poderiam estar superestimando os valores encontrados, sendo o excesso de aminoácidos da dieta não utilizados como alimento plástico (crescimento muscular), mas sim catabolizado, e usado como fonte de energia pelos peixes encarecendo o custo da alimentação (Wilson, 1989; Lovell, 1989). Adicionalmente ocorre aumento na excreção de amônia para o meio, produzindo efluente com maior potencial poluente (Kaushik & Oliva-Teles, 1986).

Segundo Brandt (1991), dentre os principais fatores que possam influenciar a exigência protéica dos peixes estão, qualidade da proteína, energia dietética não protéica (carboidratos e lipídios) e a relação energia proteína. Cho (1992) destaca que a concentração ótima de proteína em rações para peixes está condicionada pelo correto balanço entre energia digestível (ED) e proteína bruta (PB). Atualmente, grande parte das formulações de rações para peixes são feitas com base em energia bruta e proteína bruta ou por meio de valores digestíveis, porém calculados. Esses valores brutos levam a erros quanto ao fornecimento de nutrientes em quantidades exatas, não possibilitando a formulação de rações com balanços de nutrientes em quantidades ideais.

Um excesso de energia não protéica, como resultado da formulação de rações com alta relação ED/PB, pode levar a inibição da ingestão voluntária (Page & Andrews, 1973) antes que haja o consumo da quantidade suficiente de aminoácidos, prejudicando a utilização de outros nutrientes, já que os níveis de ingestão são determinados fundamentalmente, pela energia total disponível na dieta (Colin et al., 1993). Por outro



lado, ração deficiente em energia com relação à proteína, resulta em redução na taxa de crescimento e a ingestão alta de energia, leva ao maior acúmulo de gordura corporal (NRC, 1993), produzindo peixes com alto teor de gordura, característica esta não desejável para o pescado criado em confinamento.

Lee & Putnam (1973), em estudo com trutas, observaram alta regulação do consumo de alimento pelo conteúdo calórico da ração e também que a utilização da proteína e a taxa de retenção protéica aumentaram com os maiores níveis de amido na ração, indicando efeito economizador da proteína pelo amido, característica essa recomendada, haja vista que seria mais econômico para a produção de peixes (Sampaio, 1998). Estes autores relataram ainda que houve aumento dos níveis de gordura corporal a medida que se aumentavam os níveis de gordura da dieta, enquanto o inverso ocorreu em relação à proteína corporal.

Segundo Lovell (1984) a quantidade ótima de energia metabolizável por grama de proteína em rações para peixes varia entre 6,0 a 8,0 kcal. No entanto, quando se trabalha com energia digestível os valores aumentam, conforme verificado por Garling & Wilson (1976) com brage do canal, em que encontraram melhores valores com a relação ED:PB de 11,4. Relações semelhantes foram observadas para a tilápia do Nilo e para a tilápia azul (*O.aureus*) quando os valores encontrados foram 9,4kcal/g de proteína digestível e 9,7 kcal/g de proteína bruta para as duas espécies, respectivamente (Winfree & Stickney, 1981; NRC, 1993), mostrando assim as diferenças quanto à forma de avaliação em relação à disponibilidade do nutriente.

Samantaray & Mohanty (1997) relataram que nem sempre altos níveis protéicos resultam em melhor desempenho dos peixes. Estes mesmos autores, afirmaram que a melhor relação energia / proteína (ED/PB) e máximo crescimento são 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.

Estudos nas mais diversas condições e formas de formulações de rações quanto à disponibilidade dos nutrientes, foram realizados com o objetivo de avaliar os efeitos de diferentes relações energia / proteína, em rações para peixes, estando os valores compreendidos entre 6,9 – 14,256 kcal ED/g proteína bruta (PB) ou proteína digestível (PD). Dentre eles podemos destacar os trabalhos de Garling & Wilson (1976) com brage do canal em que obtiveram melhores respostas com a relação ED/PB de 11,4 kcal/g; Takeuchi et al. (1979) com carpa comum e relação ED/PD de 9,3 kcal/g; Ding (1991) com

carpa capim e relação ED/PB de 10,0 kcal/g; Burtle (1990) com bagre do canal e relação ED/PB de 11,2 á 11,6 kcal/g; Sampaio (1998) com tucunaré (*Ciclha sp*) e relação ED/PB de 8,0 kcal/g; Portz (2000) com “black bass” e relação ED/PB de 7,8 a 8,8; Sá (2002) com piracanjuba (*Brycon orbignyanus*) e relação EM/PB de 10,4 kcal/g.

Apesar dos vários estudos realizados, é difícil se interpretar qual a melhor relação energia / proteína, uma vez que, a forma de avaliação é diferente em cada estudo, sendo essas diferenças relacionadas à espécie, hábito alimentar, peso dos peixes, ingredientes, forma de apresentação dos nutrientes (bruto, digestível, metabolizável) e outros. Na Tabela 3 estão apresentados valores de níveis recomendados de proteína e energia, assim como suas relações para algumas espécies de tilápia.

Por meio do melhor conhecimento dos níveis de energia digestível, aminoácidos digestíveis a serem utilizados nas rações para peixes, assim como, a sua relação, seria possível a redução no custo de produção com a redução do preço das rações utilizadas comercialmente, permitindo produção sustentável de tilápias, com menor descarga de nitrogênio para o meio aquático (Silva et al., 1989).

Desta forma, é fundamental a determinação da exigência em energia digestível para uma dada espécie, bem como da proteína digestível com base no conceito de proteína ideal em rações para a alimentação de peixes.

Tabela 3. Relação energia/proteína (E/P) em rações para diferentes espécies de tilápia.

Espécie	Peso (g)	PB <sup>1</sup> (%)	Energia (kcal)	Relação E / P (kcal/g proteína)	Autores
<i>T. zillii</i>	1,4-1,8	35,0	EB <sup>2</sup>	10,44	Mazid et al. (1979)
<i>S.aureus</i>	2,5-7,5	34,0	ED <sup>3</sup>	9,22	Winfrey & Stickney (1981)
<i>S. mossambicus</i>	0,5-1,0	40,0	EM <sup>4</sup>	8,54	Jauncey (1982)
<i>T. niloticus</i>	6,0-9,0	29,0	EB	15,46	Wang et al. (1985)
T. híbrida	1,2	30,0-35,0	EB	11,57	Shiau et al. (1987)
<i>O. niloticus</i>	14,0	30,0	EB	13,3	Yong et al. (1989)
<i>O. niloticus</i>	0,1	45,0	EB	14,25	EL-Sayed & Teshima (1992)
<i>O. niloticus</i>	50,0	30,0	ED	10,30	NRC (1993)

<sup>1</sup>PB = proteína bruta; <sup>2</sup>EB = Energia bruta; <sup>3</sup>ED = Energia digestível; <sup>4</sup>EM = Energia metabolizável.

## LITERATURA CITADA

- ABDELGHANY, A. E., 2000. Optimum dietary protein requirements for *Oreochromis niloticus* L. fry using formulated semi-purified diets. Proceedin from the Fifth International Symposium on Tilapia Aquaculture, Rio de Janeiro – RJ, Brasil 1, p.101-108.
- AKIYAMA, T.; OOHARA, I.; YAMAMOTO, T. Comparison of essential amino acid requirements with A/E among fish species (review paper). **Fisheries Science**, v.63, n.6, p.963-970, 1997.
- ANDERSON, J.S.; LALL, S.P.; ANDERSON, D.M.; CHANDRASOMA, J. Apparent and true availability of amino acids from common feed ingredients for Atlantic salmon (*Salmo salar*) reared in sea water. **Aquaculture**, v.108, p.111-114, 1992.
- ASSANO, M. **Utilização de dieferentes fontes e níveis de proteína no crescimento da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*)**. Jaboticabal: Universidade Estadual Paulista, 2004. 34p. Dissertação (Mestrado em Aquicultura) – Universidade Estadual Paulista, 2004.
- BRANDT, T.M. Temperate basses, *Morone* spp., and black basses, *Micropterus* spp. In: Wilson, R.P. (Ed.). **Handbook of nutrient requirements of finfish**. Boston: CRC Press, Inc. 1991. p.163-166.
- BURTLE, G.J. Body composition of farm-raised catfish can be controlled by attention to nutrition. **Feedstuffs**, v.62, n.5, p.68-71, 1990.
- CHO, C.Y. Feeding for rainbow trout and other salmonids, with reference to current estimates of energy and protein requirement. **Aquaculture**, v.100, p.107-123, 1992.
- COLIN, B.; COWEY, C.B.; YOUNG, D.C. et al. **Nutrition requirement of fish**. Proceedings of the Nutrition Society, v. 52, p.417-426, 1993.
- COWEY, C.B. Intermediary metabolism in fish with reference to output of end products of nitrogen and phosphorus. **Water Science and Technology**, v. 31, n.10, p.21-28, 1995.
- DAVIS, A.T.; STICKNEY, R.R. Growth responses of *Tilapia aurea* to dietary protein quality and quantity. **Trans. Am. Fish Society**, v.107, p.479-483, 1978.
- DE SILVA, S.S.; PERERA, M.K. Effects of dietary protein level on growth, food conversion, and protein use in young *Tilapia nilotica* at four salinities. **Trans. Am. Fish Society**, v.114, p.584-589, 1985.

- DEGANI, G.; REVACH, A. Digestive capabilities of three commensal fish species: carp, *Cyprinus carpio* L., tilápia, *Oreochromis aureus* x *O. niloticus*, and African catfish, *Clarias gariepinus* (Burchell, 1882). **Aquaculture and Fisheries Management**, v.22, p.397-403, 1991.
- DEGANI, G.; VIOLA, S.; YEHUDA, Y. Apparent digestibility of protein and carbohydrate in feed ingredients for adult tilapia (*Oreochromis aureus* x *O. niloticus*). **The Israeli Journal of Aquaculture - Bamidgeh**, v.49, n.3, p.115-123, 1997.
- DING, L. Grass carp, *Ctenopharyngodon idella*. 1991. In: Wilson, R.P. (Ed.) **Handbook of nutrient requirements of finfish**. Boca Raton: CRC Press. P.89-96.
- DEVLIN, T.M. **Manual de Bioquímica com Correlações Clínicas**. 5.ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2003. 1084p.
- EL-SAYED, A.F.M.; TESHIMA, S. Protein and energy requirements of Nile Tilapia *Oreochromis niloticus*, fry. **Aquaculture**, v.103, p.55-63, 1992.
- EL-SAYED, A.M. **Study to determine maximum growth capacity and amino acid requirements of Tilapia genotypes**. Göttingen, Germany. 2002. 106p. Dissertation Doctoral. Faculty of Agricultural Sciences, 2002.
- EL-SAYED, A.M.; TESHIMA, S. Tilapia nutrition in aquaculture. **Reviews in Aquatic Sciences**, v.5, p.247,265, 1991.
- FAGBENRO, O. Apparent digestibility of various legumes seed meals in Nile tilapia diets. **Aquaculture International**, v.6, p.83-87, 1998.
- FOSTER, I.; OGATA, H. Lysine requirement of juvenile sea flounder *Paralichthys olivaceus* and juvenile red sea bream *Pargus major*. **Aquaculture**, v.161, p.131-142, 1998.
- FURUYA, W.M.; BOTARO, D.; MACEDO, R.M.G. et al. Aplicação do conceito de proteína ideal para redução dos níveis de proteína em dietas para tilápia do Nilo. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.34, n.5, p.1433-1441, 2005.
- FURUYA, W.M.; PEZZATO, L.E.; BARROS, M.M. et al. Use of ideal protein concept for precision formulation of amino acid levels in fish-meal-free diets for juvenile Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.). **Aquaculture Research**, v. 35, p. 1110-1116, 2004.
- FURUYA, W.M.; PEZZATO, L.E.; FURUYA, V.R.B. et al. Digestibilidade aparente da proteína e aminoácidos do farelo de canola pela tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus*. In: ACUICULTURA VENEZUELA, 1999. **Anais...** Puerto La Cruz: WAS/LAC, 1999, p. 206-217.

- GARLING, JR. D.L.; WILSON, R.P. Optimum dietary protein to energy ratio for channel catfish fingerlings, *Ictalurus punctatus*. **Journal of Nutrition**, v.106, p.1368-1375, 1976.
- HAFEDH, Y.S.AI. Effects of dietary protein on growth and body composition of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* L. **Aquaculture Research**, v.30, p.385-393, 1999.
- HAJEN, W.E.; HIGGS, D.A.; BEAMES, R.M. et al. Digestibility of various feedstuffs by post-juvenile chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*) in sea water. 2. Measurement of digestibility. **Aquaculture**, v.112, p.333-348, 1993.
- HALVER, J.E. **Fish Nutrition**. School of Fisheries, University of Washington, Seattle, Washington. ACADEMIC PRESS, INC, San Diego, New York.
- HANLEY, F. The digestibility of foodstuffs in the effects of feeding selectivity on digestibility determination in tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.). **Aquaculture**, v.66, p.163-179, 1987.
- 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**, v.83, p.59-72, 1989.
- HUGHES, S.G. All-vegetable protein feeds. **Feed International**, v.14, p.55-60, 1993.
- JAUNCEY, K. The effects of varying dietary protein levels on the growth, food conversion, protein utilization and body composition of juvenile Tilapias (*Sarotherodon mossambicus*). **Aquaculture**, v. 27, p. 43-54, 1982.
- KAUSHIK, S.J.; MÉDALE, F. Energy requirement, utilization and dietary supply to salmonids, **Aquaculture**, v.124, p.81-97, 1994.
- KAUSHIK, S.J.; OLIVA-TELES, A. Effect of digestible energy on nitrogen and energy balance in rainbow trout. **Aquaculture**, v.50, p.89-101, 1986.
- KROGDAHL, A.; LEA, T.B.; OLLI, J.J. Soybean proteinase inhibitors effect intestinal tripsyn activities and amino acid digestibilities in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Compendium Biochemistry Physiology**, v.107, n.1, p.215-219, 1994.
- KUBARIK, J. Tilapia on highly flexible diets. **Feed International**, v.6, p.16-18, 1997.
- LEE, D.J.; PUTMAM, G.B. The response of rainbow trout to varying protein energy ratios in a test diet. **Journal of Nutrition**, v.103, n.11, p.916-922, 1973.
- LOVELL, R.T. Weight gain versus protein gain for evaluating fish feeds. **Aquaculture Magazine**, v.12, p.45-47, 1984.
- LOVELL, T. **Nutrition and feeding of fish**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1989. p.11-18.

- MACK, S. Amino acids in broiler nutrition- requirements and interrelations. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE NUTRIÇÃO DE AVES, 1998, Campinas: **Anais...** Campinas, São Paulo, Brasil, 1998. p. 69-86.
- MASUMOTO, T.; RUCHIMAT, T.; ITO, Y. et al. Amino acid availability values for several protein sources for yellowtail (*Seriola quinqueradiata*). **Aquaculture**, v.146, p.109-119, 1996.
- MAZID, M.A.; TANAKA, Y.; KATAYAMA, T. et al. Metabolismo de amino acids in aquatic animals. 3. Indispensable amino acids for *Tilapia zillii*. **Bull. Japanese Society Fish**, v.44, p.739-742, 1979.
- NRC (National Research Council), Nutrient requirement of fish. National Academy Press, Washington, DC. 1993. 114p.
- PAGE, J.W.; ANDREWS, J.W. Interaction of dietary levels of protein and energy on channel catfish (*Ictalurus punctatus*), **Journal of Nutrition**, v.103, p.1339-1346, 1973.
- PEZZATO, L.E. **Digestibilidade em peixes**. Botucatu, 2001. 82p. Tese (Livre Docência) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista, 2001.
- PEZZATO, L.E.; BARROS, M.M.; FRACALOSSI, D.M. et al. Nutrição de peixes. In: CYRINO, J.E.P.; URBINATI, E.C.; FRACALOSSI, D. M.; CASTAGNOLLI, N. **Tópicos especiais em piscicultura de água doce tropical intensiva**. São Paulo: Tecart, 2004. p.75-169.
- PORTZ, L. **Utilização de diferentes fontes protéicas em dietas formuladas pelo conceito de proteína ideal para o “black bass” (*Micropterus salmoides*)**. Piracicaba, 2001 (Tese de Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2001.
- SÁ, M.V.C.; FRACALOSSI, D.M. Exigência protéica e relação energia/proteína para alevinos de piracanjuba (*Brycon orbignyanus*), **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v.31, n1, p.1-10, 2002.
- SAMATARY, K.; MOHANTY, S.S. Interactions of dietary levels of protein and energy on fingerling snakehead, *Channa striata*, **Aquaculture**, v.156, p.241-249, 1997.
- SAMPAIO, A.M.B.M. **Relação energia proteína na nutrição do tucunaré (*Cichla sp.*)**. Piracicaba, 1998 (Dissertação de mestrado em agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1998.

- SHIAU, S.-Y.; CHUANG, J.L.; SUN, C.-L. Inclusion Of soybean meal in Tilapia (*O. niloticus* x *O. aureus*) diets at to protein levels. **Aquaculture**, v.65, p.251-261, 1987.
- SHIAU, S.-Y.; HUANG, S.-L. Optimal dietary protein level for hybrid Tilapia (*Oreochromis niloticus* x *O. aureus*) reared in seawater. **Aquaculture**, v.81, p.119-127, 1989.
- SHIAU, S.Y.; SHY, S.M. Dietary chromic oxide inclusion level required to maximize glucose utilization in hybrid tilapia, *Oreochromis niloticus* X *O. aureus*. **Aquaculture**, v.161, p.357-364, 1998.
- SIDDIQUI, A.Q.; HOWLADER, M.S.; ADAM, E.B. Effects of dietary protein levels on growth, feed conversion and protein utilization in fry and young Nile Tilapia, *Oreochromis niloticus*. **Aquaculture**, v.70, p.63-73, 1988.
- SILVA, S.S.; GUNASEKARA, R.M.; ATAPATU, D. The dietary protein requirements of young tilapia and evaluation of the least cost of dietary protein levels. **Aquaculture**, v.80, p.271-284, 1989.
- SMITH, R.R. Nutritional energetics. In: Halver, J. (Ed.) **Fish Nutrition**. Washington: Academic Press, 1989, p.1-29.
- STATISTICAL ANALYSIS SYSTEMS INSTITUTE. *Use's guide, version 6*. 4 ed., Cary: SAS®/STAT, SAS Institute, 1995. 365p.
- STEFFENS, W. 1989. **Principles of Fish Nutrition**. Ellis Horwood Series Aquaculture and Fisheries Support. Halsted Press, John Wiley & Sons. New York, NY, USA.
- STICKNEY, R.R. 1997. Tilapia nutrition, feeds and feeding. In: COSTA-PIERCE, B.A., RAKOCY, J.E. (Ed.). **Tilapia aquaculture in the Americas**. Louisiana: World Aquaculture Society, 1997. 258p.
- STOREBAKKEN, T.; SHEARER, K.D.; BAEVERFJORD, G. et al. Digestibility of macronutrients, energy and amino acids, absorption of elements and absence of intestinal enteritis in Atlantic salmon, *Salmo salar*, fed diets with wheat gluten. **Aquaculture**, v.184, p.115-132, 2000.
- TACON, A.G.J.; COWEY, C.B. Protein and amino acid requirement. In: Tytler, P.; Calow, P. **Fish Energetics: new perspectives**. London: Croom Helm, 1985. p.155-193.
- TAKEUCHI, T.; WATANABE, T.; OGINO, C. Optimum ratio of dietary energy to protein for carpa. **Bulletin Japanese Science Fish**, v. 45, p.983-987, 1979.

- TENGJAROENKUL, B.; SMITH, B.J.; CACECI, T. et al. Distribution of intestinal enzyme activities along the intestinal tract of cultured Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* L. **Aquaculture**, v.182, p.317-327, 2000.
- VIOLA, S.; ZOHAR, G. Nutrition studies with market size hybrids of tilapia (*Oreochromis niloticus*) in intensive culture. 3. Protein levels sources. *Bamidgeh*, v.36, p.3-15, 1984.
- WANG, K. W.; TAKEUCHI, T.; WATANABE, T. Effect of dietary protein levels on growth of *Tilapia nilotica*. **Bulletin Japanese Society Science Fish**. V.51, p.133-140, 1985.
- WANG, T.C.; FULLER, M.F. The optimum dietary amino acid pattern for growing pigs. 1. Experiments by amino acid deletion. **British Journal Nutrition**, v.62, p.77-89, 1989.
- WARREHAM, C.N., WISEMAN, J., COLE, D.J.A. 1994. Processing and antinutritive factors in feedstuffs. In: Cole, D.J.A., Varley, M.A. *Principles of pig sciences*. Nottingham, 427p.
- WBESTER, C.D.; THOMPSON, K.R.; MORGAN, A.M.; et al. Use de hempseed meal, poultry by-product meal, and canola meal in practical diets without fish meal for sunshine bass (*Morone chrysops x M. saxatilis*). **Aquaculture**, v.188, p.299-309, 2000.
- WILSON, R.P. Amino acid and protein requirements of fish. In: El-Sayed e Teshima, C.B.; Mackie, A.M.; Bell, J.G. **Nutrition and feeding of fish**. Academic Press, London, 1985. p.1-16.
- WILSON, R.P. Amino acid nutrition of fish: a new method of estimating requirement values. In: US JAPAN SYMPOSIUM ON AQUACULTURE NUTRITION, 20, 1991, Newport. **Proceedings...** Hatfield Marine Science Center, Newport, Oregon. 1991. p.49-54.
- WILSON, R.P. Amino acids and proteins. In: Halver, J,E (Ed). **Fish Nutrition**. London: Academic Press, 1989. cap.3, p.111-151.
- WILSON, R.P.; POE, W.E. Relationship of whole and egg essential amino acid patterns to amino acid requirement patterns in channel catfish (*Ictalurus punctatus*). **Compendium Biochemistry Physiology**, v.80B, p.385-388, 1985.
- WILSON, R.P.; ROBINSON, E.H., POE, W.E. Apparent and true availability of amino acids from common feed ingredients for channel catfish. **Journal Nutrition**, v.111, p.923-929, 1981.



- 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**, v.111, p.1001-1012, 1981.
- YONG, WEN-YUE; TAKEUCHI, T.; WATANABE, T. Relationship between digestible energy contents and optimum energy to protein ratio in *Oreochromis niloticus* diet. **Bulletin Japanese Science Fish**, v.55, p.869-873, 1989.
- ZARATE, D.D.; LOVELL, R.T. Free lysine (L-lysine, HCL) is utilized for growth less efficiently than protein-bound lysine (soybean meal) in practical diets by young channel catfish (*Ictalurus punctatus*). **Aquaculture**, v.159, p.87-100, 1997.
- ZAVIEZO, D. Nutrición proteica de las aves: de proteína cruda a proteína ideal. **Alimentos Balanceados para Animales**, v.4, p.16-19, 1998.
- ZIMMERMANN, S; FITZSIMMONS, K. Tilapicultura intensiva. In: CYRINO, J.E.P.; URBINATI, E.C.; FRACALLOSSI, D. M.; CASTAGNOLLI, N. **Tópicos especiais em piscicultura de água doce tropical intensiva**. São Paulo: Tecart, 2004. p.239-266.

## **CAPÍTULO II**

### **NUTRIENTES DIGESTÍVEIS DE ALIMENTOS PARA A TILÁPIA DO NILO**

## Nutrientes digestíveis de alimentos para a tilápia do Nilo

Resumo - A utilização de alimentos protéicos e energéticos de alta digestibilidade torna-se cada vez mais necessário em função da qualidade das rações formuladas, respostas zootécnicas e relação com meio ambiente. O coeficiente de digestibilidade aparente (CDA) da matéria seca, proteína, energia, fósforo e aminoácidos essenciais e não-essenciais do amido de milho, milho, farelo de trigo, quirera de arroz, farelo de soja, farelo de algodão, glúten de milho e farinha de peixe foram determinados para a tilápia do Nilo. Para a determinação do CDA foi utilizada uma dieta referência a base de albumina, gelatina e amido de milho, com o indicador inerte óxido de cromo III ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ), sendo cada dieta teste composta por 70,0% da ração referência e 30% do alimento avaliado. As fezes foram coletadas em grupos de cinco repetições para cada alimento. Os valores de CDA para a proteína e a média do CDA dos aminoácidos foram: milho 89,76 e 96,43%, quirera de arroz 95,88 e 92,26%, farelo de trigo 93,54 e 84,41%, farinha de peixe 82,59 e 86,36%, glúten de milho 89,82 e 87,98%, farelo de soja 94,13 e 91,93%, farelo de algodão 87,10 e 77,47%, respectivamente. Os resultados deste estudo demonstram que o CDA da proteína não é bom indicativo do CDA dos aminoácidos, principalmente para o farelo de trigo, milho e farelo de algodão. Dentre os alimentos protéicos o farelo de soja se destaca com o maior CDA para a proteína e aminoácidos enquanto que o milho foi o alimento energético com o maior CDA (86,15%) para a energia.

