

Substituição de farinha de peixes em rações para peixes

Fish meal replacement in fish diet

Edgar de A. Teixeira^{1,5}, Daniel V. Crepaldi¹, Paulo M.C. Faria², Lincoln P. Ribeiro³, Daniela C. Melo¹, Ana Carolina C. Euler¹, Eloísa de O. S. Saliba⁴

¹Doutorando em Zootecnia; ²Mestrando em Zootecnia; ³Professor Adjunto, Departamento de Zootecnia, Escola de Veterinária, UFMG, Belo Horizonte, MG, Brasil.

⁴Professora Associado, Escola de Veterinária UFMG - Departamento de Zootecnia.

⁵Correspondência: edgarvet@hotmail.com

Resumo

O sucesso para a produção de rações eficientes sob o ponto de vista da reprodução depende da identificação de ingredientes protéicos de boa qualidade e dos conhecimentos da digestibilidade dos seus nutrientes. É fundamental que esses estejam disponíveis a um custo compatível para a indústria. O objetivo deste trabalho é discutir a substituição da farinha de peixe como fonte de proteínas para peixes. Pela disponibilidade no mercado, os derivados da soja, o glúten de milho e os subprodutos da indústria do álcool são os produtos mais indicados. No entanto, existem diversos outros alimentos ou subprodutos comumente utilizados na alimentação animal que podem ser usados na formulação de dietas.

Palavras-chave: nutrição, farinha de peixe, alimentos.

Abstract

The success of efficient ration production in the fish reproduction stage depends on identification of proteic ingredients and the knowledge of their digestibility. It's important that these ingredients are disponible and cost compatible for the industria. The aim of this work is show how to substitute fish meal as source of protein in fish feed. Market availability show that the soy derivatives, corn gluten and the by-products of the alcahool industries are products more indicated. However, other foods or by-products normally used in animal feed can be used in this diets.

Keywords: nutrition, fish meal, feed.

Introdução

A pesca é a última atividade extrativista por meio da qual a sociedade ainda retira alimento em larga escala da natureza, tendo ultrapassado os limites da exploração sustentável. Segundo estudos realizados em 2001 pela FAO, 75% dos estoques do mundo estavam plenamente explorados ou sobre-explorados, 7% em colapsado, apenas 2% mostravam algum sinal de recuperação produtiva e, para os 16% restantes, não foi possível fazer um diagnóstico claro (Castello, 2004). Além disso, o Programa dos Recursos Vivos da Zona Econômica Exclusiva - REVIZEE, que estudou exaustivamente os estoques pesqueiros na costa brasileira, mostrou a inexistência de estoques de pescado capazes de gerar ou sustentar um aumento significativo de produção (Castello, 2004).

Como sucessora da pesca extrativa, a aquicultura avança como a atividade agropecuária de mais rápido crescimento no mundo (Tsukamoto e Takahashi, 1992). Na década de 90, a produção mundial da aquicultura aumentou de 6,7 para 20,9 milhões de toneladas (Tacon, 2001).

Para que a atividade continue seu crescimento, é necessário que esta seja sustentável econômica e ambientalmente (Cho *et al.*, 1994; Watanabe *et al.*, 1991). E que, além disso, seja embasada nos conceitos de segurança alimentar e desenvolvimento socioeconômico (Portz, 2001).

A intensificação dos sistemas de produção à custa do fornecimento constante de alimento nutricionalmente adequado é o único caminho para suprir a crescente demanda de peixe para consumo humano (Adesulu e Mustapha, 2000).

A preservação do meio ambiente é, também, uma preocupação crescente em todos os sistemas intensivos de produção. Por isso, há uma tendência de se produzir rações nutricionalmente densas com ingredientes de alta digestibilidade e palatabilidade para se produzir o mínimo de resíduos provenientes do desperdício de ração e da excreção elevada de fósforo (P) e nitrogênio (N) (Watanabe *et al.*, 1991).

A seleção de ingredientes para a formulação de dietas para peixes tem sido baseada no custo da proteína e energia e no perfil de aminoácidos. Entretanto, a relação P : N dos ingredientes passa a chamar atenção devido às preocupações com a qualidade do efluente produzido. Normalmente, as fontes de proteína de origem animal possuem uma elevada relação P : N, sendo a farinha de peixe de boa qualidade uma exceção. Ao contrário, as de

origem vegetal apresentam baixa relação P : N, o que é desejável por possuir um menor potencial poluidor (Cho, *et al.*, 1994).

Num sistema intensivo de aquicultura, assim como para a maioria dos sistemas de produção animal, a alimentação representa mais de 50% do custo operacional, sendo a proteína o elemento mais caro (El-Sayed, 1999). Por isso, a viabilidade econômica da aquicultura, principalmente nos países em desenvolvimento, depende da opção pelo cultivo de espécies que ocupem níveis mais baixos da cadeia trófica (Nagel, 1997), ou que se adaptem bem ao consumo de dietas formuladas com base em ingredientes de origem vegetal. Nesse contexto, desenvolveram-se linhas de pesquisa no sentido de se produzir rações utilizando fontes protéicas alternativas de baixo custo e de alto potencial produtivo.

O sucesso para a produção de rações com esse perfil depende inicialmente da identificação de ingredientes protéicos não convencionais e do aprofundamento dos conhecimentos sobre o perfil nutricional destes e, principalmente, da digestibilidade dos seus nutrientes. Além disso, é fundamental que esses ingredientes estejam disponíveis em grande quantidade para a indústria a um custo compatível com os sistemas de produção.

Para a alimentação de reprodutores, é fundamental produzir rações de alto valor nutricional com ingredientes de boa qualidade e disponibilidade de seus nutrientes. É importante ressaltar que a eficiência reprodutiva e a obtenção de larvas e alevinos de boa qualidade estão diretamente relacionadas com a correta nutrição dos reprodutores.

A diferença das rações para peixes, em relação àquelas produzidas para os animais domésticos tradicionais, está no seu elevado nível de proteína. Sendo animais pecilotérmicos, os peixes não gastam energia para a manutenção da temperatura corporal como os mamíferos e as aves e, por terem uma limitada capacidade de utilizar carboidratos como fonte de energia, esta deve ser fornecida pelos de lípidos e pelas proteínas (Kikuchi, 1999).

Isso pode ser visto como vantagem, no sentido de que os peixes seriam capazes de obter conversões alimentares menores que 1 com rações comerciais de alta digestibilidade (Tsukamoto e Takahashi, 1992).

O objetivo deste trabalho é discutir a possibilidade de substituir a farinha de peixe como principal fonte de proteínas para peixes, no sentido da viabilização econômica e ambiental da formulação de rações comerciais utilizando fontes de proteína que atendam as exigências nutricionais e que sejam disponíveis em larga escala para a indústria e para os piscicultores no Brasil.

Farinha de peixes

O desenvolvimento de rações comerciais para peixes tem sido, tradicionalmente, baseado em farinha de peixe devido à alta concentração de proteína e ao balanceamento de aminoácidos essenciais. A farinha de peixe também é uma excelente fonte de ácidos graxos essenciais, de energia digestível, minerais e vitaminas. Contudo, ela é a fonte de proteína mais cara em dietas para animais, inclusive peixes (Tacon, 1993; El-Sayed, 1999).

A produção limitada de farinha de peixe em conjunto com a crescente demanda e competição pela sua utilização na produção animal ajudam a elevar ainda mais o seu preço. Portanto, os países em desenvolvimento não podem depender dessa como principal fonte de proteína. Por isso, várias tentativas têm sido feitas para substituir, total ou parcialmente, a farinha de peixe por fontes de proteína mais baratas e disponíveis em grandes quantidades para a indústria (Abdelgany, 1997). É importante lembrar que o custo dos alimentos é inerente ao local avaliado (El-Sayed, 1999).

No Brasil, a farinha de peixe é uma matéria-prima escassa pela reduzida disponibilidade de peixes nos mares, por isso, ela acaba sendo elaborada a partir de resíduos da indústria de processamento pesqueiro, resultando num produto abaixo dos padrões internacionais e diferindo nutricionalmente a cada partida, com altos teores de cinza, rancificação de lipídeos e degradação de proteínas. Além das complicações nutricionais, um produto com tais características provoca maior poluição ambiental (Tsukamoto e Takahashi, 1992).

Rações para peixes podem ser produzidas livres de farinha de peixe sem que haja queda no desempenho (Fagbenro e Davies, 2000). Nesse aspecto, farinhas ou farelos de leguminosas e oleaginosas têm um grande potencial econômico. (Fagbenro e Davies, 2000). Entretanto, Soliman *et al.* (2000) associaram a substituição da farinha de peixe com uma moderada redução na utilização do alimento para tilápias.

Soja e derivados

Dentre as fontes comerciais de proteína animal e vegetal, a opção com maior potencial para a substituição da farinha de peixe, especialmente no Brasil, é a soja, pois possui alta concentração de proteínas de alta digestibilidade, possui balanço adequado de aminoácidos essenciais e, principalmente, é de grande disponibilidade no país (Tsukamoto e Takahashi, 1992). Além disso, peixes alimentados com soja excretam menos fósforo e nitrogênio do que os alimentados com farinha de peixe, causando menor impacto ao ambiente (Brown, 2000).