Palavras-chave: aminoácidos, digestibilidade, energia, nutrição, tilápia do Nilo

## Digestible nutrients of Nile tilapia feed

Summary – The utilization of energetic and protein feeds, highly digestible as well, becomes more and more necessary due to the quality of formulated rations, zootechnic response and relationship with the environment. Apparent digestibility coefficient (ADC) of dry matter, protein, energy, phosphorus, and amino acids of corn starch, corn, wheat, rice, soybean, and cottonseed meal, corn gluten and fish meal were determined for Nile tilapia. ADC was determined using a reference ration based on albumin, gelatin and corn starch, indicator with the inert chromium III oxide ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ). Each test ration was made up of 70% of reference ration and 30% of the diet being evaluated. Feces were collected in groups of 5 replicates for each treatment. ADC values for protein and average ADC of amino acids were as follows: corn 89.76 and 96.43%, rice meal 95.88 and 92.26%, wheat meal 93.54 and 84.41%, fish meal 82.59 and 86.36%, corn gluten 89.82 and 87.98%, soybean meal 94.13 and 91.93%, cotton meal 87.10 and 77.47%, respectively. The results reported in this study suggest that ADC of protein might not be a very reliable indicator of ADC values of amino acids, even more so for wheat meal, corn, and cotton meal. Among protein feeds, soybean meal was found to have the highest ADC for protein and amino acids, while corn was the energetic feed with the highest ADC (86.15%) for energy.

*Keywords:* amino acids, digestibility, energy, nutrition and Nile tilapia

## Introdução

As rações comercialmente utilizadas para a produção de peixes apresentam valores nutricionais que variam em função da fase de crescimento. Variação entre 24,0% e 56,0% de proteína bruta pode ser encontrada para as fases que compreendem larvicultura e terminação. Esta grande variação nos níveis protéicos está estritamente correlacionada com o valor biológico da proteína e o custo dos alimentos.

Poucos estudos de exigências nutricionais para peixes realizados com nutrientes digestíveis ou disponíveis dificultam a formulação de rações que atendam as diferentes espécies. Desta forma, a utilização de rações comerciais em sistemas intensivos de criação necessita de maior atenção em função da quantidade de alimento utilizado e o meio em que os peixes estão, pois a emissão de poluentes orgânicos ao meio ambiente está associada à intensificação da aqüicultura.

A utilização de alimentos protéicos e energéticos de alta digestibilidade torna-se cada vez mais necessária em função da qualidade das rações formuladas e menor potencial poluidor. Rações formuladas com alta densidade de nutrientes e baixo impacto residual já são utilizadas em sistemas intensivos de criação de peixes na Europa, há mais de uma década (Alsted, 1991; Johnsen & Wandsvik, 1991).

Os peixes onívoros se destacam por apresentarem adaptações morfológicas e fisiológicas que possibilitam a utilização de rações com elevadas percentagens de ingredientes vegetais, pois utilizam melhor os carboidratos (Kubarik, 1977; Viola & Arieli, 1983) e a proteína dessas fontes (Tengjaroenkul et al., 2000). As tilápias se destacam por utilizar de forma eficiente os nutrientes presentes nos alimentos, tanto de origem animal como de origem vegetal (Hanley, 1987; Degani & Revach, 1991; Furuya et al., 2001; Gonçalves et al., 2005).

O conhecimento dos valores digestíveis dos nutrientes e aminoácidos dos alimentos convencionalmente utilizados em rações para peixe é ferramenta importante para o balanceamento correto de nutrientes que venham a compor a dieta. Ainda que exista correlação entre o coeficiente de digestibilidade aparente (CDA) da proteína e aminoácidos (Hossain & Jauncey, 1989) é importante determinar a digestibilidade de cada aminoácido, pois o CDA da proteína não reflete o CDA de alguns aminoácidos essenciais (Wilson et al., 1981; Massumoto et al., 1996; Furuya et al., 2001).

Os diferentes ingredientes apresentam variações quanto a sua composição em aminoácidos (Wilson, 1985) e mesmo quando apresentam alto valor digestível, não necessariamente apresentam disponibilidade dos aminoácidos essenciais equivalentes e em

quantidades suficientes para a absorção pelos peixes (De Silva et al., 2000). Dos vários trabalhos de pesquisa publicados com digestibilidade para peixes, poucos apresentam valores de coeficiente de digestibilidade aparente para aminoácidos, entretanto, nos últimos anos podemos destacar alguns trabalhos como de Anderson et al. (1992), Small et al. (1999), Stone et al. (2000) e Storebakken et al. (2000), Portz (2001) com peixes de hábito alimentar carnívoro e Sadiku & Jauncey (1995), Furuya et al. (2001) e Guimarães (2006), com a tilápia do Nilo.

Com base no exposto, os objetivos do presente estudo foram determinar os coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca, proteína bruta, energia bruta, fósforo e aminoácidos essenciais e não essenciais da farinha de peixe, farelo de soja, farelo de algodão, glúten de milho, farelo de trigo, quirera de arroz, milho e amido de milho para a tilápia do Nilo.

## **Material e Métodos**

### **Condições experimentais**

O experimento foi realizado na Unesp – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Departamento de Melhoramento e Nutrição, Laboratório de Nutrição de Organismos Aquáticos – Aquanutri, unidade integrada ao Centro de Aqüicultura da UNESP.

A instalação para a realização do experimento apresentava sistema fechado de recirculação de água nos aquários de alimentação, controle de temperatura da água por meio de aquecedores ligados à termostato digital ( $27 \pm 0,5$  °C), iluminação com lâmpadas fluorescentes mantendo um fotoperíodo de 12 horas luz e 12 horas escuro.

O monitoramento dos parâmetros de qualidade de água foram realizados semanalmente (pH, oxigênio amônia e nitrito), e diariamente feita a medida de temperatura. Na Tabela 1, encontram-se a composição química e os valores energéticos dos alimentos teste e da ração referência.

Os alimentos utilizados para a determinação dos coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) foram obtidos de indústrias de processamento de rações para peixes e escolhidos com base na disponibilidade, frequência de utilização em rações, composição química e resultados já obtidos em avaliações nutricionais de desempenho para a tilápia do Nilo (Pezzato, 2001; Gonçalves et al., 2004).

Tabela 1 – Composição química e valor energético da ração referência e alimentos utilizados nas rações testes.

Alimento	MS <sup>1</sup> (%)	PB <sup>2</sup> (%)	EB <sup>3</sup> (kcal/kg)	EE <sup>4</sup> (%)	FB <sup>5</sup> (%)	MM <sup>6</sup> (%)	Ca <sup>7</sup> (%)	P <sup>8</sup> (%)	Amido (%)
Ração referência	92,02	33,24	3.900	4,36	4,84	5,44	1,2	0,96	41,24
Farinha de peixe	90,54	54,46	3.884	8,40	0,67	24,20	6,47	4,33	-
Farelo de soja	87,71	45,35	4.269	1,09	5,78	6,92	0,29	0,54	12,38
Farelo de algodão	89,82	33,50	4.173	2,35	13,35	7,36	0,30	0,83	3,00
Glúten de milho	90,00	61,96	5.138	4,17	1,05	2,54	0,05	0,46	14,34
Milho	88,55	7,42	4.216	3,40	1,94	1,35	0,04	0,20	62,48
Quirera de arroz	90,00	8,00	3.907	1,12	0,31	1,09	0,08	0,21	74,45
Farelo de trigo	87,64	15,33	4.222	4,17	7,64	5,32	0,11	0,81	54,93
Amido de milho	89,41	0,50	3.835	-	-	1,11	-	-	87,6

<sup>1</sup>MS = Matéria Seca, <sup>2</sup>PB = Proteína Bruta, <sup>3</sup>EB = Energia Bruta, <sup>4</sup>EE = Extrato Etéreo, <sup>5</sup>FB = Fibra Bruta, <sup>6</sup>MM = Matéria Mineral, <sup>7</sup>Ca = Cálcio, <sup>8</sup>P = Fósforo.

A determinação do CDA foi feita pelo método indireto utilizando o marcador inerte óxido de cromo (Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), comumente utilizado em estudos de digestibilidade com peixes (Brisson, 1956; Pezzato, 2001; Gonçalves et al., 2005). Para a determinação do CDA dos alimentos, a metodologia foi baseada nos estudos e procedimentos descritos por De Silva & Anderson (1995), em que uma dieta referência é utilizada em conjunto com alimentos testes, formulado com base na substituição de proporções entre a dieta referência e os alimentos testes. Os perfis de aminoácidos dos alimentos e ração referência estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 - Perfil de aminoácidos da ração referência e alimentos utilizados nas rações experimentais.

Composição (% matéria natural)	RR <sup>1</sup>	M <sup>2</sup>	QA <sup>3</sup>	FT <sup>4</sup>	FP <sup>5</sup>	GM <sup>6</sup>	FS <sup>7</sup>	FA <sup>8</sup>
<i>Aminoácido Essencial (AAE)</i>								
Arginina	1,51	0,38	0,25	1,05	3,30	1,47	3,11	4,47
Fenilalanina	1,88	0,41	0,53	0,83	2,43	3,97	2,48	2,12
Histidina	0,60	0,17	0,17	0,45	1,16	1,15	1,25	1,09
Isoleucina	1,43	0,21	0,32	0,56	2,33	2,54	2,31	1,28
Leucina	2,66	0,85	0,70	0,82	4,05	11,13	3,89	2,37
Lisina	1,82	0,17	0,31	0,79	4,08	1,04	2,68	1,72
Metionina	0,90	0,08	0,12	0,15	1,57	1,19	0,43	0,24
Treonina	1,40	0,20	0,27	0,57	2,24	1,91	1,77	1,40
Valina	1,76	0,28	0,42	0,77	2,52	2,49	2,30	1,91
<i>Não Essencial (AANE)</i>								
Ac. Aspártico	3,26	0,33	0,66	1,19	4,80	3,50	5,20	3,98
Ac. Glutâmico	4,04	1,10	1,36	3,19	7,15	13,27	8,66	9,16
Alanina	1,95	0,37	0,37	0,84	3,64	5,04	1,95	1,62
Cistina	0,66	0,09	0,10	0,26	0,45	0,62	0,41	0,45
Glicina	2,01	0,19	0,35	0,89	4,79	1,48	1,90	1,69
Prolina	1,63	0,55	0,48	0,76	3,03	5,40	2,40	1,53
Serina	2,01	0,26	0,37	0,73	1,98	2,94	2,18	1,82
Tirosina	0,82	0,21	0,29	0,50	1,83	2,94	1,40	0,62
<i>Total de aminoácidos (AA)</i>	30,34	5,85	7,07	14,35	51,35	62,08	44,32	37,47

RR<sup>1</sup> = Ração referência; M<sup>2</sup> = Milho; QA<sup>3</sup> = Quirera de arroz; FT<sup>4</sup> = Farelo de trigo; FP<sup>5</sup> = Farinha de peixe; GM<sup>6</sup> = Glúten de milho; FS<sup>7</sup> = Farelo de soja; FA<sup>8</sup> = Farelo de algodão

### Processamento das rações experimentais

Para a avaliação dos coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) dos nutrientes, utilizou-se uma dieta referência purificada (AIN, 1977) com base em albumina, gelatina e amido de milho (Tabela 3), formulada para atender as exigências nutricionais da espécie em estudo (NRC, 1993).

As rações avaliadas foram obtidas por meio da mistura de 29,9% do alimento a ser avaliado e 70% da ração referência, de acordo com as recomendações de McGoogan & Reigh (1996). Junto à mistura, foi adicionado 0,1% do indicador inerte óxido de cromo (Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), realizada a homogeneização, umedecida com a adição de 25%



de água (70°C) e, em seguida, os grânulos foram secos em estufa pelo período de 12 horas a 55°C. Após a secagem as rações foram peneiradas para a retirada de finos, e armazenadas sob refrigeração (5°C) durante todo o período experimental.

Tabela 3. Fórmula da dieta referência.

Ingrediente	%
Albumina	32,50
Amido	47,08
Gelatina	5,50
Óleo de soja	3,80
$\alpha$ -celulose	6,60
Fosfato Bicálcico	3,70
Suplemento vit. min. <sup>(1)</sup>	0,50
Vitamina C (monofosfatada)	0,05
Sal (NaCl)	0,15
Antioxidante BHT <sup>(2)</sup>	0,02
Óxido crômio (Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	0,10
<b>Total</b>	<b>100,00</b>

<sup>1</sup>Suplemento Vitamínico e mineral para peixes (comercial): Vitaminas: A=1.200.000 UI; D3=200.000 UI; E=12.000 mg; K3=2.400 mg; B1=4.800 mg; B2=4.800 mg; B6=4.000 mg; B12=4.800 mg; ác. fólico=1.200 mg; pantotenato de Ca=12.000 mg; C=48.000 mg; biotina=48mg; colina=65.000mg; niacina=24.000mg; minerais: Fe=10.000 mg; Cu=600 mg; Mn=4.000 mg; Zn=6.000 mg; I=20 mg; Co=2 mg e Se=20 mg; <sup>2</sup>BHT = Butil hidroxi tolueno, antioxidante.

### Procedimento experimental

Foram utilizados dez aquários com volume de 250L para o manejo de alimentação, sendo estes mantidos em sistemas de recirculação de água e controle de temperatura. Para a manutenção de qualidade de água, foi utilizado filtro físico e biológico, compressor radial para aeração, termostato digital e diariamente reposição de 10% da água utilizada no sistema, de modo a completar as perdas por evaporação e retirada de resíduos sólidos no fundo dos tanques. Cada aquário de alimentação possuía em seu interior uma gaiola confeccionada em tela plástica (abertura de 10mm) para o alojamento dos peixes.

Para o manejo de coleta de fezes foram utilizados aquários de fundo cônico com registro na extremidade inferior e volume útil de 300L, também com controle de temperatura e aeração para manutenção da qualidade de água.

Cada ração teste foi utilizada para a alimentação de cinco grupos (gaiolas) com 20 tilápias do Nilo da linhagem Tailandesa, provenientes da Piscicultura Aquabel (Rolândia-PR), com peso médio de  $82,0 \pm 5g$ . Desta forma, cada tratamento possuiu 5 repetições, sendo cada unidade experimental formada por uma gaiola composta de vinte peixes. Os peixes foram previamente adaptados ao sistema de manejo 30 dias antes do início do experimento. Após aclimação com a ração referência, iniciou-se a coleta do material fecal por 5 dias para cada ração. Os peixes foram alimentados de forma *ad libitum* a cada 1 hora, entre o período das 8h e 18h, com as rações testes. Uma hora antes da passagem das gaiolas para o aquário de coleta de fezes, os peixes não eram mais alimentados e após a transferência das gaiolas, estas permaneciam nos aquários de coleta pelo período de 12h. Todo material sedimentado no fundo dos aquários de coleta na primeira hora após a passagem das gaiolas foi descartado e o material fecal posteriormente coletado e congelado para então ser processado para as análises químicas.

### **Análise química e física**

As análises físico-químicas dos alimentos, rações e fezes foram realizadas em duplicatas. As análises de matéria seca, proteína bruta, energia bruta, extrato etéreo, fibra bruta e matéria mineral foram realizadas no Laboratório de bromatologia da FMVZ-Unesp Botucatu, segundo o protocolo da AOAC (1984) e a análise de fósforo realizada no Laboratório de Química e Bioquímica do IB (Unesp/Botucatu), segundo Goldman & Hargis (1969) e Watanabe & Onseni (1965). A análise de energia bruta foi realizada por meio de bomba calorimétrica (PARR<sup>®</sup>), com a utilização do ácido benzóico como padrão. A determinação do óxido de cromo III ( $Cr_2O_3$ ) foi realizada por meio da mineralização ácida (Bremer Neto et al., 2005) e posteriormente quantificação do cromo por espectrometria de absorção atômica por chama (Shimadzu AA-6800) (Freire et al., 2001), no Laboratório de Química e Bioquímica do Instituto de Biociências da Unesp-Botucatu.

As determinações dos aminoácidos dos alimentos e rações foram realizadas no laboratório de análises físico-químicas LABTEC da Mogiana Alimentos SA, de acordo com metodologia proposta pela AOAC (2000).

### Determinação do coeficiente de digestibilidade aparente

Os coeficientes de digestibilidade aparente da energia e nutrientes das rações testes foram calculados de acordo com a fórmula descrita por Nose (1960):

$$CDA_{(n)} (\%) = 100 - \left[ 100 \left( \frac{\%Cr_2O_{3r}}{\%Cr_2O_{3f}} \right) \times \left( \frac{\%N_f}{\%N_r} \right) \right]$$

em que:

$CDA_{(n)}$  = Coeficiente de digestibilidade aparente do nutriente na ração;

$\%Cr_2O_{3r}$  = % de óxido de crômio na ração;

$\%Cr_2O_{3f}$  = % de óxido de crômio nas fezes;

$\%N_r$  = Nutriente ou energia na ração;

$\%N_f$  = Nutriente ou energia nas fezes.

A partir da determinação do coeficiente de digestibilidade aparente dos nutrientes e energia das rações testes e referência, foram determinados os coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca, proteína bruta, aminoácidos, energia bruta e fósforo dos alimentos de acordo com a fórmula proposta por Forster (1999):

$$CDA_N = \frac{[(a + b) \times CDA_{dc} - (a) \times CDA_{dr}]}{b}$$

Em que:

CDAn = coeficiente de digestibilidade aparente do nutriente;

CDAdc = coeficiente de digestibilidade aparente da dieta combinada;

CDAdr = coeficiente de digestibilidade aparente da ração referência;

a = contribuição do nutriente ou energia da ração referência para o conteúdo do nutriente ou energia da ração combinada.

b = contribuição do nutriente ou energia pelo ingrediente teste para o conteúdo do nutriente da ração referência.

a + b = nutriente ou energia total na ração teste.

### **Análises estatísticas**

Os valores de CDA da matéria seca, proteína, energia e fósforo dos diferentes alimentos foram submetidos a análise variância (ANOVA,  $P < 0,05$ ) e ao teste de comparação de médias, Tukey, por meio do programa estatístico SAS (SAS, 1995).

### **Resultados e Discussão**

A qualidade da água foi mantida na faixa de conforto para a espécie, não alterando os valores no decorrer do experimento.

O coeficiente de digestibilidade aparente (CDA) e os valores digestíveis da matéria seca, proteína, energia, fósforo e aminoácidos da ração referência e alimentos testes para a tilápia do Nilo estão apresentados nas Tabelas 4 e 5, respectivamente. Na Tabela 4, observa-se diferença significativa ( $P < 0,05$ ) para os CDA da energia e nutrientes dos alimentos avaliados. As diferenças nos valores de CDA dos nutrientes para cada alimentam, possivelmente está relacionado à composição química, origem, processamento e presença ou não de fatores antinutricionais.

Tabela 4. Coeficiente de digestibilidade aparente (CDA) dos nutrientes e energia para a tilápia do Nilo.

Nutriente (%)	Alimento teste								
	Ração ref.	AM <sup>1</sup>	M <sup>2</sup>	QA <sup>3</sup>	FT <sup>4</sup>	FP <sup>5</sup>	GM <sup>6</sup>	FS <sup>7</sup>	FA <sup>8</sup>
Matéria Seca	77,98	91,73 <sup>a</sup>	79,30 <sup>c</sup>	81,91 <sup>b</sup>	70,37 <sup>e</sup>	82,60 <sup>b</sup>	74,87 <sup>d</sup>	85,30 <sup>a</sup>	78,10 <sup>c</sup>
Proteína	96,25	-	89,76 <sup>b</sup>	95,88 <sup>a</sup>	93,54 <sup>a</sup>	82,59 <sup>c</sup>	89,82 <sup>b</sup>	94,13 <sup>a</sup>	87,10 <sup>b</sup>
Energia (kcal/kg)	82,75	66,28 <sup>c</sup>	86,15 <sup>b</sup>	75,48 <sup>c</sup>	72,83 <sup>d</sup>	95,29 <sup>a</sup>	73,08 <sup>d</sup>	84,12 <sup>b</sup>	62,09 <sup>f</sup>
Fósforo	54,11	-	55,00 <sup>b</sup>	52,38 <sup>b</sup>	35,80 <sup>c</sup>	54,73 <sup>b</sup>	63,04 <sup>a</sup>	25,93 <sup>d</sup>	37,35 <sup>c</sup>
<i>Aminoácido Essencial<sup>9</sup> (AAE)</i>									
Arginina	100,00	-	89,47	99,20	81,90	89,39	90,48	94,53	76,06
Fenilalanina	94,13	-	97,56	92,45	87,95	88,89	89,92	97,58	80,19
Histidina	95,90	-	98,82	94,12	91,11	92,24	100,00	94,40	71,56
Isoleucina	95,62	-	99,05	84,38	82,14	89,70	79,53	92,64	66,41
Leucina	96,43	-	92,94	85,71	95,12	92,59	84,37	93,32	71,31
Lisina	95,63	-	99,41	96,77	84,81	93,63	86,54	97,01	83,14
Metionina	97,26	-	98,75	91,67	86,67	87,26	94,96	90,70	95,83
Treonina	94,55	-	90,00	85,19	75,44	83,93	80,63	90,40	75,00
Valina	95,68	-	96,43	80,95	77,92	92,46	81,12	90,00	66,49
<i>Aminoácido Não Essencial<sup>9</sup> (AANE)</i>									
Ac. Aspártico	96,38	-	93,94	95,45	90,76	86,88	94,00	92,31	77,89
Ac. Glutâmico	96,66	-	96,36	88,97	95,61	85,73	91,79	94,34	77,07
Alanina	95,79	-	97,30	94,59	82,14	79,67	97,02	90,77	77,16
Cistina	97,26	-	100,00	97,00	76,92	95,56	98,39	92,68	80,00
Glicina	96,32	-	94,74	97,14	75,28	77,24	78,38	81,05	69,23
Prolina	100,00	-	96,36	97,92	89,47	71,29	65,56	89,17	79,74
Serina	96,97	-	100,00	97,30	87,67	88,38	98,30	99,08	73,08
Tirosina	100,00	-	98,10	89,66	74,00	73,22	84,69	82,86	96,77
<i>Média (AA)</i>	96,70	-	96,43	92,26	84,41	86,36	87,98	91,93	77,47

AM<sup>1</sup> = Amido de milho; M<sup>2</sup> = Milho; QA<sup>3</sup> = Quirera de arroz; FT<sup>4</sup> = Farelo de trigo; FP<sup>5</sup> = Farinha de peixe; GM<sup>6</sup> = Glúten de milho; FS<sup>7</sup> = Farelo de soja; FA<sup>8</sup> = Farelo de algodão; <sup>9</sup>Valores não submetidos à análise estatística (n=2); Médias seguidas de letras iguais na mesma linha não diferem significativamente (P>0,05)

Tabela 5. Valores digestíveis de aminoácidos, nutrientes e energia para a tilápia do Nilo.