O farelo de soja é tradicionalmente utilizado na alimentação de animais aquáticos, na proporção de 20 a

30% da proteína total da ração. Para que se possa usá-lo como fonte principal de proteína, é necessário um processamento mais elaborado (Tsukamoto e Takahashi, 1992).

O grão de soja *in natura* apresenta vários fatores antinutricionais, sendo os mais conhecidos o fator inibidor da tripsina e a urease. Essas substâncias são responsáveis pelos principais efeitos deletérios na nutrição dos animais terrestres. Porém, para esses animais, um simples tratamento térmico é suficiente para anular esses efeitos (Tsukamoto e Takahashi, 1992; Arndt *et al.*, 1999).

Em peixes, a toxicidade difere deste padrão: o fator inibidor da tripsina é tóxico, enquanto a urease é atóxica. Porém, outras substâncias menos estudadas são importantes, por exemplo: saponinas, lectinas (hemoaglutininas), fitato, fator alergênico e carboidratos causadores de flatulência (Arndt *et al.*, 1999).

A redução do crescimento de peixes alimentados com dietas contendo produtos de soja como principal fonte de proteína, quando comparadas com dietas baseadas em farinha de peixes, deve-se, provavelmente, à queda no consumo e à diminuição da digestibilidade da proteína, causadas por essas substâncias (Boonyaratpalin *et al.*, 1998).

A presença de fitato nos produtos da soja bem como os efeitos deletérios deste (redução da digestibilidade e deposição da proteína e da solubilidade do P) podem ser contornados com o tratamento dos ingredientes com fitase antes da extrusão (Storebakken *et al.*, 1998) ou com a adição de fitase junto com a adição de óleos após o processamento. Entretanto, é preciso uma avaliação do custo benefício desses tratamentos.

A capacidade de tolerar altos níveis de soja na dieta varia muito entre as espécies, sendo as carnívoras as mais sensíveis (Arndt *et al.*, 1999).

O grão de soja bruto contém cerca de 24% de proteína bruta, além de uma quantidade apreciável de lipídeos, carboidratos e fatores antinutricionais. Devido à presença de gordura associada à proteína, o grão pode ser usado diretamente (*full fat soybean*) após a tostagem para certas espécies de peixes. A tilápia é um peixe resistente que se beneficia, nesse caso, tanto da proteína, como do ácido linoléico – o constituinte mais abundante do óleo de soja e único ácido graxo essencial para essa espécie (Tsukamoto e Takahashi, 1992).

O farelo de soja desengordurado é o resíduo da extração de óleo do grão e possui entre 44 e 48% de PB. Apesar das vantagens e facilidades para sua utilização como principal componente protéico de rações, a sua limitação está relacionada com os fatores antinutricionais já mencionados e com a deficiência de metionina e lisina (Tsukamoto e Takahashi, 1992; El-Dahhar e El-Shazly, 1993).

No intuito de solucionar tais problemas, derivados de soja provenientes de diversos processamentos vêm sendo testados visando obter processados de soja com o mínimo de princípios tóxicos, altos níveis de proteína e viáveis economicamente. Destacam-se os concentrados protéicos, que possuem cerca de 70% de PB e o isolado protéico com mais de 90% de PB (Tsukamoto e Takahashi, 1992).

Os concentrados são obtidos, basicamente, por três métodos: lixiviação com água a pH 4,6; proteína pré-denaturada por calor úmido e lixiviação com álcool hidratado. Nos dois primeiros ainda persiste algum fator antinutricional que inibe o consumo de ração e aumenta a taxa de mortalidade quando comparados com o consumo e desempenho de rações feitas com farinha de peixe (Tsukamoto e Takahashi, 1992).

O lixiviado alcoólico apresenta resultados ligeiramente superiores, no entanto o seu custo é ainda muito alto. O mesmo ocorrendo com o isolado protéico. Contudo, se o concentrado protéico é associado à proteína do milho (glúten), percebe-se um melhor desempenho em relação à dieta baseada em farinha de peixe (Tsukamoto e Takahashi, 1992).

O concentrado protéico de soja (lixiviado aquoso) é mais barato que a farinha de peixe de boa qualidade, possui um nível de proteína alto e, exceto metionina e lisina disponível, possui nível semelhante de aminoácidos essenciais para peixes (Soliman *et al.*, 2000).

A queda de consumo das rações formuladas com soja também se deve à presença de grandes quantidades de saponinas ligadas a proteínas. A presença dessas nos produtos de soja é altamente dependente do tipo de processamento (Bureau *et al.*, 1998). Os concentrados protéicos obtidos por lavagens alcoólicas seriam livres de saponinas devido ao rompimento de ligações químicas ajudando na remoção de saponinas da proteína. (Bureau *et al.*, 1998).

Abdelghany (1997), testando vários níveis de substituição de farinha de peixe por um concentrado protéico de soja numa ração com 35% de PB para tilápias, obteve os melhores resultados de ganho de peso, conversão alimentar e deposição de proteína, com mais de 90% da proteína da dieta fornecida pelo concentrado protéico (Tab. 1), demonstrando o grande potencial da soja como fonte de proteína para a tilápia. Até 30% da farinha de peixe pode ser substituída por farelo de soja numa ração de baixa proteína (24%) sem que haja prejuízo no desenvolvimento para tilápias (Shiau *et al.*, 1990; Tab. 2).

Resfstie *et al.* (1997) sugerem, num experimento com truta arco-íris, que, após adaptação à dieta baseada em soja, o consumo de ração e o desempenho dos peixes não foram inferiores aos observados com a ração baseada em farinha de peixe (Tab. 3).

Uma atenção especial deve ser dada à suplementação energética e ao conteúdo de metionina e lisina dos ingredientes que compuserem em uma ração cuja principal fonte de proteína seja a soja (Viola *et al.*, 1981/1982; Shiau *et al.*, 1990).

Tabela 1. Desempenho de tilápias com a substituição gradual da farinha de peixes (FP) por concentrado protéico de soja (CPS) na dieta.

% FP	P inicial	P final	Ganho de Peso %
100	48,0	562,0 ^{bc}	1070,8 ^{bcd}
90	47,5	551,5 ^{bc}	1061,4 ^{bcd}
75	47,5	530,0 ^c	1016,1 ^{cd}
50	48,0	504,5 ^c	951,0 ^{cd}
25	48,5	576,5 ^{bc}	1089,5 ^{bc}
10	48,0	695,0 ^a	1346,4 ^a
0	47,5	639,0 ^{ab}	1244,7 ^{ab}

^{a, b}letras diferentes na mesma coluna são estatisticamente diferentes ($P \leq 0,05$)

Adaptado de Abdelghany, 1997.

Tabela 2. Ganho de peso (GP), conversão alimentar (CA) e digestibilidade (Dig) em dois níveis de PB para tilápias.

Ração	GP	CA	Dig
24% PB			
Controle	143,84 ± 40,73 ^a	1,44 ± 0,33 ^a	87,99 ± 6,79 ^a
30% FS	138,51 ± 32,68 ^a	1,50 ± 0,26 ^a	86,61 ± 3,32 ^a
30% FS + met	146,68 ± 14,42 ^a	1,37 ± 0,10 ^a	89,57 ± 4,76 ^a
32% PB			
Controle	191,15 ± 39,76 ^b	1,17 ± 0,17 ^b	90,12 ± 3,80 ^a
30% FS	150,05 ± 39,31 ^a	1,39 ± 0,28 ^a	86,02 ± 3,79 ^a
30% FS + met	183,31 ± 10,70 ^b	1,20 ± 0,05 ^b	91,27 ± 6,45 ^a

^{a, b}letras diferentes na mesma coluna são estatisticamente diferentes ($P \leq 0,05$) Adaptado de Shiau *et al.*, 1987.

A adição de aminoácidos essenciais revela resultados controversos. Viola e Arieli (1983) e El-Sayed (1999), relatam que a adição de aminoácidos livres em dietas baseadas em soja para tilápias não melhorou o desempenho dos peixes. Viola *et al.* (1981/1982) não encontraram diferenças de desempenho com a suplementação de aminoácidos; no entanto, concluíram que o P foi o fator limitante para dieta baseada em farelo de soja. Já Shiau *et al.* (1989) e El-Sayed (1999), encontraram diferenças significativas no crescimento de tilápias com a adição de metionina na dieta com 32% de PB baseada em farelo de soja.

As variações dos resultados da incorporação dos diversos produtos de soja nas dietas de peixes se mostram dependentes da espécie e do tamanho do peixe, do nível de proteína da dieta (Tab. 3), do tipo de processamento da soja, do sistema de cultivo avaliado e das associações entre ingredientes (Resfsitie *et al.*, 1997; El-Sayed, 1999).

Tabela 3. Desempenho de trutas com a substituição de 60% da farinha de peixes (FP) por farelo de soja (FS) na dieta.