Nutriente (%)	Ração ref.	Alimento teste							
		AM <sup>1</sup>	M <sup>2</sup>	QA <sup>3</sup>	FT <sup>4</sup>	FP <sup>5</sup>	GM <sup>6</sup>	FS <sup>7</sup>	FA <sup>8</sup>
Matéria Seca	85,03	82,02	70,22	73,71	61,67	74,78	67,38	74,81	70,14
Proteína	31,39	-	6,66	7,67	14,34	40,98	55,65	43,69	29,18
Energia (kcal)	3227	2542	3632	2949	3075	3701	3755	3591	2591
Fósforo	0,49	-	0,02	0,12	0,19	2,37	0,29	0,14	0,31
<i>Aminoácido Essencial (AAE)</i>									
Arginina	1,51	-	0,34	0,25	0,86	2,95	1,33	2,94	3,40
Fenilalanina	1,76	-	0,40	0,49	0,73	2,16	3,57	2,42	1,70
Histidina	0,58	-	0,17	0,16	0,41	1,07	1,15	1,18	0,78
Isoleucina	1,37	-	0,21	0,27	0,46	2,09	2,02	2,14	0,85
Leucina	2,57	-	0,79	0,60	0,78	3,75	9,39	3,63	1,69
Lisina	1,74	-	0,17	0,30	0,67	3,82	0,90	2,60	1,43
Metionina	0,87	-	0,08	0,11	0,13	1,37	1,13	0,39	0,23
Treonina	1,31	-	0,18	0,23	0,43	1,88	1,54	1,60	1,05
Valina	1,67	-	0,27	0,34	0,60	2,33	2,02	2,07	1,27
<i>Aminoácido Não Essencial (AANE)</i>									
Ac. Aspártico	3,13	-	0,31	0,63	1,08	4,17	3,29	4,80	3,10
Ac. Glutâmico	3,91	-	1,06	1,21	3,05	6,13	12,18	8,17	7,06
Alanina	1,86	-	0,36	0,35	0,69	2,90	4,89	1,77	1,25
Cistina	0,63	-	0,09	0,10	0,20	0,43	0,61	0,38	0,36
Glicina	1,94	-	0,18	0,34	0,67	3,70	1,16	1,54	1,17
Prolina	1,62	-	0,53	0,47	0,68	2,16	3,54	2,14	1,22
Serina	1,94	-	0,26	0,36	0,64	1,75	2,89	2,16	1,33
Tirosina	0,81	-	0,21	0,26	0,37	1,34	2,49	1,16	0,60
<i>Valor total (AA)</i>	<i>31,72</i>	<i>-</i>	<i>5,60</i>	<i>6,47</i>	<i>12,45</i>	<i>44,00</i>	<i>54,10</i>	<i>41,09</i>	<i>28,49</i>

AM<sup>1</sup>= Amido de milho; M<sup>2</sup> = Milho; QA<sup>3</sup> = Quirera de arroz; FT<sup>4</sup> = Farelo de trigo; FP<sup>5</sup> = Farinha de peixe; GM<sup>6</sup> = Glúten de milho; FS<sup>7</sup> = Farelo de soja; FA<sup>8</sup> = Farelo de algodão.

Os valores de CDA dos aminoácidos da ração referência e alimentos teste foram obtidos pela média de duas repetições, sendo cada repetição composta por um “pool” de amostras obtidas de grupos de cinco gaiolas para cada tratamento.

O coeficiente de digestibilidade aparente da matéria seca do amido de milho (91,73%) e farelo de soja (85,30%) foram significativamente superiores ( $P<0,05$ ) ao da farinha de peixe (82,60%) e quirera de arroz (81,91%), sendo estes superiores aos do milho (79,30%), farelo de algodão (78,10%), glúten de milho (74,87%) e farelo de trigo (70,37%).

A composição da ração referência utilizada no experimento mostra o alto valor biológico dos alimentos utilizados, principalmente para proteína e aminoácidos, uma vez que, o CDA da proteína (96,25%) e para o total de aminoácidos (96,70%) foram muito similares (Tabela 4). Os valores de CDA dos nutrientes da ração referência confirmam os resultados obtidos em estudos de determinação do coeficiente de digestibilidade aparente de aminoácidos também para a tilápia do Nilo realizados por Furuya et al. (2001). Por outro lado, Köprücü & Özdemir (2005), em estudo com o objetivo de avaliar o CDA de aminoácidos de alimentos para a tilápia do Nilo, utilizaram como ração referência uma dieta composta por alimentos convencionais a base de farinha de peixe, farelo de soja e farelo de trigo e obtiveram valores de 87,10% de CDA para a proteína e 87,7% para a média do aminoácidos, valores estes inferiores aos obtidos no presente estudo. A padronização e a utilização de alimentos considerados purificados segundo o Instituto de Nutrição Americano (AIN, 1977), podem ser mais eficientes na determinação de CDAs dos nutrientes, uma vez que a interferência de fatores característicos de cada alimento como processamento, composição química e fatores antinutricionais podem ser minimizados.

Da mesma forma que a ração referência pode interferir nos resultados obtidos, o processamento das rações, forma de coleta do material fecal e níveis nutricionais utilizados para a determinação do CDA dos alimentos, são fatores importantes na determinação do valor biológico de cada alimento, podendo apresentar diferenças em função de cada metodologia utilizada.

Para o CDA da proteína dos alimentos energéticos avaliados, a quirera de arroz e o farelo de trigo apresentaram valores superiores ( $P<0,05$ ) em comparação ao milho, e para os alimentos protéicos, o farelo de soja se sobressai com CDA de 94,13%, valor este significativamente superior ao do glúten de milho (89,82%), farelo de algodão (87,10%) e farinha de peixe (82,59%), a qual apresenta o menor CDA para a proteína.

A média dos CDA dos aminoácidos apresentados na Tabela 4, e os valores de CDA da proteína para os alimentos avaliados, mostram diferenças, principalmente para o farelo de trigo, milho e farelo de algodão, indicando que o CDA da proteína não é um bom índice para a determinação dos aminoácidos digestíveis desses alimentos. Entretanto, os alimentos protéicos como a farinha de peixe, farelo de soja e glúten de milho, possuem valores de CDA da proteína e aminoácidos mais próximos. Resultados semelhantes, aos desse estudo, foram obtidos por Köprücü & Özdemir (2005) para a tilápia do Nilo, em relação ao CDA da proteína e aminoácidos dos alimentos farinha de peixe (anchova), farelo de soja e glúten de milho. Furuya et al. (2001), em estudo cujo objetivo foi avaliar a digestibilidade da proteína e aminoácidos de alguns ingredientes para a tilápia do Nilo, encontrou valor de CDA para o total de aminoácidos do farelo de soja (92,72%) próximos ao valor obtido nesse estudo (91,93%), comportamento semelhante também foi observado para a farinha de peixe (84,95%) em relação ao valor determinado (86,36%). Assim como no trabalho de Furuya et al. (2001), os valores apresentados demonstraram diferenças significativas ( $P < 0,05$ ), quando comparados o farelo de soja e farinha de peixe para o CDA do total de aminoácidos para a tilápia do Nilo.

Os resultados de CDA obtidos para cada aminoácido dos alimentos avaliados e a média obtida dos CDA de todos os aminoácidos, permite visualizar a melhor relação de representatividade ou não para cada alimento. A comparação dos valores totais de CDA dos aminoácidos de cada alimento em relação aos valores de CDA de cada um dos aminoácidos essenciais mostrou que alguns alimentos possuem melhor relação entre os valores de CDA. Para os alimentos protéicos a farinha de peixe apresenta apenas o aminoácido treonina com CDA inferior o CDA da média de todos os aminoácidos (AAE + AANE). Entretanto, o farelo de soja apresentou três aminoácidos (metionina, treonina e valina) com CDA inferior ao CDA médio de todos os aminoácidos, o glúten de milho cinco aminoácidos (isoleucina, leucina, lisina, treonina e valina) e o farelo de algodão seis aminoácidos (arginina, histidina, isoleucina, leucina, treonina e valina).

Destacam-se os valores de CDA do aminoácido treonina de todos os alimentos avaliados, os quais são inferiores ao CDA da média dos aminoácidos, resultado também observado por Wilson et al. (1981), com o bagre do canal, Allan et al. (2000), com a perca, Storebakken et al. (2000) com o salmão do atlântico e Furuya et al. (2001) com a tilápia do Nilo.

Alguns fatores podem explicar a menor digestibilidade da proteína e aminoácidos da farinha de peixe em relação ao farelo de soja, dentre eles, a qualidade do resíduo



utilizado, forma de processamento, tempo de estocagem e composição final do produto. Por outro lado, alimentos de origem vegetal possuem uma melhor padronização no processamento, matéria prima de melhor qualidade em função da utilização primária para a alimentação humana e características físico-químicas que propiciam melhor condição de armazenamento quando comparado aos subprodutos de origem animal.

O menor valor de CDA dos nutrientes para o farelo de algodão está relacionado ao nível de fibra presente no alimento (Gaylord & Gatlin III, 1996), uma vez que, era possível visualizar o maior volume das fezes no momento da coleta e possível presença de gossipol que em níveis altos pode atuar negativamente na digestibilidade dos aminoácidos (Ogunji, 2004).

O uso de diferentes alimentos disponíveis para a formulação de dietas para peixes, em sistema de produção intensiva ou extensiva, está de acordo com a quantidade de nutrientes presentes em cada alimento, valor biológico, custo, potencial de processamento, e níveis satisfatórios de inclusão já pré-determinados em estudos nutricionais para as diferentes espécies. Dentre os alimentos estudados, destaca-se o alto CDA da proteína do farelo de soja (94,13%), assim como dos aminoácidos lisina (97,01%) e treonina (90,40%), sendo estes resultados similares aos obtidos por Furuya et al. (2001), com exceção da lisina a qual foi determinado um CDA de 90,83% e inferiores aos resultados obtidos por Koprucu & Ozdemir (2005), ambos com a tilápia do Nilo. No entanto, o glúten de milho apesar de apresentar alto CDA para a proteína (89,82%), valor este semelhante ao obtido por Koprucu & Ozdemir (2005) e inferior ao obtido por Pezzato (2001), apresentou baixo nível de lisina com CDA de 86,54%, sendo um alimento com proteína de alta digestibilidade porém limitante quanto ao aminoácido de maior exigência para espécie estudada.

Ainda no grupo dos alimentos protéicos de origem vegetal, o farelo de algodão apresenta em sua composição menores valores de aminoácidos essenciais, com exceção da arginina quando comparado ao farelo de soja e glúten de milho. No entanto, o valor de CDA da proteína de 87,10% o coloca como boa alternativa protéica a ser utilizada na alimentação de tilápias, desde que, seja levado em consideração o CDA de cada aminoácido, com destaque para a lisina que apresenta um CDA de apenas 83,14%. Martin (1990) e Rincharde et al. (2003) ressaltaram que a lisina é o primeiro aminoácido a se ligar com o gossipol presente no farelo de algodão, formando ligações as quais reduzem a digestibilidade do alimento. Baixos valores de CDA para a lisina do farelo de algodão foram obtidos em estudos com o bagre do canal 66,0% (Lovell, 1981) e carpa prateada

60,0% (Allan et al., 2000). Os resultados obtidos no presente estudo para o aminoácido lisina do farelo de algodão, estão mais próximos aos obtidos por Cheng & Hard (2002) 84,93% e Lee (2002) 77,0%, com a truta arco-íris e rockfish, respectivamente.

O CDA da proteína do farelo de algodão obtido nesse estudo foi superior aos obtidos por Pezzato (2001) (74,87%), Guimarães (2006) (81,78%) ambos com a tilápia do Nilo e Sullivan & Reigh (1995) (83,76%) com o híbrido striped bass.

Além dos alimentos de origem vegetal avaliados, a farinha de peixe, único produto de origem animal utilizado nesse estudo, apresentou um CDA para a proteína de 82,59%, sendo este valor superior ao obtido por Pezzato (2001), 78,55%, próximo ao determinado por Furuya et al. (2001), 84,95% e inferior aos valores determinados por Koprucu & Ozdemir (2005), 90,50% e Guimarães (2006), 88,60%, todos em estudo com a tilápia do Nilo.

A grande variação nos resultados encontrados em diferentes estudos com a farinha de peixe, ainda que para uma mesma espécie, pode estar relacionado a alguns fatores ligados ao alimento, dentre eles, a matéria prima original, o processamento, formas de proteção contra oxidação dos nutrientes e a característica do produto quanto à composição química. Tais fatores podem alterar significativamente a composição do alimento, indisponibilizando aminoácidos e outros nutrientes, principalmente pela reação de oxidação dos lipídeos com os aminoácidos (Massumoto et al., 1996).

Muitos trabalhos preconizam a utilização de farinha de peixe em rações para a tilápia do Nilo, sendo está possível de ser substituída por alimentos de menor custo e alto valor biológico como o farelo de soja, glúten de milho e farelo de algodão, os quais apresentaram bons valores de CDA para proteína bruta. Em estudo com juvenis de tilápia do Nilo, Furuya et al. (2004) relataram a possibilidade de uso exclusivo de proteína de origem vegetal para a espécie, com a utilização de rações a base de farelo de soja e suplementação com fosfato bicálcico e aminoácidos essenciais para a formulação com base no conceito de proteína ideal.

Dentre os alimentos energéticos avaliados, os valores de CDA para a energia variaram significativamente ( $P < 0,05$ ) de 86,15% para o milho, 75,48% quirera de arroz, 72,83% farelo de trigo e 66,28% amido de milho. Dentre os alimentos protéicos, os maiores valores ( $P < 0,05$ ) de CDA para a energia foram obtidos com a farinha de peixe (95,29%), farelo de soja (84,12%), glúten de milho (73,08%) e farelo de algodão (62,09%). Como mencionado anteriormente, o alto nível de fibra presente no farelo de algodão, pode

atuar de forma negativa nos valores de CDA da proteína e aminoácidos e também não são utilizados como fonte de energia devido a forma a qual está presente.

Para os alimentos classificados como energéticos, o valor de CDA para a energia do milho (86,15%) foi superior aos valores obtidos por Furuya (2000) (82,64%); Pezzato (2001) (83,95%), Gonçalves et al. (2004) (74,96%) e Guimarães (2006) (67,34%), todos em estudo com a tilápia do Nilo. O CDA da energia do farelo trigo (72,83%) foi superior ao valor médio obtido por Furuya (2000) (70,34%); Gonçalves et al. (2004) (71,03%) e Guimarães (2006) (48,94%) e inferior ao apresentado por Pezzato (2001) (77,45%). Para a quirera de arroz, o CDA de 75,48% para a energia apresenta-se inferior aos resultados de Guimarães (2006), o qual obteve o valor de 95,34% para o CDA da energia desse alimento. O alto valor de CDA para a quirera de arroz encontrado no estudo de Guimarães (2006), é explicado pelo alto nível de amido presente no alimento, sendo este avaliado após o processo de extrusão das rações, o qual pode aumentar a digestibilidade da energia por meio do fracionamento, expansão e geleificação do amido quando submetido à alta temperatura e pressão.

Apesar da maior contribuição como fonte de energia, os alimentos considerados energéticos apresentam ainda em sua composição a fração protéica, sendo esta de grande importância, uma vez que, grandes percentagens são utilizadas nas rações fazendo com que os aminoácidos que venham a compor esses alimentos sejam também de interesse no momento da formulação. Dessa forma, o milho e a quirera de arroz se sobressaem com valores médios de CDA para os aminoácidos de 96,43 e 92,26%, respectivamente, sendo estes superior ao farelo de trigo 84,41%.

Os valores de aminoácidos digestíveis apresentados na Tabela 4 mostram a grande possibilidade de utilização das diferentes fontes de alimentos (origem animal ou vegetal), para compor rações para a tilápia do Nilo, possibilitando maior flexibilidade no momento de sua formulação.

A formulação de rações que venham a atender as exigências nutricionais para a espécie, assim como, a otimização do uso dos alimentos de modo a possibilitar o processamento, cujo custo benefício, se encontre dentro dos limites pré-estabelecidos, está na dependência do conhecimento exato dos valores nutricionais de cada alimento.

De acordo com Kubarik (1997) e Tengjaroenkul et al. (2000), as tilápias possuem adaptações morfológicas e fisiológicas que possibilitam a utilização de alimentos de origem vegetal, sendo estas afirmações comprovadas em estudos realizados por Furuya (1999), Pezzato (2001) e Gonçalves et al. (2004), os quais relatam a grande eficiência de

utilização dos alimentos de origem vegetal pela tilápia do Nilo. Tais afirmações, possibilitam a utilização de alimentos para que o custo final das rações possa ser reduzido, sem, contudo, comprometer a qualidade do alimento.

Utilizando alimentos de origem vegetal, o nutriente fósforo torna-se limitante devido ao baixo nível presente nesses alimentos e pela presença do fator antinutricional (fitato) que limita sua utilização em rações para peixes (Liu, 1998). O fitato, designação dada ao fósforo que faz parte da molécula do ácido fítico, conhecido cientificamente como hexafosfato de inositol ou mio-inositol, pode compor até 81,00% do conteúdo de fosfato presente nos vegetais (Riche & Brown, 1996). Está presente nas plantas de modo geral com grande capacidade de quelação com outros minerais e proteínas, o que lhe confere a denominação de antinutriente (Liu, 1998).

De acordo com Vielma et al. (1998), a mucosa intestinal dos peixes não secreta a enzima fitase, fosfatase que remove o fosfato do fósforo fítico, o que explica a baixa digestibilidade do fósforo em alimentos vegetais para a tilápia do Nilo. Como observado nesse estudo, os valores de CDA para o fósforo foram inferiores a 60,0%, com exceção da farinha de peixe que apresentou um CDA de 63,04%. O valores de CDA para o mineral fósforo estão próximos dos resultados obtidos por Gonçalves (2003), que destaca a necessidade de utilização de enzimas exógenas para maior aproveitamento deste mineral em rações para peixes, quando utilizado alimentos de origem vegetal.

O conhecimento do valor de digestibilidade de cada nutriente que venha compor as rações para peixes faz-se necessário, em função da melhor utilização dos alimentos, melhores resultados de desempenho produtivo, redução nos custos de formulação, e menor nível de nutrientes principalmente nitrogênio e fósforo, excretados no meio.

### **Conclusão**

O coeficiente de digestibilidade aparente da proteína do farelo de soja 94,13% é superior ao do glúten de milho 89,82% e farelo de algodão 87,10%, sendo estes superiores ao da farinha de peixe (82,59%). Dentre os alimentos energéticos, o milho é a fonte de energia mais digestível, seguido da quirera de arroz e farelo de trigo.

Os valores de coeficiente de digestibilidade aparente da proteína não refletem os valores dos coeficientes de digestibilidade aparente de muitos aminoácidos, sendo estes em geral inferiores ao da proteína, com exceção para o milho.

### Literatura Citada

- AIN (American Institute of Nutrition) Standards For Nutritional Studies Report, Report of the American institute of nutrition ad hoc committee on standards for nutrition studies, **Journal Nutrition**, v.107, p.1340-1348, 1977.
- ALLAN, G. L.; PARKINSON, S.; BOOTH, M.A. et al. Replacentemet of fish meal in diets for Australian silver perch, *Bidyanus bidyanus*: I. Digestibility of alternativa ingredients. **Aquaculture**, v. 186, p.293-310, 2000.
- ALSTED, N.S. Studies on the reduction of discharges from fish farms by modification of the diet. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON FEEDING FISH IN OUR WATER: NUTRITIONAL STRATEGIES IN MANEGEMENT OF AQUACULTURE WASTE, 1991, Ontario. Anais...Ontario, 1991. p.77-90
- ANDERSON, J.S.; LALL, S.P.; ANDERSON, D.M. et al. Apparent and true availability of amino acids from common feed ingredients for Atlantic salmon (*Salmo salar*) reared in sea water. **Aquaculture**, v.108, p.111-114, 1992.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS – AOAC. **Official methods of analysis**. 14 ed., Washington, D.C., p.152-160, 1984.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS – AOAC. **Official methods of analysis**. 17 ed., Maryland, 2000. p.5-20.
- BREMER NETO, H., GRANER, C.A.F., PEZZATO, L.E., et al. The spectrophotometric method on the routine of 1,5-diphenylcarbazine was adjusted on chromium determination in feces, after its utilization as a biological marker as chromium (III) oxide. **Ciência Rural**, v.25, n.3, p.691-697.
- BRISSON, G.J. On the routine determination of chromic oxide in feces. **Canadian Journal of Agriculture Science**, v.36, p.210-212, 1956.
- CHENG, Z.J. & HARDY, R.W. Apparent digestibility coefficients and nutritional value of cottonseed meal for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Aquaculture**, v.212, p. 361-372, 2002.
- DE SILVA, S.S.; ANDERSON, T.A. **Fish Nutrition Aquaculture**. London: Chapman & Hall, 1995. 319p.

- 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 peelli* (Mitchell) and the Australian shortfin eel *Anguilla australis* Richardson. **Aquaculture Research**, v.31, p.195-205, 2000.
- DEGANI, G.; REVACH, A. Digestive capabilities of three commensal fish species: carp, *Cyprinus carpio* L., tilápia, *Oreochromis aureus* x *O. niloticus*, and African catfish, *Clarias gariepinus* (Burchell, 1882). **Aquaculture and Fisheries Management**, v.22, p.397-403, 1991.
- FOSTER, I. A note on the method of calculating digestibility coefficients of nutrients provided by single ingredients to feeds of aquatic animals. **Aquaculture Nutrition**, v.5, p.143-145, 1999.
- FREIRE, E.S.; HISANO, H.; GONÇALVES, G.S. et al. Determinação de Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> utilizado como marcador de rações em fezes de peixes por GFAAS após mineralização em forno de microondas. In: ENCONTRO REGIONAL DE QUÍMICA DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE QUÍMICA, 31, 2001, Araraquara. Anais... Araraquara: Instituto de Química da Unesp, 2001. p.73.
- FURUYA, W.M. Digestibilidade aparente de aminoácidos e substituição da proteína da farinha de peixe pela proteína do farelo de soja com base no conceito de proteína ideal em rações para a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). Botucatu: Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, 2000. 70p. Tese (Doutorado) Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, 2000.
- FURUYA, W.M.; PEZZATO, L.E.; BARROS, M.M. et al. Use of ideal protein concept for precision formulation of amino acid levels in fish-meal-free diets for juvenile Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Aquaculture Research**, v.35, p.1110-1116, 2004.
- FURUYA, W.M.; PEZZATO, L.E.; FURUYA, V.R.B. et al. Digestibilidade aparente da proteína e aminoácidos do farelo de canola pela tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus*. In: ACUICULTURA VENEZUELA, 1999. **Anais...** Puerto La Cruz: WAS/LAC, 1999, p. 206-217.
- FURUYA, W.M.; PEZZATO, L.E.; PEZZATO, A.C. et al. Coeficientes de digestibilidade e valores de aminoácidos digestíveis de alguns ingredientes para a Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.4, p.1143-1149, 2001.

- GAYLORD, T.G.; GATLIN III, D.M. Apparent digestibility coefficients and nutritional value of cottonseed meal for rainbow trout. **Aquaculture**, v.139, p.303-314, 1996.
- GOLDMAN, H.N.; L.G. HARGIS. Analytical Chemists.1969. 490p.
- GONÇALVES, G.S. **Digestibilidade aparente de alimentos vegetais suplementados com fitase pela tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*)**. Botucatu: Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, 2003. 72p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, 2003.
- GONÇALVES, G.S.; PEZZATO, L.E.; BARROS, M.M. et al. Digestibilidade aparente e suplementação de fitase em alimentos vegetais para a tilápia do Nilo. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v. 26, n.3, p.313-321, 2004.
- GONÇALVES, G.S.; PEZZATO, L.E.; BARROS, M.M. et al. Disponibilidade Aparente do Mg, Ca, Zn, Cu, Mn e Fe e Suplementação de Fitase em Alimentos Vegetais para a Tilápia do Nilo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.6, p.2155-2163, 2005.
- GUIMARÃES, I.G. **Digestibilidade aparente, pela tilápia do nilo (*oreochromis niloticus*), de alimentos extrusados**. Botucatu: Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, 2006. 65p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, 2006.
- HANLEY, F. The digestibility of foodstuffs and effects of feeding selectivity and digestibility determinations in tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Aquaculture** v.66, p.163-179, 1987.
- 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**, v.83, p.59-72, 1989.
- JOHNSON, F.; WANDSVIK, A. The impact of high energy diets on pollution control in the fish farming industry. In INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON FEEDING FISH IN OUR WATER: NUTRITIONAL STRATEGIES IN MANAGEMENT OF AQUACULTURE WASTE, 1991, Ontario. Anais...Ontario, 1991. p.51-64.
- KÖPRÜCÜ, K.; ÖZDEMİR, Y. Apparent digestibility of selected feed ingredients for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Aquaculture**, v.250, p.308-316, 2005.
- KUBARIK, J. Tilapia on highly flexible diets. **Feed International**, v.6, p.16-18, 1997.