	Dieta 1 (FP)	Dieta 2 (60% FS)
Peso inicial	33,7 ± 0,3	33,3 ± 0,3
Peso final	90,7 ± 1,2 ^a	76,7 ± 1,9 ^b
Cresc. 0-28 dias	2,08 ± 0,05 ^a	1,49 ± 0,02 ^b
Cresc. 29-56 dias	1,92 ± 0,02 ^a	1,78 ± 0,05 ^a

^{a, b}letras diferentes na mesma linha são estatisticamente diferentes ($P \leq 0,05$)

Adaptado de Refstie *et al.*, 1997

Glutens

Outras alternativas de ingredientes protéicos para formulação de rações são os glutens de milho e de trigo, os quais, segundo Hardy (1999), são os melhores produtos de grãos para fornecer proteína para peixes.

Wu *et al.* (1995), testando dietas baseadas em glúten de milho e farelo de soja livres de farinha de peixe, obtiveram resultados de ganho de peso, deposição de proteína e conversão alimentar melhores comparados à dieta com farinha de peixe.

O glúten de milho e o de trigo possuem altos teores de PB, 60 e 70-80%, respectivamente, com grande digestibilidade (99%), pouca fibra; são ricos em vitaminas B e E e não possuem fatores antinutricionais como a soja. (Robiana *et al.*, 1999; Storebakken *et al.*, 2000). Entretanto, também são deficientes em lisina, seu primeiro aminoácido limitante (Wu *et al.*, 1998).

Quando o glúten de milho substitui até 40% da farinha de peixe na alimentação de Turbot, não se

observam diferenças no ganho de peso, na utilização da proteína e na conversão alimentar (Tab. 4) (Regost *et al.*, 1999).

Tabela 4. Desempenho de turbot (*Psetta máxima*) com a substituição gradual da farinha de peixes (FP) por glúten de milho (GM) numa dieta com 50% de PB.

% GM	Peso inicial	Peso final	Cresc. Específico
0	65,9	133,7 ^a	1,13 ^a
20	65,9	136,2 ^a	1,14 ^a
40	65,6	119,5 ^b	0,96 ^b
57	65,3	91,0 ^c	0,53 ^c
57 + Lis + Arg	65,2	88,1 ^c	0,48 ^c

^{a, b}letras diferentes na mesma coluna são estatisticamente diferentes ($P \leq 0,05$) Adaptado de Regost, 1999

A adição de lisina livre na dieta de trutas formulada com glúten de trigo melhorou o desempenho dos peixes. (Rodehutsord *et al.*, 2000a, b; Storebakken *et al.*, 2000).

A literatura é bastante controversa quanto à necessidade de suplementação com Arginina, o segundo aminoácido limitante do glúten (Storebakken *et al.*, 2000).

Os glutens, além de ótima fonte de proteína são excelentes agregantes para a ração. Além de contribuírem com a qualidade física do pellet, os agregantes facilitam a retirada dos resíduos, provenientes da alimentação e excreção da água, pois aumentam o tamanho das partículas presentes no efluente (Han *et al.*, 1998). Os agregantes, quando não são digestíveis, reduzem a digestibilidade da proteína e dos lipídeos, além de diminuir a densidade da dieta (Han *et al.*, 1998).

Para peixes que fixam pigmentos carotenóides na musculatura, como a truta, a adição de mais de 22,5% de glúten de milho na ração pode imprimir uma coloração amarelada na carne (Hardy, 1999).

Apesar do elevado teor de proteína do glúten de trigo quando comparado ao glúten de milho, o seu preço é bem mais alto.

Proteínas unicelulares

Proteínas unicelulares (SCP - *single cell protein*) são ingredientes que podem ser utilizados na alimentação de peixes. Entretanto, a eficiência para utilização destas varia muito entre as espécies e com a forma ou estratégia de introdução de proteínas unicelulares na dieta. Principalmente, a tilápia tem chamado a atenção de muitos pesquisadores em sistemas intensivos (Focken *et al.*, 2000; El-Sayed, 1999; Avnimelech e Mokady, 1988; Davies e Wareham, 1988). SCP são um grupo de microorganismos que incluem algas unicelulares, fungos, bactérias, cyanobactérias e leveduras (El-Sayed, 1999).

Segundo Focken *et al.*, (2000), a contribuição da SCP na nutrição é alta, pois, além de fornecer parte do requisito de proteína bruta, pode corrigir eventuais deficiências das rações comerciais, principalmente quanto a aminoácidos.

A produção de SCP é uma maneira muito simples e barata de se produzir alimento natural para algumas espécies de peixe. Para otimizar o sistema, o viveiro ou tanque deve funcionar como um biorreator. Para que isso ocorra, a relação C : N deve ser de 15:1. Como o N do sistema provém basicamente da excreção dos peixes, basta fornecer uma fonte de carbono (farelo de trigo, sorgo, rolão de milho, etc.) na proporção adequada e propiciar aeração e circulação para que o processo seja aeróbio (Chamberlain e Hopkins, 1994).