- LEE, S.M. Apparent digestibility coefficients of various feed ingredients for juvenile and grower rockfish (*Sebasteschlegeli*). **Aquaculture**, v. 207, p. 79-95, 2002.
- LIU, B-L.; RAFIQ, A.; TZENG, Y-M. et al. The induction and characterization of phytase and beyond. **Enzyme and Microbial Technology**, v.22, p. 415-424, 1998.
- LOVELL, T. Cottonseed meal in fish feeds. **Feedstuffs**, v. 53, n.52, p.28-29, dec., 1981.
- MARTIN, S. D. Gossypol effects in animal feeding can be controlled. **Feedstuffs**, v.62, p.14-7, 1990.
- MASUMOTO, T.; RUCHIMAT, T.; ITO, Y. et al. Amino acid availability values for several protein sources for yellowtail (*Seriola quinqueradiata*). **Aquaculture**, v.146, p.109-119, 1996.
- McGOOGAN, B.B.; REIGH, R.C. Apparent digestibility of selected ingredients in red drum (*Sciaenops ocellatus*) diets. **Aquaculture**, v.141, p.233-244, 1996.
- NOSE, T. On the digestion of food protein by gold-fish (*Carassius auratus*) and rainbow trout (*Salmo irideus* G). **Bulletin Freshwater Fish Research**, v.10, p.11-20, 1960
- NRC (National Research Council), Nutrient requirement of fish. National Academy Press, Washington, DC. 1993. 114p.
- OGUNJI, J.O. Alternative protein sources in diets for farmed. Nutrition abstracts and reviews: series B, v. 74, n.9, p.23-32, 2004.
- PEZZATO, L.E. Digestibilidade em peixes. Botucatu: Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, 2001. 82p. Tese (Livre Docência). Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, 2001.
- PORTZ, L. **Utilização de diferentes fontes protéicas em dietas formuladas pelo conceito de proteína ideal para o “black bass” (*Micropterus salmoides*)**. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2001. 88p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2001.
- RICHARD, J., LEE, J.K., DABROWSKI, K. et al. Influence of gossypol from cottonseed meal on hematology, reproductive steroids and tissue gossypol enantiomer concentrations in male rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Aquaculture nutrition**, v.9, p.275-282, 2003.



- RICHE, M.; BROWN, P.B. Availability of phosphorus from feedstuffs fed to rainbow trout, (*Oncorhynchus mykiss*). **Aquaculture**, v. 142, p.269-282, 1996.
- SADIKU, S.O.E.; JAUNCEY, K. Digestibility, apparent amino acid availability and waste generation potential of soybean flour: poultry meat blend based diets for tilapia, *Oreochromis niloticus* (L), fingerling. **Aquaculture Research**, v.26, p.651-657, 1995.
- 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 the World Aquaculture Society**, v.30, n.1, p.58-64, 1999.
- SAS (Statistical Analysis Systems Institute). *Use's guide, version 6. 4 ed.*, Cary: SAS®/STAT, SAS Institute, 1995. 365p.
- STONE, D.A.J.; ALLAN, G.L.; PARKINSON, S. et al. Replacement of fish meal in diets for Australian silver perch, *Bidyanus bidyanus* III. Digestibility and growth using meat products. **Aquaculture**, v.186, p.311-326, 2000.
- STOREBAKKEN, T.; SHEARER, K.D.; BAEVERFJORD, G. et al. Digestibility of macronutrients, energy and amino acids, absorption of elements and absence of intestinal enteritis in Atlantic salmon, *Salmo salar*, fed diets with wheat gluten. **Aquaculture**, v.184, p.115-132, 2000.
- SULLIVAN, J.A.; REIGH, R.C. Apparent digestibility of selected feedstuffs in diets for hybrid striped bass (*Morone saxatilis* x *Morone chrysops*). **Aquaculture**, v.138, p.313-322, 1995.
- TENGJAROENKUL, B.; SMITH, B.J.CACECI, T. et al. Distribution of intestinal enzyme activities along the intestinal tract of cultured Nile tilapia *Oreochromis niloticus* L. **Aquaculture**, v.182, p.317-327, 2000.
- UM, Y.Y.; LAM, T.J.; GUO, J.Y; et al. Protein digestibility and amino acid availability of several protein sources for several protein sources for juvenile Chinese hairy crab *Eriocheir sinensis* H. Milne-Edwards (Decapoda, Grapsidae). **Aquaculture Research**, v.31, p.757-765, 2000.
- VIELMA, J.; LALL, S.P.; KOSKELA, J. et al. Effects of dietary phytase and cholecalciferol on phosphorus bioavailability in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Aquaculture**, v.163, n. 3/4, p.309-323, 1998.

- VIOLA, S.; ARIELI, Y. Nutrition studies in tilapia hybrids. II. The effects of oils supplement to practical diets for intensive aquaculture. **Bamidgeh**, v.35, p.44-52, 1983.
- WATANABE, F.S.; ONSANI, S.R. **Soil Science Society American Proceedings**, v.29, 677p, 1965.
- WILSON, R.P. Amino acid and protein requirements of fish. In: EL-SAYED, A.F.M.; TESHIMA, C.B.; MAKIE, A.M. **Nutrition and feeding of fish**. London: Academic Press. 1985, p.1-16.
- WILSON, R.P.; ROBINSON, E.H.; POE, W.E. Apparent and true availability of amino acids from common feed ingredients for channel catfish. **Journal Nutrition**, v.111, p.923-929, 1981.
- ZIMMERMANN, S; FITZSIMMONS, K. Tilapicultura intensiva. In: CYRINO, J.E.P.; URBINATI, E.C.; FRACALOSSO, D. M.; CASTAGNOLLI, N. **Tópicos especiais em piscicultura de água doce tropical intensiva**. São Paulo: Tecart, 2004. p.239-266.

### **CAPÍTULO III**

## **RELAÇÃO LISINA DIGESTÍVEL / PROTEÍNA DIGESTÍVEL PARA A TILÁPIA DO NILO**

### **Relação lisina digestível / proteína digestível para a tilápia do Nilo**

**Resumo** – O uso de novos conceitos em nutrição como o de proteína ideal para peixes está relacionado à exigência nutricional em proteína e aminoácidos, sendo a exigência do primeiro aminoácido limitante, o ponto inicial para a determinação de níveis protéicos das dietas a serem formuladas. Esse estudo foi realizado para determinar a melhor relação proteína digestível / lisina digestível em rações para juvenis de tilápia do Nilo. Duzentos e dezesseis tilápias ( $11,0 \pm 0,43\text{g}$ ) foram distribuídas em 36 aquários (250 litros) numa densidade de seis peixes/aquário. Foram formuladas doze rações com três níveis de proteína digestível (PD) 22,0; 26,0 e 30,0% (com base em aminoácidos digestíveis) e quatro percentagens de lisina em relação à proteína digestível (4,5; 6,0; 7,5 e 9,0%), sendo estas fornecidas à vontade pelo período de 60 dias. Houve interação significativa entre os fatores proteína digestível e lisina digestível sobre o ganho em peso, uma vez que, o aumento dos níveis de lisina em rações com 26,0 e 30,0% de PD apresentou um aumento linear para esse parâmetro. Os melhores valores de conversão alimentar ( $P < 0,05$ ) foram obtidos com os níveis de 26,0 e 30,0% PD, que foram responsáveis pelo aumento ( $P < 0,05$ ) do consumo diário de proteína digestível. Para o fator lisina foi observado redução linear para conversão alimentar e aumento linear para a taxa de eficiência protéica. Conclui-se que o nível de 26,0% de PD pode ser utilizado em rações para juvenis de tilápia do Nilo, entretanto estas devem ser formuladas com aminoácidos digestíveis e relação lisina digestível / proteína digestível de 6,0%. Quando utilizados níveis superiores a 26,0% de PD, o nível máximo de 7,5% de lisina digestível em relação à PD, resulta em melhora no ganho em peso para a espécie.

Palavras-chave: aminoácido, digestibilidade, lisina, nutrição, proteína ideal

### **Digestible lysine / digestible protein ratio for Nile tilapia**

**Summary** – The use of new concepts in nutrition such as ideal protein for fish is related to the nutritional requirements of protein and amino acids. The requirement of the first limiting amino acid is the starting point to determine the protein levels of the diets to be formulated. This study was carried out to determine the best digestible protein / digestible lysine ratio that should be present in ration fed to Nile tilapias. Two hundred and sixteen tilapias ( $11.0 \pm 0.43\text{g}$ ) were distributed in 36 fish tanks (205 l) at a density of 6 fish / tank. Twelve rations at three different levels of digestible protein (DP) 22.0; 26.0 and 30.0% (based on digestible amino acids) and 4 different percentages of lysine with respect to digestible protein 4.5; 6.0; and 7.5; and 9.0%. The fish were fed “*ad libitum*” during a 60-day period. There was significant effect of the digestible protein and digestible lysine ratio over weight gain. A linear relationship was observed for increasing lysine levels of 26 and 30% DP. The best values for feed conversion ( $P < 0.05$ ) were obtained at the levels 26 and 30% DP, and these were responsible for an increasing ( $P < 0.05$ ) of the daily consumption of digestible protein. As for lysine, a linear reduction was observed for feed conversion and linear increase for the protein efficiency rate. The results suggest that the 26% DP level might be used in ration to feed Nile tilapia juveniles; however, these should contain digestible amino acids and the digestible lysine / digestible protein ratio should be 6,0%. While for levels higher than 26% DP, at the digestible lysine maximum level of 7,5% DP resulted in weight gain for the species.

*Keywords:* amino acids, digestible, ideal protein, lysine, nutrition.

## Introdução

Diferentes espécies de peixes apresentam exigências nutricionais distintas em função da capacidade em aproveitar o alimento fornecido ou existente no meio (Pezzato et al., 2004). A exigência protéica para a tilápia do Nilo está relacionada à sua fase de criação e estes valores estão entre 20,0% e 50,0% da dieta (El-Sayed & Teshima, 1991).

Atualmente, encontram-se disponíveis rações com altos níveis de proteína, às vezes, superiores aos valores propostos por El-Sayed & Teshima (1991). Entretanto, as pesquisas demonstram melhores resultados com rações para peixes na fase de larvas (0,51g) e na fase de crescimento (264,0g) com níveis protéicos de 40,0% e 30,0%, respectivamente (AL-Hafedh, 1999). Segundo Cho (1992), a concentração ótima de proteína em rações para peixes depende de um delicado balanço entre energia digestível e proteína bruta. Entretanto, os peixes não possuem exigência verdadeira de proteína, mas sim, de um adequado balanceamento entre os aminoácidos essenciais e não-essenciais (Wilson, 1985; Wilson e Poe, 1985) que compõem as rações. Dentre os aminoácidos essenciais, a lisina está presente em elevada proporção no tecido muscular dos peixes, sendo exigida em altos níveis na dieta, é o aminoácido mais limitante nos ingredientes utilizados na formulação de rações (Foster & Ogata, 1998) e deve estar presente em quantidades ideais com relação à proteína que compõe a dieta (NRC, 1993).

Vários alimentos de origem animal e vegetal de alto valor biológico podem ser utilizados com sucesso na alimentação de peixes (Pezzato, 2001; Gonçalves et al., 2004; Köprücü & Özdemir, 2005) e podem substituir parcial ou totalmente a farinha de peixe comumente utilizada em rações para aquicultura (Furuya et al., 2001). Entretanto, o perfil e a biodisponibilidade dos aminoácidos essenciais e não essenciais que venham a compor cada um desses alimentos, devem ser avaliados principalmente para os aminoácidos lisina, metionina, treonina e triptofano, uma vez que, esses aminoácidos são considerados os mais limitantes em rações para peixes.

Entre as várias espécies de peixes estudados, a tilápia também necessita dos dez aminoácidos essenciais (arginina, histidina, isoleucina, leucina, lisina, metionina, fenilalanina, treonina, triptofano e valina), sendo o aminoácido lisina o mais limitante (Tibaldi et al., 1994). Para a tilápia do Nilo, valores de 1,43% de lisina ou 5,1% da proteína da dieta (NRC, 1993) são comumente utilizados em rações práticas para a espécie.

Com o avanço na área de nutrição e a busca por dietas balanceadas para o melhor aproveitamento de cada nutriente, assim como, menor poder poluente das excretas, faz

com que o equilíbrio entre a proteína digestível e os aminoácidos digestíveis mereçam maior atenção no momento das formulações. Isto é possível por meio do uso do conceito de proteína ideal descrito por Mitchell e colaboradores na década de 60 (Portz, 2001), definido como o balanceamento exato de aminoácidos de forma a atender as exigências de todos os aminoácidos essenciais para manutenção e/ou produção, por meio da proposta, de que cada aminoácido essencial seja expresso em relação a um aminoácido referência, a lisina. A lisina é utilizada como referência por ser economicamente encontrada na forma sintética, pelo número de informações sobre suas exigências, uma vez que, é o aminoácido mais limitante para peixes na fase de crescimento (Tibaldi & Lanari, 1991; Tibaldi et al., 1994), facilidade de análise e, principalmente por ser utilizado exclusivamente para a síntese de proteína corporal (Mack, 1998).

Uma vez que é necessário o valor de exigência do aminoácido lisina para a aplicação do conceito de proteína ideal, a determinação da exigência deste aminoácido pode ser feita pelo método tradicional (dose resposta) ou pela proposta matemática sugerida por Tacon (1989). A determinação da relação ideal entre proteína digestível e lisina digestível permite adequar o balanceamento de nutrientes, assim como a aplicação do conceito de proteína ideal em rações para aquicultura. O presente trabalho teve como objetivo avaliar a melhor relação proteína digestível / lisina digestível para a tilápia do Nilo na fase de crescimento, por meio de avaliações de desempenho produtivo e morfologia.

## **Material e Métodos**

O experimento foi realizado na Unesp – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Departamento de Melhoramento e Nutrição, Laboratório de Nutrição de Organismos Aquáticos – Aqanutri, unidade integrada ao Centro de Aquicultura da UNESP.

### **Formulação e processamento das rações**

Foram formuladas doze rações que constituiram tratamentos em esquema fatorial 3 x 4, correspondente a três níveis de proteína digestível, 22,0; 26,0 e 30,0% (com base nos valores digestíveis das matérias primas) e quatro percentagens de lisina digestível em relação à proteína digestível 4,5; 6,0; 7,5 e 9,0% (Tabela 1). Para a formulação, foram

utilizados os valores de nutrientes digestíveis dos ingredientes determinados em experimento anterior. As rações foram formuladas de forma a se apresentarem isoenergéticas, isofosfóricas, isocalcíticas, níveis semelhantes de fibra e níveis semelhantes para os aminoácidos metionina, treonina e triptofano.

Todos os alimentos utilizados nas rações foram adquiridos comercialmente, moídos em moinho de facas, para a obtenção de partículas com diâmetro médio entre 0,6 e 0,8mm. As rações foram homogeneizadas mecanicamente e posteriormente umedecidas (20,0% água), extrusadas em extrusora comercial (Extrutech<sup>®</sup>) de forma a obter grânulos de tamanho entre 1,7 e 4mm, utilizados conforme o tamanho dos peixes.

### **Condução experimental**

Duzentos e dezesseis juvenis de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) provenientes da Piscicultura Aquabel (Rolândia-Paraná), linhagem tailandesa, revertidas sexualmente e com peso inicial médio de  $11,0 \pm 0,43$ g foram pesados individualmente e os lotes com médias de peso semelhantes foram distribuídos aleatoriamente em 36 aquários circulares (250 litros cada) numa densidade de seis peixes/aquário, após 20 dias de aclimação ao sistema experimental. Os aquários faziam parte de um sistema fechado de recirculação de água, com aeração, aquecimento controlado por termostato ( $27,0 \pm 1,0^{\circ}\text{C}$ ) e filtragem física e biológica da água por meio de biofiltro. Os peixes foram distribuídos em um delineamento experimental inteiramente casualizado em esquema fatorial sendo quatro níveis de lisina digestível x três níveis de proteína digestível, com três repetições por tratamento.

A alimentação foi realizada à vontade seis vezes ao dia, das 8:00 as 18:00h, no período experimental de 60 dias. Semanalmente foram realizados os monitoramentos de qualidade de água (pH, oxigênio dissolvido, amônia e nitrito) e quinzenalmente a limpeza do fundo dos aquários por meio de sifonagem e reabastecimento de 30,0% do volume de água total.



Tabela 1. Composição percentual das rações experimentais.

Ingrediente	Proteína digestível (%) / Lisina digestível (%)													
	22,0/4,5	22,0/6,0	22,0/7,5	22,0/9,0	26,0/4,5	26,0/6,0	26,0/7,5	26,0/9,0	30,0/4,5	30,0/6,0	30,0/7,5	30,0/9,0	30,0/9,0	30,0/9,0
Farelo de soja	8,50	7,39	7,46	6,00	15,40	14,50	14,00	12,96	20,20	19,50	18,50	17,50		
Levedura de cana	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	2,00
Glúten de milho	15,80	15,87	15,81	15,81	18,68	18,68	18,68	18,67	23,20	23,20	23,20	23,20	23,20	23,20
Farinha de peixe	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00
Milho	14,10	15,0	10,60	16,30	12,50	12,77	13,02	13,50	8,82	9,44	10,26	11,00		
Farelo de trigo	5,00	5,00	10,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
Arroz quireira	33,10	32,70	32,29	31,83	27,31	27,31	26,82	26,84	23,42	22,84	22,27	21,68		
Celulose	3,40	3,50	2,90	3,60	2,80	2,90	3,00	3,00	2,40	2,50	2,60	2,70		
L-lisina	0,00	0,44	0,84	1,35	0,00	0,47	0,99	1,51	0,00	0,55	1,17	1,80		
DL-metionina	0,34	0,34	0,34	0,34	0,24	0,29	0,29	0,30	0,23	0,23	0,23	0,24		
Triptofano	0,11	0,11	0,11	0,11	0,08	0,08	0,09	0,09	0,05	0,05	0,06	0,06		
Treonina	0,35	0,35	0,35	0,35	0,21	0,22	0,23	0,25	0,08	0,09	0,11	0,12		
Óleo de soja	3,50	3,50	3,50	3,50	2,08	2,08	2,08	2,08	1,00	1,00	1,00	1,00		
Fosfato bicálcico	3,10	3,10	3,10	3,11	3,00	3,00	3,10	3,10	2,90	2,90	2,90	3,00		
Vitamina C <sup>1</sup>	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08		
Sal	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10		
Supl. vit e min. <sup>2</sup>	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50		
Antioxidante <sup>3</sup>	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02		
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

<sup>1</sup>Vitamina C monofosfatada, 35% de atividade; <sup>2</sup>Suplemento vitamínico mineral: níveis de garantia por kg do produto: Vit. A=1200.000 UI; vit. D3=200.000 UI; vit. E=12.000 mg; vit. K3=2.400 mg; vit. B1=4.800 mg; vit. B2=4.800 mg; vit. B6=4.000 mg; vit. B12=4.800 mg; ác. fólico=1.200 mg; pantotenato de Ca=12.000 mg; biotina=48 mg; colina=65.000 mg; niacina=24.000 mg; ferro=10.000 mg; cobre=600 mg; manganês=4.000 mg; zinco=6.000 mg; iodo=20 mg; cobalto=2 mg e selênio=20 mg; <sup>3</sup> Butil-hidroxi-tolueno.

## **Desempenho produtivo e composição química**

Foram avaliados os seguintes índices de desempenho produtivo ao final do período experimental: consumo alimentar (CA), ganho em peso diário (GPD), ganho em peso total (GPT), conversão alimentar aparente (CAA), taxa de eficiência protéica (TEP), rendimento de carcaça e sobrevivência.

## **Análise morfológica do fígado**

Seis peixes de cada tratamento foram utilizados para a avaliação morfológica das estruturas histológicas do fígado. Depois de anestesiado em benzocaína (1g/15L de água) e sacrificado por meio da secção da medula espinhal, foi retirado o fígado e em seguida lavado em solução fisiológica para ser fixado em solução de formalina tamponada por 24h. Posteriormente, realizaram-se vários cortes de 5µm do tecido hepático em micrótomo. Os cortes foram submetidos à coloração HE, após desparafinização, hidratação e montagem e analisados morfológicamente no Laboratório de Morfologia e Histologia da Universidade Estadual Paulista – UNESP/ Botucatu.

## **Delineamento experimental e análises estatísticas**

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com doze tratamentos em esquema fatorial (4 x 3), em que os fatores eram quatro níveis de lisina digestível e três níveis de proteína digestível. Foram utilizadas três repetições e seis peixes por unidade experimental.

A análise de variância foi realizada de acordo com o modelo abaixo.

**$Y_{ijk} = \mu + P_i + L:PD_i + E_{ijk}$ , em que:**

$Y_{ijk}$  = produção observada na unidade experimental k do nível de lisina j, dentro do nível de proteína i;

$\mu$  = média geral;

$P_i$  = Efeito do nível de PDi;

$L:PD_i$  = efeito do nível de lisina, dentro do nível de PDi;

$E_{ijk}$  = erro aleatório associado a cada observação.

Para as análises estatísticas dos parâmetros avaliados foi utilizado o programa Statistical Analysis System (SAS, 1995), e a estimativa das exigências em lisina digestível estabelecida com o uso do modelo de regressão polinomial e/ou do modelo descontínuo LRP – Linear Response Plateau, considerando-se na escolha do modelo, uma vez respeitada a interpretação biológica a menor soma de quadrados dos desvios.

### **Resultados e Discussão**

Os parâmetros de qualidade de água foram de  $27,0 \pm 1,0^{\circ}\text{C}$ ;  $6,14 \pm 0,79\text{mg/L}$  e  $7,12 \pm 0,29$  para temperatura, oxigênio dissolvido e pH da água dos aquários, respectivamente, valores estes próximos aos recomendados por Popma & Green (1990) para o máximo crescimento da espécie. Os valores de amônia e nitrito ficaram abaixo dos níveis detectáveis pelo kit colorimétrico. A composição físico-química das rações experimentais está apresentada na Tabela 2. Os resultados de desempenho produtivo da tilápia do Nilo alimentada com rações contendo diferentes níveis de proteína digestível e lisina digestível estão apresentados na Tabelas 3 e 4. As rações cujos valores de proteína digestível apresentavam 22,0; 26,0 e 30,0% PD, continham aproximadamente 26,0; 32,0 e 36,0% PB, respectivamente.

Os peixes mortos durante os três primeiros dias de experimento devido ao manejo foram substituídos por outro de peso semelhante, sendo que ao final do período experimental não houve mortalidade em função dos diferentes tratamentos.

Não houve efeito significativo ( $p>0,05$ ) do nível de proteína digestível e de lisina digestível para o consumo alimentar. Observa-se na Tabela 4, efeito significativo da interação entre os níveis de proteína digestível e de lisina das rações para o parâmetro ganho em peso (Figura 1). Os níveis de proteína digestível apresentaram efeito ( $P<0,05$ ) para a conversão alimentar e consumo diário de proteína digestível e os níveis de lisina caracterizam efeito significativo para a conversão alimentar e taxa de eficiência protéica.

Tabela 2. Composição química das rações experimentais.

Nutriente (%) <sup>1</sup>	Proteína digestível (%) / Lisina digestível (%)																							
	22,0/4,5	22,0/6,0	22,0/7,5	22,0/9,0	26,0/4,5	26,0/6,0	26,0/7,5	26,0/9,0	30,0/4,5	30,0/6,0	30,0/7,5	30,0/9,0	94,01	94,12	94,52	95,01	94,10	93,98	94,23	93,78	95,06	94,87	93,89	95,10
Energia	22,0/4,5	22,0/6,0	22,0/7,5	22,0/9,0	26,0/4,5	26,0/6,0	26,0/7,5	26,0/9,0	30,0/4,5	30,0/6,0	30,0/7,5	30,0/9,0	94,01	94,12	94,52	95,01	94,10	93,98	94,23	93,78	95,06	94,87	93,89	95,10
Matéria seca	94,01	94,12	94,52	95,01	94,10	93,98	94,23	93,78	95,06	94,87	93,89	95,10	26,96	26,42	26,07	25,72	31,91	31,46	31,18	30,68	36,94	36,57	36,06	35,55
Proteína bruta	26,96	26,42	26,07	25,72	31,91	31,46	31,18	30,68	36,94	36,57	36,06	35,55	22,06	21,96	22,02	22,09	25,93	25,96	26,15	26,16	29,86	30,00	30,08	30,16
Proteína digestível <sup>2</sup>	22,06	21,96	22,02	22,09	25,93	25,96	26,15	26,16	29,86	30,00	30,08	30,16	3318	3323	3329	3339	3309	3313	3317	3325	3302	3310	3320	3326
Energia digestível <sup>2,3</sup>	3318	3323	3329	3339	3309	3313	3317	3325	3302	3310	3320	3326	3,98	3,99	4,02	3,98	3,98	3,99	4,04	3,97	3,98	4,01	4,03	4,04
Fibra bruta	3,98	3,99	4,02	3,98	3,98	3,99	4,04	3,97	3,98	4,01	4,03	4,04	6,43	6,42	6,42	6,42	5,14	5,14	5,13	5,12	4,24	4,23	4,22	4,22
Extrato Etéreo	6,43	6,42	6,42	6,42	5,14	5,14	5,13	5,12	4,24	4,23	4,22	4,22	1,69	1,68	1,67	1,66	1,75	1,74	1,76	1,75	1,81	1,80	1,79	1,81
Cálcio	1,69	1,68	1,67	1,66	1,75	1,74	1,76	1,75	1,81	1,80	1,79	1,81	0,70	0,70	0,69	0,69	0,70	0,70	0,71	0,70	0,70	0,70	0,70	0,71
Fósforo disponível <sup>2</sup>	0,70	0,70	0,69	0,69	0,70	0,70	0,71	0,70	0,70	0,70	0,70	0,71	1,01	1,32	1,65	1,98	1,22	1,56	1,95	2,33	1,39	1,80	2,25	2,71
Lisina digestível <sup>2</sup>	1,01	1,32	1,65	1,98	1,22	1,56	1,95	2,33	1,39	1,80	2,25	2,71	0,75	0,75	0,74	0,74	0,70	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
Metionina digestível <sup>2</sup>	0,75	0,75	0,74	0,74	0,70	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	1,00	0,99	0,99	0,98	0,99	1,04	1,03	1,03	1,09	1,08	1,07	1,08
Met. + Cistina	1,00	0,99	0,99	0,98	0,99	1,04	1,03	1,03	1,09	1,08	1,07	1,08	1,06	1,04	1,03	1,02	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05
Treonina digestível <sup>2</sup>	1,06	1,04	1,03	1,02	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	0,28	0,27	0,27	0,26	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28
Triptofano digestível <sup>2</sup>	0,28	0,27	0,27	0,26	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28												

<sup>1</sup>Valores determinados no Laboratório de bromatologia da Unesp-Botucatu; <sup>2</sup>Valores digestíveis pré-determinados, <sup>3</sup>valor expresso e kcal/kg.

Tabela 3. Consumo alimentar (CONS), conversão alimentar (CA), consumo diário de proteína digestível (CDPD) e taxa de eficiência protéica (TEP) de juvenis de tilápia do Nilo alimentadas com diferentes relações proteína digestível / lisina digestível.

PD (%)	CONS (g)	CA	CDPD (g/dia)	TEP (%)
Fator PD (%)	NS	P<0,05	P<0,05	NS
22,0	82,95±1,77	1,19±0,03b	0,31±0,01b	3,82±0,09
26,0	87,33±3,49	1,04±0,08a	0,38±0,02a	3,75±0,30
30,0	77,80±6,15	0,92±0,08a	0,39±0,03a	3,71±0,26
Fator Lisina (%)	NS	P<0,05	NS	P<0,05
4,50	80,67±5,88	1,08±0,08	0,35±0,04	3,49±0,19
6,00	80,97±9,75	1,05±0,11	0,35±0,05	3,74±0,16
7,50	84,93±4,27	1,02±0,18	0,37±0,05	3,87±0,06
9,00	84,25±1,48	1,00±0,19	0,36±0,06	3,94±0,15
Interação PD x Lisina	NS	NS	NS	NS

NS = P>0,05 pelo teste de F. Médias seguidas de mesma letra, na mesma coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P>0,05).

Tabela 4. Médias apresentadas para a variável ganho em peso, onde houve interação significativa para os fatores proteína digestível e lisina digestível.

Lisina (% / PD)	Proteína Digestível (%)		
	22,0	26,0	30,0
4,5	67,23±6,80 Ab	74,96±3,11 Ba	72,22±6,41 Ba
6,0	70,31±2,21 Ab	87,06±4,92 Aa	75,57±5,73 Ba
7,5	69,25±8,98 Ab	89,07±5,27 Aa	96,49±6,27 Aa
9,0	70,54±10,99 Ab	88,57±9,89 Aa	98,50±9,06 Aa

Médias seguidas de mesma letra (maiúscula na vertical e minúscula na horizontal), não diferem entre si pelo teste de Tukey, nível de significância de 5% de probabilidade.

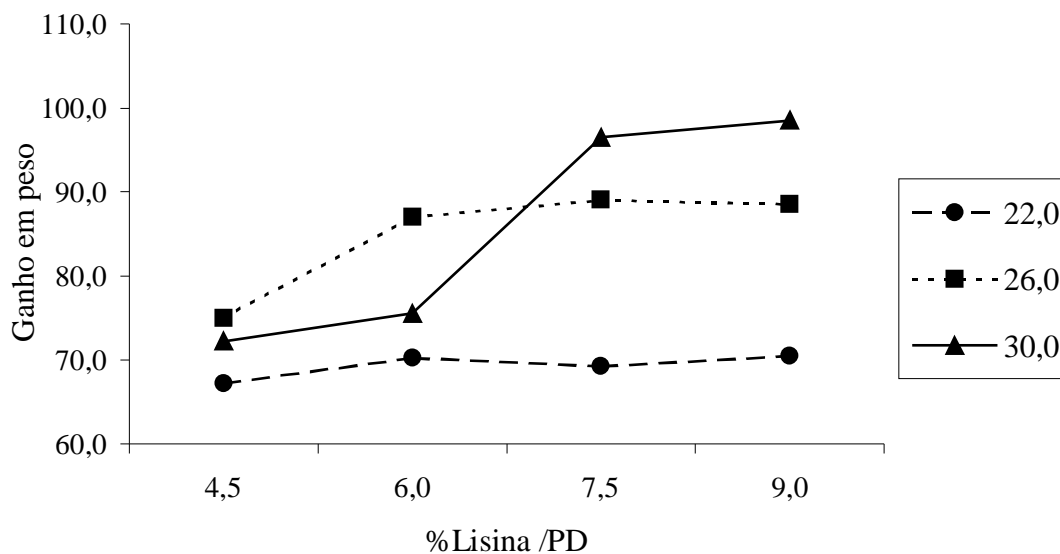


Figura 1. Interação entre as médias gerais dos tratamentos lisina e proteína digestível para o parâmetro ganho em peso de juvenis de tilápia do Nilo.

Os valores de conversão alimentar obtidos no presente estudo demonstram uma redução com a utilização de níveis protéicos de 26,0 e 30,0% PD, sendo estes valores significativamente melhores que 22,0%PD. Resultado semelhante ocorreu para o consumo diário de proteína digestível, o qual foi significativamente superior para os níveis de 26,0 e 30,0% PD quando comparado ao nível de apenas 22,0% PD.

Para o fator Lisina, observa-se na Tabela 3, efeito significativo para os parâmetros conversão alimentar e taxa de eficiência protéica, os quais após análise de regressão polinomial apresentaram efeito linear em função dos níveis de lisina na ração. Os valores de conversão alimentar melhoraram linearmente ( $y=1,238-0,036x$   $R^2=0,99$ ) (Figura 2), e a taxa de eficiência protéica aumentou ( $y=3,097+0,098x$   $R^2=0,92$ ) com o aumento dos níveis de lisina na ração, destacando o efeito positivo da suplementação deste aminoácido de forma a contribuir no perfil de aminoácidos totais para o desempenho produtivo do peixe, concordando com os resultados obtidos por Jauncey (1982), De Silva et al. (1989) e AL-Hafedh (1999) todos em estudos com diferentes espécies de tilápias.

Para a conversão alimentar e consumo diário de proteína digestível observa-se na Tabela 3, que os menores valores foram obtidos com os níveis protéicos de 26% e 30%PD, diferindo estes ( $P<0,05$ ) do tratamento com 22%PD.

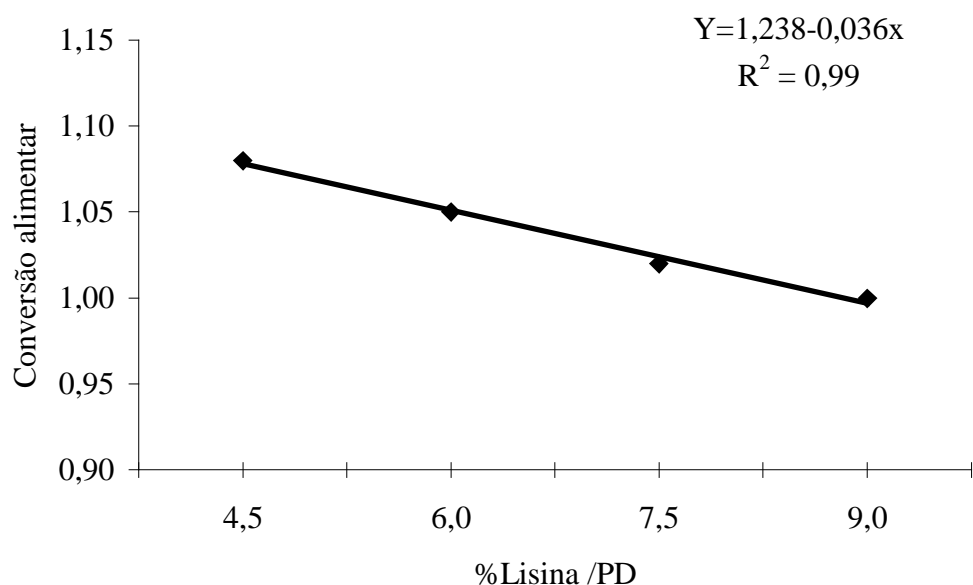


Figura 2. Conversão alimentar de juvenis de tilápia do Nilo alimentados com diferentes relações lisina / proteína digestível.

Muitas rações para peixes tropicais ainda são comumente formuladas com base nos valores apresentados pelo NRC (1993), o qual apresenta exigência de 30,0% de PB para a tilápia do Nilo. Destaca-se que a exigência estabelecida pelo NRC (1993), de acordo com o trabalho de Wang et al., (1985) foi determinada utilizando como fonte protéica a caseína, alimento este de alta digestibilidade em rações para peixes. No mesmo sentido, Santiago & Lovell (1988) apresentaram a exigência de 1,43% de lisina em dietas para a tilápia do Nilo, em rações cujo valor protéico foi de apenas 28,0% de PB, porém está processada com alimentos quimicamente definidos. Uma vez estabelecida a exigência de 30,0% PB para a espécie, o valor de 28,0% utilizado nos estudos de Santiago & Lovell (1988) é inferior à exigência mínima pré-estabelecida para a espécie, podendo este valor estar subestimado ou a forma da dieta (quimicamente definida) não representar valores condizentes às respostas produtivas obtidas posteriormente com a utilização de alimentos convencionais, como realizado no presente estudo.

Muitos são os fatores que podem influenciar na determinação da exigência nutricional para uma determinada espécie. Dentre estes, a linhagem, fase de crescimento, manejo, estado fisiológico, parâmetros físico-químicos da água, métodos de determinação e, principalmente o tipo de alimento utilizado na composição das

dietas. Tais fatores fazem com que ocorram diferenças nos resultados obtidos, sendo necessário a interpretação biológica para cada caso em específico. Para esse estudo, foram utilizados alimentos utilizados em indústrias de rações, e os valores de digestibilidade previamente determinados.

Os resultados obtidos nesse estudo com 26,0% PD, demonstram a possibilidade de redução de até 4,0% de PD sem afetar o desempenho, conversão alimentar e taxa de eficiência protéica, estando de acordo com os resultados de Winfree & Steckney (1981), os quais também observaram a possibilidade de redução nos níveis protéicos para a tilápia do Nilo. A redução nos níveis protéicos da ração foi observada também no trabalho de Jauncey (1982) com a tilápia mossambica (8,0g), a qual apresentou uma exigência de 40,0% PB para ótimo crescimento da espécie.

Nesse estudo, os melhores resultados obtidos com níveis acima de 26,0% PD ou 32,0% PB, pode estar relacionado ao tamanho dos peixes, uma vez que os juvenis utilizados nesse estudo, iniciaram com peso de 11,0g e terminaram com peso de 100,0g. Siddiqui et al. (1991) relatam o grande número de estudos para a determinação da exigência nutricional com larvas e alevinos para as diferentes espécies de peixes, embora as rações sejam para a fase de crescimento. Nesse contexto, os autores avaliaram a influência do nível protéico da dieta (25,0; 30,0; 35,0; 40,0 e 45,0% PB) para diferentes fases de crescimento (0,5; 45,0; 96,0 e 264,0g de peso vivo inicial) da tilápia do Nilo encontrando melhores respostas de desempenho e custo benefício quando utilizada rações com 40,0% PB para alevinos de 0,5g e 30,0% PB para as demais fases de crescimento.

Os resultados obtidos nesse estudo com 26,0% PD se assemelham aos obtidos por Hafedh (1999), o qual também observou uma tendência de melhora nos valores de desempenho produtivo com níveis superiores a 30,0% PB para peixes acima de 45,0g.

A exigência nutricional para a tilápia do Nilo vem sendo determinada em várias partes do mundo. A proteína e os aminoácidos são nutrientes de destaque, uma vez que, participam com grande importância nas respostas de crescimento e custo final das rações. Muitos dos trabalhos cujo objetivo foi avaliar a exigência em proteína para a tilápia do Nilo (Winfree & Steckney, 1981; Siddiqui et al., 1991; Hafedh, 1999; Furuya et al., 2005) utilizaram valores fixos de lisina nas rações experimentais. Sendo a lisina o aminoácido limitante, faz-se necessário a determinação de níveis protéicos cujos valores de aminoácidos totais sejam suficientes para suprir a exigência da espécie em estudo. Nesse sentido, a determinação da exigência em lisina para a tilápia do Nilo com



peso inicial de 117,0g foi determinada em 1,42% da dieta (ou 5,7% da proteína bruta) por Furuya et al. (2004) em que os autores fixaram o nível de 25,0% PB, alterando os níveis de suplementação de lisina (1,13; 1,27; 1,42; 1,57% de lisina na ração).

A determinação de valores ideais para o aminoácido lisina com valores fixos de proteína na ração, assim como, a avaliação inversa, valor fixo de lisina com variações nos níveis protéicos da dieta pode apresentar respostas diferentes. A falta de algum aminoácido essencial ou mesmo o excesso de apenas um aminoácido, pode não representar um equilíbrio entre os aminoácidos da ração, limitando o desempenho da espécie.

Nesse estudo, houve interação significativa entre os efeitos lineares da proteína digestível e do teor de lisina sobre o ganho de peso, de forma que o aumento do nível de lisina nas rações com proteína digestível de 26,0 apresentaram melhores respostas ( $P < 0,05$ ) com níveis de lisina em relação à PD de 6,0%, entretanto, para o nível de 30,0% PD os melhores valores ( $P < 0,05$ ) foram obtidos com níveis de 7,5% de lisina em relação à PD.

De modo a estimar a exigência nutricional em lisina para os níveis de 26,0 e 30,0% de PD, os quais apresentaram interação linear significativa para o ganho em peso quando analisados os dois fatores, fez-se o uso do modelo descontínuo LRP – Linear Response Plateau para a determinação do melhor nível de lisina. Para o nível de 26% PD, o platô foi atingido com o nível de 7,5% de lisina em relação à PD ( $y = 55,48467 + 17,16338x$   $R^2 = 0,92$ ) o qual apresentou o valor de 88,95g para o parâmetro ganho em peso, entretanto, para o nível de 30% PD o platô foi alcançado com o nível de 8,0% de lisina em relação à PD ( $y = 28,87979 + 28,92488x$   $R^2 = 0,87$ ) que apresentou o valor de 98,29g.

O efeito significativo para a interação apenas entre os níveis de 26,0 e 30,0% PD com os níveis crescentes de lisina nas rações, demonstra que apesar do aminoácido lisina ser o de maior exigência entre os dez aminoácidos essenciais, sua suplementação em rações com baixos níveis protéicos não altera a qualidade nutricional da ração, não melhorando o desempenho dos peixes. Uma vez que, a exigência em proteína está marcada pelo ideal balanço entre os aminoácidos que compõem a ração, outros aminoácidos também são necessários para que haja melhor eficiência do alimento utilizado. Os resultados obtidos com o baixo nível protéico avaliado nesse estudo (22,0%PD) foram diferentes dos valores apresentados por Furuya et al. (2004), em que níveis crescentes de lisina em ração com baixo valor protéico (25,0% PB) apresentaram melhores respostas

para ganho em peso e taxa de eficiência protéica até a suplementação de 1,42% e 1,35% de lisina na dieta, respectivamente.

Os resultados obtidos nesse estudo se assemelham aos de Webster et al. (2000), que em estudo com duas diferentes espécies de bagre (bagre azul e bagre do canal), também não observaram diferença significativa com a adição dos aminoácidos lisina e metionina em rações com 22,0% PB, entretanto, rações com níveis de 32,0% PB apresentaram melhores respostas de desempenho produtivo com ou sem a suplementação de aminoácidos.

Os melhores valores de conversão alimentar ( $P < 0,05$ ) obtidos nesse estudo com níveis de 26 e 30% PD em relação ao nível de 22% PD corroboram os resultados de Hafedh (1999) o qual destaca a melhora nos valores deste parâmetro para a tilápia do Nilo, a medida em que a proteína da ração foi aumentada.

Os valores determinados nesse estudo são superiores ao encontrado para a tilápia do Nilo por Santiago & Lovel (1988), que estimaram 1,43% de lisina ou 5,1% desse aminoácido em relação à proteína da dieta, entretanto se assemelham aos obtidos por Ruchimat et al. (1997) os quais determinaram a exigência de 1,78% de lisina para o *yellowtail* (*Seriola quinqueradiata*), e Fagbenro et al. (1988) com 2,29% para o bagre africano (*Clarias gariepinus*) Apesar das diferenças em relação ao hábito alimentar, os resultados obtidos nesse estudo se assemelham aos valores determinados para algumas espécies carnívoras que segundo Portz (2001), apresentaram maior exigência em lisina.

Embora as rações com níveis de 30,0% PD não tenham apresentado diferença ( $P > 0,05$ ) quando comparadas à de 26,0% PD para o parâmetro GP, observa-se pela análise de LRP um aumento nos valores com o uso de níveis superiores (8,0% de lisina em relação à PD da dieta). Esses resultados demonstram que diferentes níveis de lisina na ração podem alterar o desempenho produtivo em função do nível de proteína digestível da dieta. Com base nos tratamentos utilizados, o nível de 26,0% de PD e 6,0% de lisina em relação à proteína digestível apresenta melhor valor para ganho em peso com juvenis de tilápia do Nilo. Entretanto, nível superior como o avaliado nesse estudo (30,0% PD) pode ser utilizado com nível de até 7,5% de lisina em relação à PD, aumentando os valores de ganho em peso para a espécie. Níveis elevados de suplementação de lisina em ração com baixo nível protéico não proporcionaram as mesmas respostas, destacando a importância da lisina em equilíbrio com os demais aminoácidos.

A suplementação de aminoácido cristalinos nas rações, com diferentes níveis protéicos apresentou diferentes comportamentos quando avaliada dentro de cada nível

estudado, destacando a capacidade de utilização do aminoácido sintético pela tilápia do Nilo, de forma a suprir sua exigência quanto ao aminoácido mais limitante (lisina) e, equilibrando o perfil ideal de aminoácidos necessário para a maior eficiência de utilização da fração protéica da ração, proporcionando melhores respostas de desempenho.

Os melhores valores de desempenho produtivo obtido com níveis de 26,0% PD, estão próximos aos resultados obtidos por Furuya et al., (2005) com a tilápia do Nilo (5,0 a 125,0g), em que os autores propõem a redução de 30,0% para 27,5% PD em rações com nível de lisina de 1,70% ou 6,18% da PD.

Possíveis perdas do aminoácido sintético na ração podem ocorrer por meio da lixiviação após contato com a água, quando comparado ao aminoácido ligado à proteína (Zarate & Lovell, 1997). Entretanto, o adequado balanceamento de aminoácidos nas rações, a possibilidade de utilização de peptídeos de cadeia curta e longa pelo trato digestório da tilápia do Nilo (Tengjaroenkul et al, 2000) e a utilização de frequências alimentares corretas de forma a evitar elevados níveis plasmáticos de aminoácidos (Tantikitti & March, 1995) podem determinar melhor eficiência do alimento e menor excreção de nutrientes ao meio.

A análise da morfologia dos fígados das tilápias em todos os tratamentos estudados revelou que não houve diferença entre os grupos de peixes alimentados com as diferentes concentrações de proteína e lisina. Os fígados apresentaram hepatócitos com formato variando de ovalado a poligonal com citoplasma vesiculoso levemente acidófilo, núcleos centrais ou polares, cromatina levemente condensada e nucléolo, às vezes, evidente. As estruturas observadas demonstram que os peixes não apresentaram anormalidade morfológica no tecido hepático, sendo possível utilização de dietas com diferentes níveis protéicos sem, contudo alterar as condições hepáticas dos peixes.

A possibilidade do uso de aminoácidos cristalinos em equilíbrio com os demais aminoácidos essenciais e não-essenciais, é ferramenta importante na elaboração de dietas alimentos que promovam melhores resultados no crescimento dos peixes. Desta forma, torna-se possível a redução nos níveis protéicos, menor excreção de nutrientes e a possibilidade de redução nos custos com a alimentação, uma vez que, nem sempre rações com baixos níveis protéicos são de baixo custo, quando formuladas com alimentos de alto valor biológico e aminoácidos em quantidades proporções ideais.

## **Conclusão**

O uso de rações com 26,0% PD e relação de 6,0% de lisina / PD em rações para juvenis de tilápia do Nilo promove melhores respostas de desempenho. Quando utilizado o nível protéico de 30,0% PD, a melhor relação é de 7,5% de lisina / PD.

### Literatura Citada

- A.O.A.C. 2000. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 17.ed. AOAC, Gaithersburg, MD, USA.
- CHO, C.Y. Feeding for rainbow trout and other salmonids, with reference to current estimates of energy and protein requirement. **Aquaculture**, v.100, p.107-123, 1992.
- DE SILVA, S.S.; Gunasekera, R.M. Atapattu, D. The dietary protein requirements of young tilapia and an evaluation of the least cost of dietary protein levels. **Aquaculture**, v.80, p.271-284, 1989.
- EL-SAYED, A.M.; TESHIMA, S. Tilapia nutrition in aquaculture. **Reviews in Aquatic Sciences**, v.5, p.247,265, 1991.
- FAGBENRO, O.A. Dietary lysine requirement of the African catfish, *Clarias gariepinus*. N Journal of Applied **Aquaculture**, v.8, p. 71-77, 1988.
- FOSTER, I.; OGATA, H.Y. Lysine requirement of juvenile Japanese flounder *Paralichthys olivaceus* and juvenile red sea bream *Pagrus major*. **Aquaculture**, v.161, p.131-142, 1998.
- FURUYA, W.M.; BOTARO, D.; NEVES, P.R. et al. Exigência de lisina pela Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), na fase de terminação. **Ciência Rural**, v.34, n.5, p. 1571-1577, set-out, 2004.
- FURUYA, W.M.; BOTARO, D.; MACEDO, R.M.G. et al Aplicação do conceito de proteína ideal para redução dos níveis de proteína em dietas para tilápia do Nilo. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.34, n.5, p.1433-1441, 2005.
- FURUYA, W.M.; PEZZATO, L.E.; PEZZATO, A.C. et al. Coeficientes de digestibilidade e valores de aminoácidos digestíveis de alguns ingredientes para a Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.4, p.1143-1149, 2001.
- GONÇALVES, G.S.; PEZZATO, L.E.; BARROS, M.M. eta al. Digestibilidade aparente e suplementação de fitase em alimentos vegetais para a tilápia do Nilo. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v. 26, n.3, p.313-321, 2004.
- HAFEDH, Y.S.Al. Effects of dietary protein on growth and body composition of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* L. **Aquaculture Research**, v.30, p.385-393, 1999.