Com esse processo, além da vantagem nutricional, a reposição de água no sistema é reduzida significativamente, já que o excesso de nitrito e nitrato (tóxicos para os peixes) é usado para produção de proteína (Avnimelech *et al.*, 1989, 1992; El-Sayed, 1999).

Existem processos industriais de produção de SCP para compor rações, como o descrito por Murray e Marchant (1986), porém são mais caros que o já descrito. Entretanto, quando são subprodutos industriais, como os da produção alcoólica, podem ser viáveis economicamente.

Dentre os subprodutos industriais, destacam-se a levedura de cana-de-açúcar (*Saccharomyces cerevisiae*), subproduto da fermentação alcoólica, e a torula (*Candida utilis*), uma levedura produzida a partir do vinhoto, o principal resíduo da produção do álcool.

A utilização dessas formas industriais de SCP é de especial importância para o Brasil, uma vez existe um grande número de usinas de álcool no país, o que pode garantir um aporte constante desses subprodutos às indústrias de rações. Entretanto, a maioria das destilarias de álcool brasileiras não vem trabalhando no sentido de produzir um excedente de leveduras no processo.

A recuperação de levedura (*Saccharomyces cerevisiae*) no processo de fabricação do álcool, adotando-se a técnica da "sangria" de até 10% da população de microorganismos, pode render entre 25 e 40g de levedura seca por litro de álcool produzido. Esse processo força uma maior reprodução celular, obtendo-se, em consequência, uma população mais "jovem". Quando é gerado algum excedente de levedura, este é vendido para

ser usado na alimentação animal (Cortez *et al.*, 1992).

A composição de aminoácidos da levedura de cana é bem balanceada, destacando-se os altos teores de lisina e triptofano, razão pela qual é recomendada sua utilização como suplemento em rações à base de cereais (Mattos *et al.*, 1984).

A levedura de cana possui energia compatível ao farelo de soja, é a maior e mais completa fonte natural de vitaminas do complexo B, é rica em macro e micro minerais e é muito palatável, podendo ser incluída de 5 a 10% em rações para peixes¹.

A maior limitação para a utilização de leveduras é a baixa digestibilidade da parede celular, o que reduz a biodisponibilidade dos nutrientes (Butolo, 1997, 2001).

Entretanto, Medri *et al.* (2000), testando diferentes níveis de inclusão de levedura seca de cana em rações para tilápias, não observaram queda no desempenho desses peixes com a inclusão de até 30% desta na dieta.

A levedura de torula também pode ser usada em dietas para animais com o intuito de suprir as exigências protéicas e aminoacídicas substituindo fontes protéicas tradicionalmente utilizadas, como a farinha de peixes e o farelo de soja. Esses alimentos protéicos de boa qualidade são muito utilizados na alimentação de outros animais de produção e até mesmo para alimentação humana, o que leva a uma competição pelo uso destes. Essa competição eleva os preços desses alimentos, contribuindo para o aumento dos custos das dietas formuladas, uma vez que as fontes de proteína e de aminoácidos limitantes são os ingredientes que mais oneram o custo das dietas.

No caso da torula, além do alimento gerado, há o aspecto ambiental, já que esta é originada utilizando a vinhaça como substrato para a sua obtenção. A vinhaça é a principal causa de impacto ambiental na produção de álcool a partir da cana-de-açúcar, causando grande transtorno à indústria e à natureza. A relação de álcool e vinhaça produzidos é de 1: 15 litros. Uma indústria de tamanho médio produzindo 50.000 litros de álcool/dia é responsável por uma produção diária de 750 m³ de vinhaça com uma demanda química de oxigênio (DQO) entre 60.000 e 70.000 mg/litro, o que demonstra um alto efeito contaminante para o meio ambiente. Além disso, cada m³ não tratado de vinhaça produzido equivale a uma tonelada de CO₂ que será liberado para a atmosfera.

Alimentos não convencionais

A avaliação de alimentos não convencionais é fundamental para sempre estarmos propondo tecnologias que se adaptem às necessidades econômicas de cada região. É de grande importância pesquisar sobre novos alimentos que não competem direta ou indiretamente com a alimentação humana, de preferência que seja subproduto desta.

Há um crescente número de grupos de pesquisa que buscam alternativas na alimentação animal de forma a equilibrar a utilização de recursos disponíveis com a produtividade dos animais, vislumbrando um *status* de transformação de matérias-primas em produtos de origem animal seguros para uso humano e de qualidade superior (Herrera, 2003).