- JAUNCEY, K.; ROSS, B. **A guide to tilapia feed and feeding**, Scotland: University of Stirling, 1982. 111p.
- KÖPRÜCÜ, K.; ÖZDEMİR, Y. Apparent digestibility of selected feed ingredients for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Aquaculture**, v.250, p.308-316, 2005.
- MACK, S. Amino acids in broiler nutrition – requirements and interrelations. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE NUTRIÇÃO DE AVES, 1998, Campinas. Anais... Campinas, São Paulo, 1998. p. 69-86.
- MAZID, M.A.; TANAKA, Y.; KATAYAMA, T. et al. Metabolismo of amino acids in aquatic animals. 3. Indispensable amino acids for *Tilapia zillii*. **Bull. Japanese Society Fish**, v.44, p.739-742, 1979.
- NRC (National Research Council), Nutrient requirement of fish. National Academy Press, Washington, DC. 1993. 114p.
- PEZZATO, L.E. **Digestibilidade em peixes**. Botucatu: Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, 2001. 82p. Tese (Livre Docência). Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, 2001.
- PEZZATO, L.E.; BARROS, M.M.; FRACALOSSO, D.M. et al. Nutrição de peixes. In: CYRINO, J.E.P.; URBINATI, E.C.; FRACALOSSO, D. M.; CASTAGNOLLI, N. **Tópicos especiais em piscicultura de água doce tropical intensiva**. São Paulo: Tecart, 2004. p.75-169.
- POPMA, T.J.; GREEN, B.W. Sex reversal of tilapia in earthen ponds. **Aquaculture production manual. Alabama**: Auburn University, Alabama Research and Development, 1990. 15p.
- PORTZ, L. **Utilização de diferentes fontes protéicas em dietas formuladas pelo conceito de proteína ideal para o “black bass” (*Micropterus salmoides*)**. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2001. 111p. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2001.
- RUCHIMAT, T. Quantitative lysine requirement of yellowtail (*Seriola quinqueradiata*). **Aquaculture**, v.158, p.331-339, 1997.
- SANTIAGO, C.B.; LOVELL, R.T. Amino acid requirements for growth of Nile tilapia. **Journal of Nutrition**, v.118, p.1540-1546, 1988.

- SAS (Statistical Analysis Systems Institute). **Use's guide, version 6.** 4 ed., Cary: SAS®/STAT, SAS Institute, 1995. 365p.
- SIDDIQUI, A.Q.; HOWLADER, M.S.; ADAM, A.A. Management strategies for intensive culture of Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) in tanks using drainage water in Al Hassa region of Saudi Arabia. **Arab Gulf Journal of Scientific Research**, v.9, p.149-163, 1991.
- TACON, A.J. *Nutrición y Alimentación de Peces y Camarones Cultivados: Manual de Capacitación.* FAO: Brasilia, Brasil, 1989. 365p.
- TANTIKITTI, C.; MARCH, B.E. Dynamics of plasma free amino acids in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) under variety of dietary conditions. **Fish Physiology Biochemistry**, v.14, p.179-194, 1995.
- TIBALDI, E.; TULLI, F.; LANARI, D. Arginine requirement and effect of different dietary arginine and lysine levels for fingerling sea bass (*Dicentrarchus labrax*). **Aquaculture**, v.127, p.2017-2018, 1994.
- TENGJAROENKUL, B.; SMITH, B.J.; CACECI, T.; et al. Distribution of intestinal enzyme activities along the intestinal tract of cultured Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* L. **Aquaculture**, v.182, p.317-327, 2000.
- TIBALDI, E.; LANARI, D. Optimal dietary lysine levels for growth and protein utilization fingerling sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.) fed semipurified diets. **Aquaculture**, v. 95, n.3/4, p.297-304, 1991.
- WANG, K. W.; TAKEUCHI, T.; WATANABE, T. Effect of dietary protein levels on growth of Tilapia nilotica. **Bulletin Japanese Society Science Fish**, v.51, p.133-140, 1985.
- WEBSTER, C.D.; THOMPSON, K.R.; MORGAN, A.M. et al. Use of hempseed meal, poultry by-product meal, and canola meal in practical diets without fish meal for sunshine bass (*Morone chrysops* x *M. saxatilis*). **Aquaculture**, v.188, p.299-309, 2000.
- WILSON, R.P.; POE, W.E. Relationship of whole and egg essential amino acid patterns to amino acid requirement patterns in channel catfish (*Ictalurus punctatus*). **Compendium Biochemistry Physiology**, v.80B, p.385-388, 1985.

- WILSON, R.P. Amino acid and protein requirements of fish. In: EL-SAYED, A.F.M.; TESHIMA, C.B.; MAKIE, A.M. **Nutrition and feeding of fish**. London: Academic Press. 1985, p.1-16.
- WINFREE, R.A.; STCKNEY, A.A. Effects of dietary protein and energy on growth, feed conversion efficiency and body composition of *Tilapia aurea*. **Journal of Nutrition**. v.111, p.1001-1012, 1981.
- ZARATE, D.D.; LOVELL, R.T. Free lysine (L-lysine, HCL) is utilized for growth less efficiently than protein-bound lysine (soybean meal) in practical diets by young channel catfish (*Ictalurus punctatus*). **Aquaculture**, v.159, p.87-100, 1997.



## **CAPÍTULO IV**

### **APLICAÇÃO DO CONCEITO DE PROTEÍNA IDEAL E RELAÇÃO ENERGIA DIGESTÍVEL / PROTEÍNA DIGESTÍVEL PARA TILÁPIA DO NILO**

## Aplicação do conceito de proteína ideal e relação energia digestível / proteína digestível para tilápia do Nilo

Resumo - Esse estudo foi realizado para determinar a melhor relação energia digestível / proteína digestível em rações formuladas com base em aminoácidos digestíveis e aplicação do conceito de proteína ideal para juvenis ( $30,0 \pm 4,21\text{g}$ ) de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). Foram formuladas 12 rações com quatro níveis de proteína digestível 22,0; 26,0; 30,0 e 34,0% e três níveis de energia digestível 3000, 3300 e 3600 kcal/kg, as quais apresentaram relação energia digestível/proteína digestível (ED/PD) variando entre 8,94 e 15,19 Kcal/g. Foram utilizadas 324 tilápias, distribuídas aleatoriamente em 36 aquários circulares com volume de 250 litros cada, numa densidade de 9 peixes/aquário, perfazendo 12 tratamento e 3 repetições. Ao final de sessenta dias, não foi observada diferença significativa para ganho em peso, ganho em peso diário e conversão alimentar para os diferentes tratamentos avaliados. Entretanto, observa-se aumento linear para o rendimento de filé com o aumento dos níveis de proteína digestível. Com relação ao custo de ração / kg de ganho em peso, o tratamento com 30,0% PD e 3.000 kcal/kg ED foi o que apresentou os menores custos e melhor índice de eficiência econômica. Conclui-se que a energia digestível não influenciou nos parâmetros de desempenho produtivos e que é possível a utilização de níveis inferiores a 34,0% PD em rações para juvenis de tilápia. Balanceadas com base no conceito de proteína ideal. Os valores de 22,0% PD e 3.000 kcal/kg de ED podem ser utilizados em dieta para a espécie, uma vez respeitada a exigência dos demais nutrientes e utilização de alimentos de alto valor biológico.

Palavras-chave: aminoácido, energia, proteína, proteína ideal, tilápia do Nilo

Application of the ideal protein concept and digestible energy / digestible protein ratio for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*)

Summary – This study was carried out to determine the best digestible energy and digestible protein ratio in practical rations of Nile tilapia (juveniles  $30.0 \pm 4.21\text{g}$ ) based on digestible amino acids as well as the use of the ideal protein.). Twelve rations were formulated with protein levels 22.0; 26.0; 30.0 and 34.0% of digestible protein and levels 3,000; 3,300 and 3,600 kcal/kg digestible energy. The digestible energy / digestible protein ratio between 8.94 and 15.19 kcal/g. Three hundred and twenty four tilapias were randomly distributed in 36 circular tanks (250 liters each) at a density of 9 fish/ tank, a total of 12 treatments with three replicates. After 60 days, there was no significant difference on weight gain, daily weight gain and feed conversion ration among the studied treatments. It was observed a linear increase in fillet yield with increasing digestible protein. With respect to ration cost / kg of weight gain, the treatment with 30.0% DP and 3000 kcal/kg DE presented low cost and better cost effectiveness index. Therefore, it can be concluded that digestible energy did not influence the productive performance parameters and that it is possible to formulate effective rations with DP levels lower than 34% when feeding juvenile tilapias. The ration should be formulated based on the concept of ideal protein. The levels of 22,0% DP and 3,000 kcal/kg DE maybe used in diets for the species, since respected at requirement of all nutrients and used of feedstuffs great biological value.

*Keywords:* amino acid, energy, ideal protein, protein, Nile tilapia

## Introdução

Os peixes obtêm a energia do alimento ou quando em jejum das reservas corporais e apresentam baixa exigência em energia quando comparado aos animais de sangue quente sendo considerados mais eficientes que os mamíferos e pássaros quanto à eficiência de utilização devido à excreção de 85,0% dos compostos nitrogenados na forma de amônia, menor exigência para movimentos na água e ausência da necessidade de regulação da temperatura corporal (NRC, 1993).

Em relação aos monogástricos, o alto nível de proteína utilizado em dietas para peixes atribui-se ao hábito alimentar da espécie, bem como a característica de utilizarem produtos do catabolismo de proteína ao invés dos carboidratos e lipídios como principal fonte de energia (Tacon & Cowey, 1985), suprimindo desta forma suas exigências de forma alternativa e pouco econômica. Assim, o uso de fontes alternativas de energia como os lipídios e carboidratos e o correto balanceamento destes de forma a atender a exigência da espécie permite melhor utilização dos aminoácidos para o crescimento das fibras musculares e manutenção metabólica.

Muitos estudos realizados para determinar a exigência em proteína para as diferentes espécies utilizadas na aquicultura, podem apresentar valores superestimados, uma vez que, parte dos aminoácidos da dieta podem ser catabolizados na forma de esqueleto carbônico-carboidrato e gorduras, e utilizado como fonte de energia pelos peixes, encarecendo o custo da alimentação (Wilson, 1989; Lovell, 1989) e proporcionando aumento na excreção de amônia para o meio e efluente com maior potencial poluente (Kaushik & Oliva-Teles, 1986).

Dentre os principais fatores que devem influenciar a exigência protéica na alimentação dos peixes estão, qualidade da proteína, energia dietética não protéica (carboidratos e lipídios) e a relação energia proteína (Brandt, 1991). A concentração ótima de proteína em rações para peixes está marcada por um delicado balanço entre energia digestível (ED) e proteína bruta (PB) (Cho, 1992). Um excesso de energia não protéica como resultado da formulação com alta relação ED/PB, pode inibir a ingestão voluntária (Page & Andrews, 1973) antes do consumo suficiente de aminoácidos, prejudicando a utilização de outros nutrientes, já que o consumo é determinado fundamentalmente, pelo conteúdo de energia disponível na dieta (Colin et al., 1993). Por outro lado, ração deficiente em energia com relação à proteína, resulta em redução na taxa de crescimento e

maior acúmulo de gordura corporal (NRC, 1993), produzindo peixes gordurosos, característica não desejável para o pescado.

Estudos, foram realizados com o objetivo de avaliar diferentes relações energia / proteína, em rações para peixes. Dentre estes se destacam os trabalhos de Winfree & Stickney (1981) com a tilápia (*S. aureus*) ED/PB 9,22; Burtle (1990) com bagre do canal ED/PB 11,2 a 11,6 kcal/g; Ding (1991) com carpa capim (*Ctenopharyngodon idella*) ED/PB 10,0 kcal/g; El-Sayed & Teshima (1992) com a tilápia do Nilo (*O. niloticus*) EB/PB 14,25; NRC (1993) para a tilápia do Nilo EB/PB 10,30; Sampaio (1998) com tucunaré (*Cichla sp*) ED/PB 8,0 kcal/g; Portz (1999) com “black bass” (*Micropterus salmoides*) ED/PB 7,8 a 8,8; Sá (2002) com piracanjuba (*Brycon orbignyanus*) EM/PB 10,4 kcal/g;

Com base no exposto, o estudo teve por objetivo avaliar o desempenho produtivo da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) alimentadas com rações, apresentando diferentes relações de energia digestível / proteína digestível, formulada com base no conceito de proteína ideal.

## **Material e Métodos**

O experimento foi realizado na Unesp – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Departamento de Melhoramento e Nutrição, Laboratório de Nutrição de Organismos Aquáticos – Aquanutri, unidade integrada ao Centro de Aqüicultura da UNESP.

### **Formulação e processamento das rações**

Foram formuladas 12 rações com três níveis de energia digestível 3000, 3300 e 3600 kcal/kg e quatro níveis de proteína digestível 22,0; 26,0, 30,0 e 34%, formuladas com base no conceito de proteína ideal (Tabela 1) utilizando como referência o perfil de aminoácidos apresentado no filé de juvenis de tilápia. As rações foram formuladas de forma a apresentarem diferentes relações energia digestível / proteína digestível (ED/PD) variando de 8,94 a 16,19 kcal ED / g PD, isofosfóricas e isocalcíticas. Os alimentos utilizados nas rações experimentais foram moídos em moinho de facas, para a obtenção de partículas entre 0,6 e 0,8mm. As rações foram homogeneizadas mecanicamente e

posteriormente umedecidas (20,0% água) para serem extrusadas em extrusora comercial (Extrutec<sup>®</sup>) de forma a obter grânulos de tamanho entre 1,7 e 4,0 mm, sendo estes utilizados conforme o tamanho dos peixes durante o período experimental. Após serem extrusadas, as rações foram secas em estufa de ventilação forçada pelo período de 12 horas a 55,0°C e quando necessário suplementado com óleo (máximo 2,5%) posteriormente à extrusão com a ração ainda quente, por meio de aspersão com ar e óleo na quantidade exata para cada tratamento.

### **Condução experimental**

Trezentos e vinte e quatro juvenis de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) provenientes da Piscicultura Aquabel (Rolândia-Paraná), linhagem tailandesa, revertidas sexualmente e com peso inicial médio de  $30,0 \pm 4,21\text{g}$ , foram distribuídas aleatoriamente em 36 aquários circulares com volume de 250 litros cada, numa densidade de nove peixes/aquário. Os aquários faziam parte de um sistema fechado de recirculação de água, com aeração, aquecimento controlado por meio de aquecedores elétricos ligados à termostato ( $27,0 \pm 1,0^\circ\text{C}$ ) e filtragem física e biológica da água por meio de biofiltro. Os peixes foram distribuídos em um delineamento experimental inteiramente casualizado com 12 tratamentos em esquema fatorial 3x4 correspondente a três níveis de energia digestível e quatro níveis de proteína digestível, com três repetições por tratamento.

A alimentação foi realizada de forma à vontade, seis vezes ao dia (das 8:00 às 18:00 horas). O período experimental foi de 60 dias e semanalmente foram realizados os monitoramentos de qualidade de água (pH, oxigênio dissolvido, amônia e nitrito) e quinzenalmente limpeza do fundo dos aquários por meio de sifonagem e reabastecimento de 30,0% do volume de água total.

### **Desempenho produtivo**

Foram avaliados os seguintes índices de desempenho produtivo ao final do período experimental: consumo alimentar (CA), ganho em peso (GP), ganho em peso diário (GPD), conversão alimentar aparente (CAA), consumo alimentar diário (CAD), consumo diário de proteína digestível (CDPD), taxa de eficiência protéica (TEP), sobrevivência (SOB), rendimento de filé (RF), índice hepatossomático (IHS), índice víscerosomático

(IVS), eficiência de retenção de proteína (ERP), extrato etéreo no fígado (EEF) e gordura visceral (GV).

Todos os peixes foram pesados no início e ao final dos sessenta dias de experimento. Para tal foram anestesiados (benzocaína 1g / 20m álcool / 15L água) e pesados individualmente em balança semi-analítica. No final do experimento, quatro peixes de cada repetição (12 peixes/tratamento) foram sacrificados por meio da secção da medula espinhal para a avaliação dos parâmetros: rendimento de filé, composição do filé, índice hepatossomático, índice viscerossomática e gordura visceral. As vísceras e o fígado foram congelados separadamente por meio de imersão em nitrogênio líquido, para posteriormente serem quantificadas as percentagens de gordura.

### **Composição físico-química do filé, fígado e rações**

Foram retirados do lote inicial, 20 peixes para análise da composição físico-química da carcaça e ao final do período experimental, quatro peixes de cada repetição (doze peixe por tratamento) foram anestesiados (benzocaína 1g / 20m álcool / 15L água) e sacrificados por meio da secção da medula espinhal para posteriormente serem avaliados quanto a composição físico-química do filé (umidade, matéria seca proteína bruta, matéria mineral e extrato etéreo) e análise macroscópica das vísceras. Para tal, foi utilizada balança analítica sendo as pesagens antecedidas pelo período de 12 horas de jejum.

As composições físico-químicas dos filés e rações foram determinadas de acordo com os procedimentos da AOAC (1984) e AOAC (2000) e realizadas no Laboratório de Bromatologia do Departamento de Melhoramento e Nutrição da FMVZ-Unesp-Botucatu.

### **Análises hematológicas e glicogênio hepático e muscular**

Os mesmos peixes utilizados para a determinação da composição do filé, foram utilizados para as análises hematológicas e análises de glicogênio hepático e muscular.

A contagem de eritrócitos foi realizada pelo método do hemocitômetro em câmara de Neubauer, utilizando azul de toluidina MercK<sup>®</sup> a 0,01%, diluído em solução fisiológica 0,9% em pipeta de Thoma, na proporção 1:200. A taxa de hemoglobina foi determinada pelo método da cianometahemoglobina, utilizando o kit Hemoglobina Analisa Diagnóstica<sup>®</sup> de determinação colorimétrica. O hematócrito foi obtido pelo método do microhematócrito. A proteína plasmática total foi determinada por refratômetro manual de

Goldenberg. Foram também calculados o volume corpuscular médio (VCM) e concentração de hemoglobina corpuscular média (CHCM).

Para as análises de glicogênio (Bidinotto et al., 1997), amostras de fígado e músculo branco foram transferidas para um tubo de ensaio (100mg de tecido/ml de KOH 6,0N) e incubados por 3 minutos a 100°C em Banho-Maria. Após a dissolução alcalina dos tecidos, 250µl desses extratos eram transferidos para tubos de ensaio, sendo adicionado 3ml de etanol e 100µl de K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 10%, seguido de agitação. As amostras eram centrifugadas a 2.000 x g por 1 minuto. Cada tubo de reação teve seu sobrenadante descartado por inversão e o precipitado, ressuspenso em 2,5ml de água destilada. Um volume adequado desta diluição foi analisado quanto ao teor de açúcares totais pelo método hidrolítico ácido de Dubois et al. (1956) e o conteúdo de glicogênio, expresso em µmoles de glicosil-glicose/g de tecido. As análises hematológicas foram realizadas no Laboratório de Nutrição de Organismos Aquáticos do Departamento de Melhoramento e Nutrição da FMVZ-Unesp-Botucatu e as análises de glicogênio no Laboratório de Fisiologia da Universidade Federal de São Carlos.

### **Análise morfológica do fígado**

Seis peixes de cada tratamento foram utilizados para a avaliação morfológica das estruturas histológicas do fígado. Depois de anestesiados em benzocaína (1g/15L de água) e sacrificados por meio da secção da medula espinhal, foi retirado o fígado para em seguida ser lavado em solução fisiológica (0,9%) e posteriormente ser fixado em solução formalina tamponada por 24h. Posteriormente, o material foi lavado em álcool 70,0% para a retirada do fixador e, em seguida, incluído em historesina para serem realizados vários cortes de 5µm do tecido hepático em micrótomo Leica RM 2165. Os cortes foram submetidos à coloração Hamatoxilina e Eosina (H/E), segundo técnica descrita por Bancroft et al. (1990). As análises foram analisadas no Laboratório de Morfologia e Histologia da Universidade Estadual Paulista – UNESP/ Botucatu.



## **Análise de custo índice de eficiência econômica**

No momento da formulação e processamento das dietas experimentais, foram avaliados os custos por kg de ração e ao final do experimento, foi realizado a análise de viabilidade econômica (custos de ração por kg de peso dos peixes) de acordo com a fórmula proposta por Bellaver et al. (1985) e após a obtenção destes valores, realizou-se o índice de eficiência econômica (IEE) de acordo com Barbosa (1992).

## **Análises Estatísticas**

O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado com 12 tratamentos em esquema fatorial 3 X 4 (três níveis de energia digestível e quatro níveis de proteína digestível), com três repetições e nove peixes por unidade experimental.

As análises de variância foram realizadas de acordo com o seguinte modelo.

$Y_{ijk} = \mu + ED_i + ED \times PD_{ij} + \epsilon_{ijk}$ , em que:

$Y_{ijk}$  = produção observada na unidade experimental k do nível de proteína digestível i, dentro do nível de energia digestível i;

$\mu$  = média geral;

ED = Efeito do nível de ED;

EDxPD<sub>i</sub> = efeito do nível do nível de PD, dentro do nível de ED;

$\epsilon_{ijk}$  = erro aleatório associado a cada observação.

Para as análises estatísticas dos parâmetros avaliados foi utilizado o programa Statistical Analysis System (SAS, 1995). Os resultados foram submetidos à análise de variância e a comparação dos níveis de ED nas variáveis, com efeito significativo ( $P < 0,05$ ) foi realizado o desdobramento da soma de quadrados de tratamentos em contrastes ortogonais e teste de Tukey. A estimativa das exigências de PD estabelecida foi realizada por meio dos modelos de regressão linear e quadrático. Considerando-se na escolha do modelo a interpretação biológica dos resultados.

Tabela 1. Composição percentual das rações experimentais (matéria natural)

Ingrediente	Tratamento															
	Proteína digestível (PD %) / Energia digestível (ED kcal/kg)															
	22/3.000	22/3.300	22/3.600	22/3.900	39,55	42,40	43,20	49,60	52,00	52,90	60,10	60,10	60,10	60,10	60,10	60,10
Farelo de soja	33,10	33,90	33,90	33,90	39,55	42,40	43,20	49,60	52,00	52,90	60,10	60,10	60,10	60,10	60,10	60,10
Levedura de cana	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	2,00	2,00	2,00
Farelo de algodão	7,53	7,53	7,53	7,53	0,00	8,91	8,91	0,00	10,27	10,28	0,00	0,00	11,65	11,65	0,00	0,00
Protenose	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	9,75	8,00	8,00	8,00
Milho	19,35	30,67	36,00	30,67	36,00	7,53	25,10	28,60	0,00	14,86	18,64	18,64	0,00	6,82	11,00	11,00
Farelo de trigo	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
Arroz quitera	23,62	8,00	0,00	8,00	0,00	25,81	5,00	0,00	22,82	3,97	0,00	0,00	7,80	4,00	0,00	0,00
Amido	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6,33	0,00	0,00	0,00
Celulose	1,35	1,20	2,10	1,20	2,10	0,30	0,00	0,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
L-Iisina	0,60	0,60	0,55	0,60	0,55	0,65	0,66	0,55	0,70	0,70	0,56	0,56	1,15	1,10	0,93	0,93
DL-metionina	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,50	0,48	0,47	0,55	0,55	0,55	0,55	0,57	0,58	0,57	0,57
Treonina	0,35	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,39	0,38	0,45	0,45	0,45	0,45	0,55	0,55	0,51	0,51
Óleo de soja	0,00	3,60	7,30	3,60	7,30	0,00	2,70	6,40	0,00	3,00	6,20	6,20	0,00	3,20	6,30	6,30
Fosfato bicálcico	5,70	5,80	6,00	5,80	6,00	5,50	5,76	5,90	5,50	5,60	5,8	5,8	5,30	5,40	5,60	5,60
Calcário	0,30	0,20	0,00	0,20	0,00	0,30	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Vitamina C <sup>1</sup>	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
Sal	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Supl. vit e min. <sup>2</sup>	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
BHT <sup>3</sup>	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
<b>Total</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>

<sup>1</sup> Vitamina C monofosfatada, 35% de atividade; <sup>2</sup> Suplemento vitamínico mineral (SupreMais): níveis de garantia por kg do produto: Vit. A=1200.000 UI; vit. D3=200.000 UI; vit. E=12.000 mg; vit. K3=2.400 mg; vit. B1=4.800 mg; vit. B2=4.800 mg; vit. B6=4.000 mg; vit. B12=4.800 mg; ác. fólico=1.200 mg; pantotenato de Ca=12.000 mg; biotina=48 mg; colina=65.000 mg; niacina=24.000 mg; ferro=10.000 mg; cobre=600 mg; manganês=4.000 mg; zinco=6.000 mg; iodo=20 mg; cobalto=2 mg e selênio=20 mg; <sup>3</sup> Butil-hidroxi-tolueno.

## Resultados e Discussão

O estudo foi desenvolvido em sistema controlado permitindo condições adequadas ao desenvolvimento da espécie, mantendo a qualidade da água dentro faixa de conforto para a espécie.

O perfil de aminoácidos do filé de tilápias (juvenil) utilizado como padrão para a formulação das rações com base no conceito de proteína ideal está apresentado na Tabela 2. A composição química e as relações proteína digestível/lisina digestível (PD/LISD), energia digestível/proteína digestível (ED/PD) e cálcio/fósforo disponível (Ca/Pdisp.) das rações estão apresentadas na Tabela 3. Observa-se nessa tabela, que a relação LISD / PD foi de aproximadamente 8,0% para todas as rações, sendo os demais aminoácidos essenciais calculados para atender o conceito de proteína ideal.

Tabela 2. Relação entre os aminoácidos do filé da tilápia do Nilo tomando como padrão (100,00%) o aminoácido lisina.

Aminoácido <sup>1</sup>	Filé (%)	Relação <sup>2</sup>
<b>Lisina</b>	<b>8,31</b>	<b>100,00</b>
Alanina	5,79	69,75
Arginina	5,36	64,57
Ácido Aspártico	10,19	122,73
Glicina	5,27	63,39
Isoleucina	4,45	53,58
Leucina	7,38	88,87
Ácido Glutâmico	15,15	182,37
Cistina	0,51	6,17
Metionina	2,45	29,50
Fenilalanina	3,83	46,06
Tirosina	2,48	29,88
Treonina	4,30	51,81
Triptofano	1,05	12,59
Prolina	3,19	38,44
Valina	4,83	58,21
Histidina	2,20	26,43
Serina	3,52	42,34

<sup>1</sup>Valor expresso na matéria seca; <sup>2</sup>Valor percentual em relação ao aminoácido lisina.

Tabela 3. Composição química e relações entre nutrientes e energia das rações experimentais (matéria natural)

Item alimentar <sup>1</sup>	Tratamento														
	Proteína digestível (PD %) / Energia digestível (ED kcal/kg)														
	22/3.000	22/3.300	22/3.600	26/3.000	26/3.300	26/3.600	30/3.000	30/3.300	30/3.600	34/3.000	34/3.300	34/3.600	34/3.000	34/3.300	34/3.600
Matéria seca (%)	95,10	94,37	94,51	94,99	93,45	95,40	94,18	94,72	95,45	94,70	95,44	95,48	94,70	95,44	95,48
Energia digestível <sup>2</sup> (kcal)	3,002	3,290	3,574	3,006	3,292	3,588	3,025	3,299	3,587	3,044	3,293	3,593	3,044	3,293	3,593
Proteína bruta (%)	25,38	25,23	24,92	30,06	29,89	29,57	34,74	34,60	34,28	39,34	39,17	38,96	39,34	39,17	38,96
Proteína digestível <sup>2</sup> (%)	22,15	22,09	22,07	26,13	26,04	25,99	30,10	30,04	30,02	34,03	33,94	34,01	34,03	33,94	34,01
Relação ED / PD	135,53	148,94	161,94	115,04	126,42	138,05	100,50	109,82	119,49	89,45	97,02	105,65	89,45	97,02	105,65
Relação LISD / PD	7,95	7,92	8,11	7,96	7,99	8,04	7,97	7,99	7,99	8,02	8,04	8,00	8,02	8,04	8,00
Fibra bruta (%)	5,00	4,98	4,92	4,95	4,84	4,25	5,49	5,60	4,57	5,53	5,68	4,52	5,53	5,68	4,52
Extrato Etéreo (%)	1,88	5,44	8,96	1,87	4,58	8,08	1,87	4,85	7,85	2,15	5,31	8,19	2,15	5,31	8,19
Cálcio (%)	1,99	1,99	2,01	2,02	2,03	2,08	1,99	2,04	2,15	1,99	2,03	2,15	1,99	2,03	2,15
Fósforo disponível <sup>3</sup> (%)	0,75	0,74	0,75	0,75	0,76	0,75	0,76	0,75	0,76	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
Lisina digestível <sup>3</sup> (%)	1,76	1,75	1,79	2,08	2,08	2,09	2,40	2,40	2,40	2,73	2,73	2,72	2,73	2,73	2,72
Metionina digestível <sup>3</sup> (%)	0,60	0,59	0,59	0,73	0,70	0,69	0,81	0,80	0,81	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91
Met. + Cistina digestível <sup>3</sup> (%)	0,85	0,84	0,84	1,02	0,99	0,98	1,14	1,13	1,13	1,28	1,27	1,27	1,28	1,27	1,27
Treonina digestível <sup>3</sup> (%)	1,05	1,09	1,11	1,23	1,22	1,22	1,41	1,41	1,43	1,60	1,60	1,59	1,60	1,60	1,59
Triptofano <sup>3</sup> (%)	0,26	0,25	0,24	0,31	0,30	0,29	0,35	0,35	0,33	0,35	0,36	0,34	0,35	0,36	0,34

<sup>1</sup>Valores determinados no Laboratório de Bromatologia da Universidade Estadual Paulista – Unesp-Botucatu; <sup>2</sup>Valores determinados em bomba calorimétrica Parr®; Valor analisados no LabTec (Mogiânia Alimentos).

## Desempenho produtivo

Os valores de desempenho produtivo dos juvenis de tilápia do Nilo alimentados com rações contendo diferentes relações energia digestível / proteína digestível estão apresentados na Tabela 4. Não foi constatada mortalidade de peixes durante o período experimental. Não houve interação ( $P>0,05$ ) entre os efeitos de energia digestível e proteína digestível para nenhum dos parâmetros avaliados. Os resultados obtidos para o parâmetro ganho em peso (GP) e ganho em peso diário (GPD), quando submetidos à análise de variância não apresentaram diferenças ( $P>0,05$ ) para os níveis de proteína digestível e de energia digestível.

Neste estudo, o nível de energia não alterou os valores de desempenho produtivo, mas houve redução no consumo de alimento e taxa de eficiência protéica e, aumento no consumo de proteína à medida que os níveis de PD foram crescentes (Tabela 4). Segundo Cho (1992), a concentração ótima de proteína em rações para peixes está condicionada pelo correto balanço entre energia digestível (ED) e proteína bruta (PB) presente na dieta. Uma vez que, as rações com níveis de 3.000 kcal de ED foram compostas basicamente por alimentos vegetais sem a suplementação de óleo, a única fonte de energia proveniente foi oriunda da gordura interna dos alimentos, dos carboidratos e da proteína, mostrando a capacidade em utilização destas fontes, pela tilápia do Nilo.

Todas as rações foram formuladas com alimentos de origem vegetal e suplementação de aminoácidos cristalinos e fósforo e cálcio na forma de fosfato bicálcico, sendo possível a formulação de rações de alto valor biológico e que atendam as exigências nutricionais da tilápia do Nilo como apresentado no estudo realizado por Furuya et al. (2004b) com a mesma espécie e aplicação do conceito de proteína ideal.

Kubarik (1997) destacou a eficiência dos peixes onívoros que devido às adaptações morfológicas e fisiológicas utilizam rações com elevadas percentagens de ingredientes vegetais. Estes utilizam melhor os carboidratos e proteínas quando comparados aos peixes carnívoros (Degani et al., 1997). Observações estas também realizadas por Furuya et al. (2004b) e Gonçalves et al. (2004), os quais destacam a utilização de alimentos convencionais de origem vegetal, em rações para a tilápia do Nilo.

Ainda que a energia possa ser utilizada como fator economizador de proteína para a tilápia do Nilo (De-Silva et al., 1991), não foi observado efeito significativo para os parâmetros de desempenho produtivo, contrariando os resultados obtidos por Dupree et al. (1979) com o bagre do canal (*Ictalurus punctatus*), Winfree & Stickney (1981) para a

tilápia (*S. aureus*), De Silva et al. (1991) para tilápia híbrida vermelha; Sampaio (1998) para o tucunaré e Portz (1999) com “black bass” (*Micropterus salmoides*).

Jantrarotai et al. (1998) estudaram o efeito economizador de proteína por meio de diferentes relações energia digestível / proteína bruta para alevinos de bagre (*Clarias macrocephalus* x *Clarias gariepinus*). Observaram maior influência da proteína em comparação aos níveis de energia (dextrina), sendo 2.750 kcal ED/kg o mínimo de energia e o máximo de proteína 40,0% PB o tratamento que apresentou os melhores resultados.

Muitos são os estudos com o objetivo de avaliar o nível protéico e energético para as diferentes espécies de peixe. Entretanto, mesmo em condições ideais de experimentação e manejo, as diferenças quanto à fase de crescimento e à dieta utilizada pode resultar em diferentes valores de exigência. Nesse sentido, Hafedh (1999), em estudo com a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), avaliou diferentes fases de criação e rações contendo níveis crescentes de proteína bruta e, observou melhor ganho em peso para os peixes com peso médio de 96,0 e 264,0g, com rações contendo níveis protéicos entre 30,0 e 45,0% PB.

Nesse estudo, nenhuma diferença foi observada para os parâmetros de GP, GPD e CA para os diferentes níveis de proteína digestível, energia digestível e suas interações (ED / PD). Estes resultados mostram a possibilidade de redução nos níveis protéicos e energéticos das rações utilizadas para a tilápia do Nilo, uma vez que, os demais nutrientes das rações estejam dentro da faixa de exigência para o ótimo crescimento da espécie. Formulações para atender as exigências em proteína e aminoácidos podem ser elaboradas por meio do conceito de proteína ideal, o qual permite correto balanceamento utilizando como referência o perfil de aminoácidos da carcaça ou filé do peixe. Desta forma, a proporcionalidade entre aminoácidos direciona para a correta formulação, sendo as quantidades definidas em função da exigência em proteína e lisina para cada espécie, isto pelo fato dos peixes não possuírem exigência verdadeira em proteína, mas sim do adequado balanceamento entre os aminoácidos essenciais (Wilson & Poe, 1985; Wilson, 1989).

Uma vez utilizado o conceito de proteína ideal, a proteína da dieta passa a ser uma fonte de aminoácidos que atenda as exigências da espécie nos dez aminoácidos essenciais, tendo como referência o nível ótimo de lisina (aminoácido mais limitante). Desta forma, o fornecimento adequado de lisina na dieta permite o correto balanceamento dos demais aminoácidos essenciais devido a sua alta correlação entre o perfil de aminoácidos da carcaça e o exigido pelo peixe (Akiyama et al., 1997) possibilitando a redução do nível

protéico, a partir da utilização de alimentos cujos aminoácidos sejam de alto valor biológico como observado no presente estudo.

Rodehutschord et al. (2000), em estudo com a truta arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*), demonstraram que a lisina cristalina pode ser 100% absorvida, sendo o mesmo observado por Furuya et al. (2004a) com a tilápia do Nilo. A utilização de aminoácidos cristalinos em rações para organismos aquáticos exige maior atenção quanto á freqüência de alimentação e tempo de permanência da ração na água, fato este observado por Zarate & Lovel (1997), que constataram perdas de 13,0% de lisina sintética presente nos peletes após 15 segundos na água, sendo a lisina ligada à proteína muito mais estável com perdas de apenas 2,0%.

A utilização de aminoácidos sintéticos (lisina, metionina, treonina e triptofano) permite a formulação de rações com níveis superiores desses aminoácidos, uma vez que, são considerados como mais limitantes para a espécie. Yamada et al. (1981) relataram o menor desempenho de truta arco-íris quando alimentadas com rações contendo aminoácidos sintéticos, devido à rápida absorção. O fornecimento de aminoácidos cristalinos e níveis ideais dos demais aminoácidos essenciais contidos nos alimentos permite o balanceamento ideal do nível de proteína, fato este que explica a melhor utilização da fração protéica por meio do conceito de proteína ideal, o que contraria as afirmações de Yamada et al. (1981).

Os resultados obtidos nesse estudo confirmam a possibilidade de redução do nível de proteína sugerido por Furuya et al. (2005), em que os autores destacam a possibilidade do uso de rações com 27,5% de PD e relação ED / PD de 11,27 kcal / g para a tilápia do Nilo com peso médio de até 120,0g, utilizando o conceito de proteína ideal para o correto balanceamento de aminoácidos.

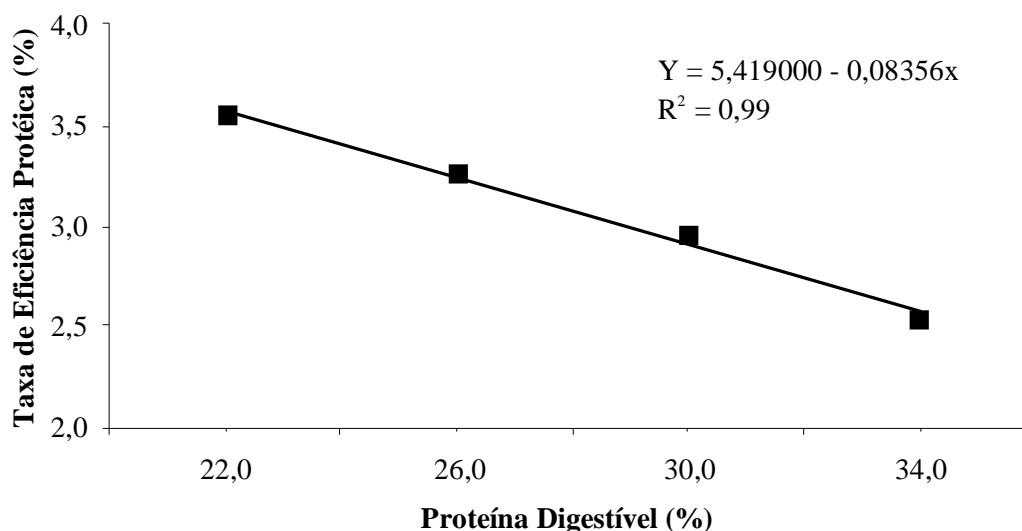
Não foi observado efeito significativo do nível de ED e PD assim como suas interações para o parâmetro conversão alimentar. Colin et al. (1993) destacaram que os níveis de ingestão são controlados pelo nível de energia disponível na ração, sendo que nesse estudo a ED não influenciou a quantidade de ração ingerida, sendo este fato observado somente quando houve aumento ( $P < 0,05$ ) no consumo de proteína na ração. Tal fato pode ser explicado pelo sinergismo entre proteína e energia, uma vez que a proteína pode ser utilizada como fonte de energia para o peixe e pela regulação da exigência em aminoácidos, devido ao aumento ( $P < 0,05$ ) no consumo diário de proteína.

Na Tabela 4 observa-se que não houve efeito ( $P > 0,05$ ) para o consumo alimentar diário com o aumento nos níveis de PD ou ED na ração, contrariando os resultados de Page & Andrews (1973), que apresentam a possibilidade de inibição da ingestão voluntária antes

que haja o consumo da quantidade suficiente de aminoácidos, prejudicando a utilização de outros nutrientes, devido ao excesso de energia não protéica como resultado da formulação de rações com alta relação ED/PB.

Nesse estudo, os melhores valores obtidos com o uso de baixos níveis protéicos e rações formuladas com base no conceito de proteína ideal podem ser identificados por meio da taxa de eficiência protéica (Figura 1) que apresentou efeito linear decrescente ( $P < 0,05$ ) para o fator PD, com o aumento dos níveis presentes nas rações, independente do nível de ED. Esses resultados estão de acordo com Rodehutschord et al. (2000), com truta arco-íris, Furuya et al. (2004a) e Furuya et al. (2005), ambos para juvenis de tilápia do Nilo.

Figura 1 – Taxa de eficiência protéica da tilápia do Nilo, alimentada com rações contendo níveis crescentes de proteína digestível.



Apesar da grande importância da proteína da dieta, muitos outros fatores devem ser considerados no momento da formulação, sendo os demais nutrientes necessariamente exigidos em quantidades suficientes e na forma digestível. A suplementação de apenas um nutriente na ração como aminoácidos, minerais e vitaminas, mesmo que em grandes concentrações, pode não promover benefícios para o desempenho, entretanto, a falta ou deficiência de apenas um nutriente pode ser limitante para o bom desenvolvimento dos peixes como no caso de um aminoácido essencial.



## **Rendimento de filé, composição, relações entre peso e características da carcaça e hematologia**

Na Tabela 5 estão apresentados os valores finais de rendimento de filé, índices hepatossomático e víscerosomático, eficiência de retenção de proteína, extrato etéreo do fígado e gordura visceral. Não houve efeito dos tratamentos para gordura visceral, extrato etéreo do fígado, índices hepatossomático (IHS) e víscerosomático (IVS). Entretanto, a eficiência de retenção de proteína (ERP) e o rendimento de filé apresentaram diferença significativa ( $P < 0,05$ ) somente quando analisados os níveis de PD independentemente do nível de energia digestível da ração, não sendo constatada interação entre os dois fatores.

Observa-se na Figura 2, aumento linear para o rendimento de filé com o aumento nos níveis de PD da ração. Furuya et al. (2004a) não observaram aumento significativo no rendimento de carcaça quando avaliaram com a tilápia do Nilo (117,0g) níveis crescentes de lisina (1,13; 1,27; 1,42 e 1,57%) em ração com baixo nível protéico (25,0% PB). Entretanto, Furuya et al. (2005) com o objetivo de avaliar a aplicação do conceito de proteína ideal para a redução dos níveis de proteína também para a tilápia do Nilo, constataram que níveis protéicos até 27,7% PD e 1,7% de lisina foram os que apresentaram melhores respostas para o máximo rendimento de carcaça. Os valores encontrados nesse estudo e os resultados de pesquisas apresentados permitem ressaltar a eficiência de utilização dos aminoácidos quando fornecidos em proporções adequadas, sendo possível a obtenção de melhores respostas quanto ao rendimento de filé, mesmo em rações com baixos níveis protéicos, no entanto, formuladas de modo a atender a exigência em todos os aminoácidos essenciais.

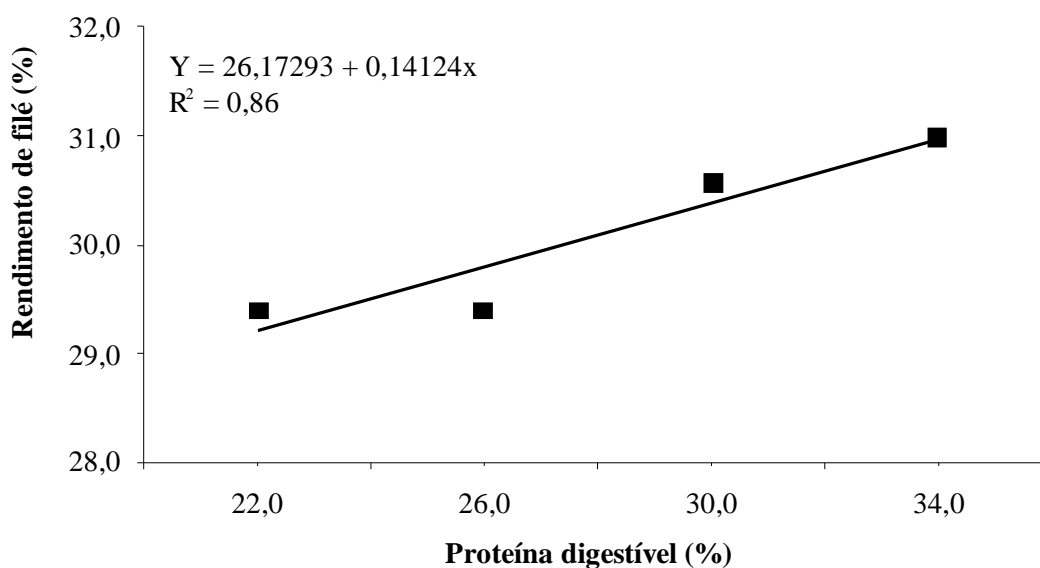
Tabela 4. Ganho em peso (GP), ganho em peso diário (GPD), conversão alimentar (CA), consumo alimentar diário (CAD), consumo diário de proteína digestível (CDPD) e taxa de eficiência protéica (TEP) de juvenis de tilápia do Nilo alimentados com rações contendo diferentes relações energia digestível/proteína digestível, com base no conceito de proteína ideal.

ED Kcal/kg	PD (%)	GP (g)	GPD (g/dia)	CA	CAD (g/dia)	CDPD (g/dia)	TEP (%)	
3.000	22,0	153,84±19,35	2,56±0,32	1,30±0,11	3,32±0,13	0,73±0,03	3,49±0,30	
	26,0	161,20±28,84	2,68±0,47	1,16±0,03	3,09±0,49	0,80±0,13	3,33±0,10	
	30,0	187,37±38,20	3,12±0,63	1,11±0,14	3,42±0,31	1,03±0,09	3,01±0,36	
	34,0	150,40±32,69	2,50±0,54	1,10±0,16	2,96±0,20	0,92±0,07	2,71±0,40	
3.300	22,0	154,01±19,40	2,56±0,32	1,29±0,06	3,32±0,54	0,73±0,12	3,52±0,18	
	26,0	167,99±17,13	2,80±0,28	1,20±0,14	3,35±0,39	0,87±0,10	3,23±0,38	
	30,0	180,09±14,36	3,00±0,23	1,10±0,02	3,31±0,20	0,99±0,06	3,02±0,05	
	34,0	153,05±10,52	2,55±0,17	1,15±0,06	2,94±0,04	1,00±0,01	2,55±0,14	
3.600	22,0	176,91±28,95	2,94±0,48	1,24±0,06	3,66±0,48	0,80±0,10	3,65±0,18	
	26,0	159,68±21,17	2,66±0,35	1,20±0,12	3,17±0,15	0,82±0,03	3,21±0,32	
	30,0	173,48±25,10	2,89±0,41	1,18±0,12	3,40±0,20	1,02±0,06	2,82±0,28	
	34,0	155,28±42,41	2,58±0,70	1,26±0,18	3,17±0,49	1,08±0,16	2,37±0,31	
Médias dos fatores								
3.000		163,20±16,73	2,72±0,28	1,17±0,09	3,20±0,21	0,87±0,13	3,14±0,35	
3.300		163,79±12,84	2,73±0,22	1,19±0,08	3,23±0,19	0,90±0,13	3,08±0,41	
3.600		166,34±10,48	2,77±0,17	1,22±0,04	3,35±0,23	0,93±0,14	3,01±0,55	
	22	161,59±13,27	2,69±0,22	1,28±0,03	3,43±0,20	0,75±0,04 b	3,55±0,09 a	
	26	162,96±4,42	2,71±0,08	1,19±0,02	3,20±0,13	0,83±0,04 b	3,26±0,06 b	
	30	180,31±6,95	3,00±0,12	1,13±0,04	3,38±0,06	1,01±0,02 a	2,95±0,11 c	
	34	152,91±2,44	2,54±0,04	1,17±0,08	3,02±0,13	1,00±0,08 a	2,54±0,17 d	
Nível de ED		NS	NS	NS	NS	NS	NS	
Nível de PD		NS	NS	NS	NS	*	*	
Nível de ED X PD		NS	NS	NS	NS	NS	NS	
Efeito linear PD		Y=0,26439+0,02275x (R <sup>2</sup> =0,87)						Y=5,41900-0,08356x (R <sup>2</sup> =0,99)

NS = (p>0,05); \* efeito linear (P<0,05).