Herrera (2003) cita que, na atualidade, a indústria agrícola produz uma grande quantidade de subprodutos que apresentam um grande potencial nutricional como alimentos para animais. Esses subprodutos não são utilizados diretamente pelo ser humano, então, há a possibilidade de convertê-los em fontes alimentares baratas e posteriormente produtos animais para consumo humano. Entre esses diversos subprodutos, destacam-se os resíduos da agroindústria do álcool.

Considerações finais

A substituição da farinha de peixe em rações para peixes, além de ser exequível tecnicamente, é desejável sob o ponto de vista econômico e ambiental.

Pela disponibilidade no mercado, os derivados da soja, o glúten de milho e os subprodutos da indústria do álcool são os produtos mais indicados para tal. No entanto, existem diversos outros alimentos ou subprodutos comumente utilizados na alimentação animal que podem ser usados na formulação de dietas para peixes, devendo ser observados aspectos como antinutricionais, toxidez, valor nutricional, biodisponibilidade dos nutrientes e palatabilidade, bem como disponibilidade e preço.

Ainda são necessárias mais pesquisas no intuito de se utilizar concomitantemente esses ingredientes, uma vez que a maioria dos trabalhos existentes na literatura trata da substituição da farinha de peixe por apenas um alimento. Possivelmente, se tal substituição for feita por um conjunto de fontes protéicas alternativas, os resultados serão ainda mais promissores.

Referências

Abdelghany AE. Optimum ratio between anchovy fish meal and soy protein concentrated in formulated diets

¹ Catálogo comercial ICC

- for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.). In: Fitzsimmons K (Ed.). *Proceedings from the fourth International Symposium on Tilapia Aquaculture*. Orlando: Northeast Regional Agricultural Engineering Service, 1997. p.31-39.
- Adesulu EA e Mustapha AK.** Use of maggots as a fish meal replacer in tilapia culture: a recent vogue in Nigeria. In: Fitzsimmons K e Carvalho Filho J (Ed.). *Proceedings from the fifth International Symposium on Tilapia Aquaculture*. Rio de Janeiro: Panorama da Aqüicultura Magazine, 2000. p.138-143.
- Arndt RE, Hardy RW, Sugiura SH, Dong FM.** Effects of heat treatment and substitution level on palatability and nutritional value of soy defatted flour in feeds for coho salmon, *Oncorhynchus kisutch*. *Aquaculture*, v.180, p.129-145, 1999.
- Avnimelech Y, Diab S, Kochva M.** Control and utilization of inorganic nitrogen in intensive fish culture ponds. *Aquac Fish Manag*, v.23, p.421-430, 1992.
- Avnimelech Y, Mokady S, Schroeder GL.** Circulated ponds as efficient bioreactors for single cell protein production. *Bamidgeh. Israel J Aquac*, v.41, p.58-66, 1989.
- Avnimelech Y, Mokady S.** Protein biosynthesis in circulated fishponds. In: Pullin RSV, Bhukaswan T, Tonguthai K, Maclean JL (Ed.), *Proceedings of the 2nd International Symposium on Tilapia Aquaculture*. Manila, Philippines: ICLARM conference, 1988. p.301-308.
- Boonyaratpalin M, Suraneiranat P, Tunpibal T.** Replacement of fish meal with various types of soybean products in diets for the Asian seabass, *Lates calcarifer*. *Aquaculture*, v.161, p.67-78, 1998.
- Brown P.** Soy feeds for aquaculture. *Aquac Magaz*, p.21-22, may/jun. 2000.
- Bureau DP, Harris AM, Cho CY.** The effects of purified alcohol extracts from soy products on feed intake and growth of chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*) and rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, v.161, p.27-43, 1998.
- Butolo JE.** Leveduras vivas e termolizadas na alimentação animal. In: Simpósio sobre Ingredientes Alternativos na Alimentação Animal, 2001, Campinas. *Anais...* Campinas: Colégio Brasileiro de Nutrição Animal, 2001. p.191-198.
- Butolo JE.** Uso da levedura desidratada em alimentação animal: propriedades, custo relativo a outras formas de nutrientes. In: Produção de Biomassa de Levedura: Utilização em Alimentação Humana e Animal, 1997, Campinas. *Anais...*, Campinas: ITAL, 1997. p.70.
- Castello JP.** Manelo da pesca e a interdisciplinaridade. *Desenvolvimento e Meio Ambiente*, n. 10, p. 163-168, jul./dez. 2004.
- Chamberlain GW, Hopkins JS.** Reducing water use and feed cost in intensive ponds. *World Aquac*, v.25, p.29-32, 1994.
- Cho CY, Beveridge MCM, Telfer TC.** Development of high-nutrient-dense, low-pollution diets and prediction of aquaculture wastes using biological approaches. *Aquaculture*, v.124, p.293-305, 1994.
- Comparación** de proteínas vegetales en alimentos acuáticos. *Alimentos balanceados para animales*, v.6, n.6, p.33-35, 1999.
- Cortez L, Magalhães P, Happi J.** Principais subprodutos da agroindústria canvieira e sua valorização. *Rev Bras Energia*, v.2, n.2, p.111-146, 1992.
- Davies SJ, Wareham H.** A preliminary evaluation of a single cell protein in practical diets for tilapia (*Oreochromis mossambicus* Peters). *Aquaculture*, v.73, p.189-199, 1988.
- El-Dahhar AA, El-Shazly K.** Effect of essential amino acids (methionine and lysine) and treated oil in fish diet on growth performance and feed utilization of Nile tilapia, *Tilapia nilotica*(L). *Aquac Fish Manag*, v.24. p.731-739, 1993.
- El-Sayed AFM.** Alternative dietary protein sources for farmed tilapia, *Oreochromis spp.* *Aquaculture*, v.179, p.149-168, 1999.
- Fagbenro OA, Davies SJ.** Use of oilseed meal as fish meal replacer in tilapia diets. In: Fitzsimmons K e Carvalho Filho J (Ed.). *Proceedings from the fifth International Symposium on Tilapia Aquaculture*. Rio de Janeiro: Panorama da Aqüicultura Magazine, 2000. p.145-153.
- Focken U, Schlechtriem C, Becker K.** Contribution of natural food and compound feed to the gut content of hybrid tilapia (*Oreochromis niloticus* x *O. aureus*) in pond culture. In: Fitzsimmons K e Carvalho Filho J (Ed.). *Proceedings from the fifth International Symposium on Tilapia Aquaculture*. Rio de Janeiro: Panorama da Aqüicultura Magazine, 2000. p.157-162.
- Han X, Rosati R, Webb J.** Correlation of particle size distribution of solid waste to fish feed composition in an aquaculture recirculation system. In: Success and failures in commercial recirculating aquaculture. [s.l.]: Natural Resource, Agriculture and Engineering Service, 1998. p.257-278. (NRAES, 98).
- Hardy RW.** Aquaculture's rapid growth requirements for alternate protein sources. *Feed Manag*, v.50, p.25-28, 1999.
- Herrera AP.** *Eficiência produtiva e avaliação nutricional de dietas simplificadas a base de forragens para coelhos em crescimento*. 2003. 104f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária, Belo Horizonte, 2003.
- Kikuchi K.** Use of soybean meal as a substitute for fish meal in diets of Japanese flounder (*Paralichthys olivaceus*). Amsterdam: Elsevier, *Aquaculture*, 179, p. 3-11, 1999.