Uma vez que, a tilápia utiliza eficientemente os aminoácidos presentes nas rações sejam eles na forma cristalina ou ligada à proteína, o conceito de proteína ideal permite a obtenção de melhores resultados com níveis inferiores de proteína digestível. Isto devido ao correto balanceamento entre os aminoácidos que compõem o alimento, fazendo com que estes sejam utilizados para síntese de fibras musculares (Mack, 1998) e não como fonte de energia. O maior aproveitamento de níveis inferiores de proteína, sem prejudicar as demais variáveis analisadas pode ser constatado pela eficiência de retenção protéica, a qual apresentou diferença significativa ( $P < 0,05$ ) quando avaliados somente os níveis de PD, reduzindo linearmente com o aumento deste nutriente nas rações.

Figura 2 – Rendimento de filé da tilápia do Nilo, alimentada com rações contendo níveis crescentes de proteína digestível.



As análises de composição química da carcaça (Tabela 6) para umidade, proteína bruta e matéria mineral do filé não apresentaram diferenças em relação aos diferentes tratamentos. Verifica-se efeito significativo para os fatores ED, PD e interação entre os dois fatores. Observa-se na Tabela 6, que para os níveis de 3.000 e 3.300 kcal/kg de ED, o comportamento dos resultados para os diferentes níveis de PD foi quadrático e por meio da regressão polinomial estimou-se o ponto de máxima deposição de gordura para níveis de 3.000 e 3.300 kcal/ED em função dos diferentes níveis de PD nas dietas. As equações

obtidas foram  $y=141,65196-7,95017x+0,12297x^2$  ( $R^2=0,99$ ) com a estimativa de máxima deposição de gordura em 32,30% PD para o nível de 3.000 kcal/kg ED, e  $181,46821-11,20517x+0,18724x^2$  ( $R^2=0,95$ ) e estimativa de máxima de deposição de gordura com o nível de 29,90% PD para o nível de 3.300kcal/kg ED.

Para o nível de 3.600 kcal/kg de ED, não houve efeito ( $P>0,05$ ) para a deposição de gordura com o aumento dos níveis de PD, demonstrando que mesmo em níveis altos de ED e PD nas rações, os peixes podem apresentar características de carcaça que não comprometam a qualidade em função do excesso de gordura no filé, desde que avaliado a fase e peso final desejado na para o abate. Os resultados deste estudo se assemelham aos obtidos por Jantrarotai et al. (1998) para o bagre do canal, os quais também verificaram a possibilidade de redução na gordura da carcaça com o aumento no nível protéico das rações.

Os valores médios de eritrócitos, hemoglobina, hematócrito, volume corpuscular médio (VCM), a concentração de hemoglobina corpuscular média (CHCM), proteína plasmática total, globulinas e glicogênio hepático e muscular, estão apresentados na Tabela 7. Não houve efeito significativo para os diferentes tratamentos, assim como para a interação entre os níveis de proteína digestível e energia digestível nos valores hematológicos e de glicogênio hepático e muscular. Os valores hematológicos apresentados nesse estudo, apresentam-se dentro da faixa de normalidade para a espécie, como apresentado em trabalhos realizados sob o mesmo sistema experimental e também para a tilápia do Nilo, por Barros et al. (2002), Ferrari et al. (2004). Ainda que em sistemas de produção diferentes ou mesmo peixes de captura, Tavares-Dias & Moraes (2004) apresentam valores hematológicos para a tilápia do Nilo semelhantes aos obtidos nesse estudo.

Hrubec & Smith (2000), ao comparar os valores hematológicos de várias espécies de peixes, apresentam valores de hemoglobina (7,0-9,0g/dl), volume corpuscular médio (115-183fL) e concentração de hemoglobina corpuscular média (22,0-29,0g/dl). Esses valores são próximos aos resultados obtidos nesse estudo, indicando o bom estado de saúde, não caracterizando sintoma de subnutrição ou problemas relacionados ao excesso de nutrientes, de forma a comprometer a saúde dos peixes. Isto fica comprovado também pela característica morfológica do fígado o qual não apresentou anormalidade em função dos diferentes níveis de proteína digestível e energia digestível nas rações.

Thomas (2000), ressaltou as centenas de proteínas com diferentes funções, que consistem a proteína plasmática, dentre elas a albumina e as globulinas. Os valores de

proteína plasmática encontrados nesse estudo compreenderam valores entre 3,09 a 3,72mg/dl. A concentração de globulinas obtida pela subtração do valor de albumina do total de proteína plasmática indicou que para todos os tratamentos os valores ficaram dentro dos padrões normais (Thomas, 2000), ou seja, a albumina analisada representou cerca de 35 a 50% do total de proteína plasmática.

### **Custo e índice de eficiência econômica**

Na Tabela 8 estão apresentados os custos das rações em relação ao valor dos ingredientes, custo de ração / kg de ganho em peso e índice de eficiência econômica para os diferentes tratamentos utilizados. Observa-se um decréscimo no custo de ração / kg de ganho em peso dos peixes à medida que os níveis de PD aumentam até o nível de 30% PD. Entretanto, independente do nível energético, rações com 34% PD apresentam custo superior em relação a todos os outros tratamentos, mostrando que o excesso de proteína além de não proporcionar melhores resultados de desempenho produtivo, encarece as rações e podem promover um maior aporte de nutrientes para o meio ambiente.

Para os diferentes tratamentos avaliados, o nível de 30% PD e 3.000 kcal/kg de ED (relação ED / PD = 100), apresenta-se como melhor tratamento em relação ao custo/kg de ganho em peso e melhor índice de eficiência econômica para juvenis de tilápia do Nilo (Tabela 8). Nesse estudo, níveis superiores de ED não atuaram de forma a economizar a proteína da dieta, assim como níveis superiores de PD não resultam em ganho econômico, uma vez que, as rações foram formuladas de modo atender as exigências nutricionais em nutrientes digestíveis e utilização de alimentos convencionais de alto valor biológico para a espécie em estudo.

### **Conclusão**

Os resultados obtidos nesse estudo demonstram a possibilidade de utilização de rações com menores níveis protéicos e energéticos para juvenis de tilápia do Nilo, uma vez que formuladas com base no conceito de proteína ideal. Os valores de 22,0% PD e 3.000 kcal/kg de ED podem ser utilizados em dieta para a espécie, uma vez respeitada a exigência dos demais nutrientes e utilização de alimentos de alto valor biológico.

Tabela 5 – Rendimento de filé (RF), índice hepatossomático (IHS), índice viscerossomático (IVS), eficiência de retenção de proteína (ERP), extrato etéreo do fígado (EEF) e gordura visceral (GV) de juvenis de tilápia do Nilo alimentadas com diferentes relações energia digestível: proteína digestível com base no conceito de proteína ideal.

ED	PD	RF	IHS	IVS	ERP	EEF <sup>1</sup>	GV
Kcal/kg	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
3.000	22,0	30,09±1,81	3,05±0,55	7,93±1,34	55,92±7,36	16,14±2,30	7,39±2,43
	26,0	29,47±1,85	2,68±0,29	7,22±1,04	49,90±4,82	18,43±1,54	9,05±1,91
	30,0	30,82±1,50	2,39±0,37	7,85±1,59	50,48±7,41	16,46±2,85	8,02±0,66
	34,0	31,36±1,70	2,02±0,28	6,09±0,25	44,56±7,28	16,61±0,21	9,15±0,13
3.300	22,0	28,94±2,42	3,27±0,57	7,21±1,82	54,14±4,74	15,00±3,08	5,09±0,88
	26,0	29,89±1,47	2,30±0,43	7,00±1,11	53,54±8,46	15,42±1,35	7,06±1,14
	30,0	30,57±1,91	2,40±0,74	7,02±2,01	49,06±2,46	15,11±2,16	5,06±1,38
	34,0	30,73±1,34	2,47±0,41	8,57±1,84	42,84±4,66	16,51±2,53	7,03±0,91
3.600	22,0	29,17±1,72	3,37±1,01	8,79±1,48	58,90±2,88	16,04±3,54	5,40±0,20
	26,0	28,86±0,95	2,36±0,38	7,49±1,35	51,01±9,33	15,24±2,36	9,37±2,85
	30,0	30,31±0,69	2,19±0,42	6,59±1,02	47,16±7,34	15,07±0,64	8,87±0,77
	34,0	30,86±0,77	2,21±0,70	6,76±0,67	35,01±4,37	16,36±1,31	9,17±2,33
Nível de ED		NS	NS	NS	NS	NS	NS
Nível de PD		*	NS	NS	*	NS	NS
Nível de ED X PD		NS	NS	NS	NS	NS	NS
Efeito linear PD		Y=26,17293+0,14124x (R <sup>2</sup> =0,86)			Y=83,76928-1,22814x (R <sup>2</sup> =0,95)		

<sup>1</sup>Valor expresso com base na matéria seca; \* = P<0,05; NS = P>0,05 pelo teste de F.

Tabela 6 – Umidade (UM), proteína bruta (PB), matéria mineral (MM) e extrato etéreo do filé (EE) de juvenis de tilápia do Nilo alimentadas com diferentes relações energia digestível: proteína digestível com base no conceito de proteína ideal.

ED Kcal/kg	PD (%)	UM (%)	PB (%)	MM (%)	EE (%)
3.000	22,0	76,83±0,55	19,50±0,70	1,07±0,02	1,24±0,04
	26,0	77,76±1,23	18,48±0,62	1,01±0,19	1,24±0,20
	30,0	79,08±0,46	17,75±3,79	0,87±0,24	1,26±0,12
	34,0	76,36±1,17	20,01±0,62	0,83±0,13	1,00±0,15
3.300	22,0	77,74±1,20	18,94±0,98	1,04±0,08	0,95±0,04
	26,0	77,33±0,96	19,47±0,93	1,05±0,07	0,99±0,03
	30,0	77,09±0,52	19,43±0,46	0,91±0,09	0,88±0,05
	34,0	76,03±0,68	20,16±0,43	1,04±0,18	0,86±0,10
3.600	22,0	75,70±1,07	19,47±0,60	0,96±0,11	1,08±0,06
	26,0	76,82±0,99	19,40±0,86	1,02±0,13	0,95±0,09
	30,0	76,52±0,70	19,91±0,67	0,99±0,11	0,85±0,11
	34,0	77,67±2,51	18,85±1,93	0,88±0,11	0,91±0,01
Contrastes Ortogonais					
Nível de ED (kcal/kg)		NS	NS	NS	*
Nível de PD		NS	NS	NS	*
Nível de ED X PD		NS	NS	NS	*

\* = P<0,05, NS = P>0,05 pelo teste de F.

Tabela 7 – Eritrócitos (Erit), hematócrito (Hct), Hemoglobina (Hb), volume corpuscular médio (VCM), concentração de hemoglobina corpuscular média (CHCM), proteína plasmática (PPT), globulinas (GLB), glicogênio total hepático (GTH) e glicogênio total muscular (GTM) de juvenis de tilápia do Nilo alimentadas com diferentes relações energia digestível: proteína digestível com base no conceito de proteína ideal.

ED	PD	Eritr	Hct	Hb	VGM <sup>2</sup>	CHCM <sup>3</sup>	PPT	GLB	GTH	GTM
Kcal/kg	(%)	(10 <sup>6</sup> /μL)	(%)	(g/dL)	(fL)	(%)	mg/dl	mg/dl	μmol/g	μmol/g
3.000	22,0	2,00±0,16	33,91±3,20	7,84±1,52	170,02±12,25	23,04±3,36	3,35±0,47	2,12±0,03	514,11±116,94	12,17±1,74
	26,0	2,13±0,24	35,00±2,08	7,86±1,00	165,62±14,43	22,50±2,98	3,50±0,28	2,07±0,28	332,47±73,99	16,21±5,57
	30,0	1,97±0,37	33,83±4,54	8,51±1,78	174,18±21,12	25,08±3,46	3,21±0,43	1,85±0,07	377,83±151,33	12,93±3,51
	34,0	2,09±0,42	32,00±4,75	7,97±1,16	157,75±34,65	25,30±4,40	3,09±0,20	1,83±0,06	440,01±89,42	16,65±2,73
3.300	22,0	2,01±0,21	33,04±2,72	7,89±0,40	166,43±24,22	24,03±2,50	3,59±0,78	2,3±0,10	493,25±25,38	21,52±4,20
	26,0	2,05±0,34	31,83±3,09	7,78±0,81	157,81±19,18	24,62±3,47	3,23±0,34	1,78±0,24	345,02±111,75	17,75±3,28
	30,0	2,15±0,20	35,16±4,21	7,86±1,10	163,76±16,20	22,75±4,64	3,58±0,50	2,17±0,13	360,99±37,68	16,60±2,26
	34,0	1,99±0,20	31,61±3,67	7,74±1,06	160,15±23,86	24,56±2,44	3,46±0,25	2,00±0,14	297,97±73,03	22,14±1,52
3.600	22,0	2,07±0,30	33,50±2,19	8,29±1,01	164,84±25,94	24,77±2,66	3,72±0,31	2,15±0,02	266,39±100,06	16,69±3,79
	26,0	2,21±0,20	34,08±2,95	7,82±0,72	155,87±22,13	23,13±3,26	3,45±0,53	2,04±0,23	259,65±89,87	22,06±8,19
	30,0	2,10±0,22	33,12±3,97	7,24±1,59	158,31±17,32	21,71±3,38	3,43±0,70	1,83±0,04	284,67±95,69	17,55±3,87
	34,0	2,15±0,22	31,75±2,87	7,56±1,17	148,52±11,95	23,73±2,25	3,44±0,73	1,90±0,01	457,48±265,18	19,01±6,69
Nível de ED		NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	
Nível de PD		NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	
Nível de ED X PD		NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	

NS = P>0,05 pelo teste de F.



Tabela 8 – Médias do custo por kg de ração (R\$/kg), custo de ração por kg de ganho em peso (R\$/GP) e índice de eficiência econômica (IEE) de juvenis de tilápia do Nilo alimentados com as rações experimentais.

	ED kcal/kg	PD (%)	Relação ED / PD	R\$/kg <sup>1</sup>	R\$/GP	IEE (%)
		22,0	136,36	0,51	0,68	81,46
3.000		26,0	115,38	0,54	0,67	83,04
		30,0	100,00	0,56	0,55	100,00
		34,0	88,24	0,64	0,76	73,32
		22,0	150,00	0,53	0,69	80,11
3.300		26,0	126,92	0,54	0,64	86,54
		30,0	110,00	0,57	0,63	88,15
		34,0	97,06	0,64	0,74	75,12
		22,0	163,64	0,55	0,68	81,16
3.600		26,0	138,46	0,57	0,73	76,09
		30,0	120,00	0,59	0,65	85,62
		34,0	105,88	0,66	0,81	68,54

<sup>1</sup>Os valores das matérias primas foram obtidos de empresas processadoras de rações.

### Literatura citada

- A.O.A.C. 1984. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists, 14 ed., Washington, DC, USA.
- A.O.A.C. 2000. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 17.ed. AOAC, Gaithersburg, MD, USA.
- AKIYAMA, T.; Oohara, T. ; Yamamoto, T. Comparison of essential amino acid requirements with A/E ratio among fish species (review paper). **Fisheries Science**, v.63, p. 963-970, 1997.
- BANCROFT, J.D.; STEVENS, A.; TURNER, D.R. **Theory and practice of histological techniques**. 3.ed. Churchill Livingstone, 1990.
- BARBOSA, H.P.; FIALHO, E.T.; FERREIRA, A.S. et al. Triguilho para suínos na fase inicial, de crescimento e terminação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.21, n.5, p.827-837, 1992.
- BARROS, M.M.; PEZZATO, L.E.; KLEEMANN, G.K.; et al. Níveis de vitamina C e Ferro para a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.6, p.2149-2156, 2002.
- BELLAVER, C., FIALHO E.T., PROTAS, J.F.S. et al. Radícula de malte na alimentação de suínos em crescimento e terminação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.20, n.8, p.969-74, 1985.
- BIDINOTTO, P.M.; SOUZA, R.H.S.. MORAES, G. Hepatic glycogen in eight tropical freshwater teleost fish: Procedure for field determinations of microsamples. **Boletim Técnico do CEPTA-Pirassununga**, v.10, p.53-60, 1997.
- BRANDT, T.M. Temperate basses, *Morone* spp., and black basses, *Micropterus* spp. In: Wilson, R.P. (Ed.). **Handbook of nutrient requirements of finfish**. Boston: CRC Press, Inc. 1991. p.163-166.
- BURTLE, G.J. Body composition of farm-raised catfish can be controlled by attention to nutrition. **Feedstuffs**, v. 62, n.5, p.68-71, 1990.
- CHO, C.Y. Feeding for rainbow trout and other salmonids, with reference to current estimates of energy and protein requirement. **Aquaculture**, v.100, p.107-123, 1992.
- COLIN, B.; COWEY, C.B.; YOUNG, et al. Nutrition requirement of fish. **Proceedings of the Nutrition Society**, v.52, p.417-426, 1993.

- DE SILVA, S.S.; GUNASEKERA, R.M.; SHIM, K.F. Interactions of varying dietary protein and lipid levels in young red Tilapia : evidence of protein sparing. **Aquaculture**, v. 95, p. 305-318, 1991.
- DEGANI, G.; VIOLA, S.; YEHUDA, Y. Apparent digestibility of protein and carbohydrate in feed ingredients for adult tilapia (*Oreochromis niloticus*). **The Israeli Journal of Aquaculture - Bamidgeh**, v. 49, p. 115-123, 1997.
- DING, L. Grass carp, *Ctenopharyngodon idella*. 1991. In: WILSON, R.P. (Ed) *handbook of nutrient requirements of finfish*. Boca Raton: CRC Press. P. 89-96.
- DUBOIS, M.; GILLES, K.A.; HAMILTON, J.K. et al. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. **Analytical Chemistry**, v.28, p.350-358, 1956.
- DUPREE, H. K.; GAUGLITZ, E.J.; HALL, A.S.; et al. 1979. Effect of dietary lipids on the growth and acceptability (flavor) of channel catfish (*Ictalurus punctatus*). In: HALVER, J.E.; TIEWS, K. (Eds.): Proc. **World Symposium on Finfish Nutrition and Fish Feed Technology**, Hamburg, Heenemann, Berlin, v. II, p. 87-103, 1979.
- EL-SAYED, A.M. **Study to determine maximum growth capacity and amino acid requirements of Tilapia genotypes**. Göttingen, Germany. 2002. 106p. Dissertation Doctoral. Faculty of Agricultural Sciences, 2002.
- EL-SAYED, A.F.M.; TESHIMA, S. Protein and energy requirements of Nile Tilapia *Oreochromis niloticus*, fry. **Aquaculture**, v.103, p.55-63, 1992.
- FERRARI, J.E.C.; BARROS, M.M.; PEZZATO, L.E.; et al. Níveis de cobre em dietas para tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Acta Scientiarum**, Maringá, v.26, n4, p.429-436, 2004.
- FURUYA, W.M.; BOTARO, D.; MACEDO, R.M.G. et al. Aplicação do conceito de proteína ideal para redução dos níveis de proteína em dietas para tilápia do Nilo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.5, p.1433-1441, 2005.
- FURUYA, W.M.; BOTARO, D.; NEVES, P.R. et al. Exigência de lisina pela Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), na fase de terminação. **Ciência Rural**, v.34, n.5, p. 1571-1577, set-out, 2004a.
- FURUYA, W.M.; PEZZATO, L.E.; BARROS, M.M. et al. Use of ideal protein concept for precision formulation of amino acid levels in fish-meal-free diets for juvenile Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.). **Aquaculture Research**, v. 35, p. 1110-1116, 2004b.

- GARLING, D.M.; WILSON, R.P. Optimum dietary protein-to-energy ratios for channel catfish fingerlings, *Ictalurus punctatus*. **Journal of Nutrition**, v.106, p.1368-1375, 1976.
- GONÇALVES, G.S.; PEZZATO, L.E.; BARROS, M.M. et al. Digestibilidade aparente e suplementação de fitase em alimentos vegetais para a tilápia do Nilo. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v. 26, n.3, p.313-321, 2004.
- HAFEDH, Y.S.AI. Effects of dietary protein on growth and body composition of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* L. **Aquaculture Research**, v.30, p.385-393, 1999.
- HRUBEC & SMITH. Hematology of fish. In: FELDMAN, B.F.; ZINKL, J.G.; JAIN, N.C. Schalm's Veterinary Hematology.5.ed. Edgarder Blücher, 2000, p. 1120-1125.
- JANTRAROTAI, W.; SITASIT, P.; JANTRAROTAI, P et al. 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 World Aquaculture Society**, v.29, n.3, p.281-289, 1998.
- JAUNCEY, K. The effects of varying dietary protein levels on the growth, food conversion, protein utilization and body composition of juvenile Tilápias (*Sarotherodon mossambicus*). **Aquaculture**, v. 27, p. 43-54, 1982.
- KAUSHIK, S.J.; OLIVA-TELES, A. Effect of digestible energy on nitrogen and energy balance in rainbow trout. **Aquaculture**, v.50, p.89-101, 1986.
- KUBARIK, J. Tilapia on highly flexible diets. **Feed International**, n.6, p. 18-21, 1997.
- LOVELL, T. **Nutrition and feeding of fish**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1989. p.11-18.
- MACK, S. Amino acids in broiler nutrition – requirements and interrelations. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE NUTRIÇÃO DE AVES, 1998, Campinas. **Anais...** Campinas, São Paulo, 1998. p. 69-86.
- NRC (National Research Council), Nutrient requirement of fish. National Academy Press, Washington, DC. 1993. 114p.
- PAGE, J. W.; ANDREWS, J.W. Interaction of dietary levels of protein and energy on Channel catfish (*Ictalurus punctatus*). **Journal Nutrition**, v.103, 1339-1346, 1973.
- PORTZ, L. **Relação energia: proteína na nutrição do “Black Bass” (*Micropterus salmoides*)**. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1999. 88p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1999.

- RODEHUTSCORD, M.; BORCHERT, F. GREGUS, Z. et al. Availability and utilization of free lysine in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Comparison of L-lysine-HCl and L-lysine sulphate. **Aquaculture**, v. 151, p.177-183.
- SÁ, M.V.C. **Exigência protéica e relação energia/proteína para alevinos de piracanjuba (*Brycon orbignyanus*)**. Florianópolis: Universidade Federal de Sanata Catarina, 2002. 37p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Sanata Catarina, 2002.
- SAMPAIO, A.M.B.M. **Relação energia: proteína na nutrição do tucunaré (*Cichla* sp)**. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1998. 49p. Tese (Dissertação de Mestrado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1999.
- SAS (Statistical Analysis Systems Institute). *Use's guide, version 6*. 4 ed., Cary: SAS®/STAT, SAS Institute, 1995. 365p.
- TACON, A.G.J.; COWEY, C.B. Protein and amino acid requirement. In: Tytler, P.; Calow, P. **Fish Energetics: new perspectives**. London: Croom Helm, 1985. p.155-193.
- TAKEUCHI, T.; WATANABE, T.; OGINO, C. Optimum ratio of dietary energy to protein for carpa. **Bulletin Japanese Science Fish**, v. 45, p.983-987, 1979.
- TAVARES-DIAS & MORAES. Hematologia de Peixes Teleósteos. 144p. 2004.
- THOMAS, J.S. Hematology of fish. In: FELDMAN, B.F.; ZINKL, J.G.; JAIN, N.C. Schalm's Veterinary Hematology.5.ed. Edgarder Blücher, 2000, p. 891-898.
- WILSON, R.P. Amino acids and proteins. In: Halver, J.E. **Fish Nutrition**. London: Academic Press, 1989, p.111-151.
- WILSON, R.P.; POE, W.E. Relationship of whole and egg essential amino acid patterns to amino acid requirement patterns in channel catfish (*Ictalurus punctatus*). **Compendium Biochemistry Physiology**, v.80B, p.385-388,1985.
- WINFREE, R.A.; STCKNEY, A.A. Effects of dietary protein and energy on growth, feed conversion efficiency and body composition of *Tilapia aurea*. **Journal of Nutrition**, v.111, p.1001-1012, 1981.
- YAMADA, S.; SIMPSOM, K. ; TANAKA, Y.; KATAYAMA, T. Plasma amino acid changes in rainbow trout force-fed casein and corresponding amino acid mixture. **Bulletin of the Japanese Society for Scientific Fisheries**, v.47, p. 1035-1040.
- ZARATE, D.D.; LOVELL, R.T. Free lysine (L-lysine, HCL) is utilized for growth less efficiently than protein-bound lysine (soybean meal) in practical diets by young channel catfish (*Ictalurus punctatus*). **Aquaculture**, v.159, p.87-100, 1997.