- Mattos WRS, D'Arce RD, Machado PF.** O uso de levedura da fermentação alcoólica na alimentação dos ruminantes. *Inf Agropec*, v.10, n.119, p.56-60, 1984.
- Medri V, Pereira GV, Leonhardt JH.** Growth of Nile Tilapia *Oreochromis niloticus* fed with different levels of alcohol yeast. *Rev Bras Biol*, v.60, p.113-121, 2000.
- Murray AP, Marchant R.** Nitrogen utilization in rainbow trout fingerlings (*Salmo gairdneri* Richardson) feed mixed microbial biomass. *Aquaculture*, v.54, p.263-275, 1986.
- Nagel LCA.** Azolla meal as a supplemental feed ingredient for tilapias. In: Fitzsimmons K (Ed.). *Proceedings from the fourth International Symposium on Tilapia Aquaculture*. Orlando: Northeast Regional Agricultural Engineering Service, 1997. p.20-30.
- Portz L.** Recentes avanços na determinação das exigências e digestibilidade da proteína e aminoácidos em peixes. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 38, 2001. Piracicaba, SP. *Anais ...* Ribeirão Preto: SBZ, 2001. p.528-542.
- Refstie S, Helland SJ, Storebakken T.** Adaptation to soybean meal in diets for rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Aquaculture*, v.153, p.263-272, 1997.
- Regost C, Arzel J, Kaushik SJ.** Partial or total replacement of fish meal by corn gluten meal in diet for turbot (*Psetta maxima*). *Aquaculture*, v.180, p.99-117, 1999.
- Robiana L, Corraze G, Aguirre P, Blanc D, Melcion JP, Kaushik S.** Digestibility, postprandial ammonia excretion and selected plasma metabolites in european sea bass (*Dicentrarchus labrax*) fed pelleted or extruded diets with or without wheat gluten. *Aquaculture*, v.179, p.45-56, 1999.
- Rodehutschord M, Borchert F, Gregus Z, Pack M, Pfeffer E.** Availability and utilisation of free lysine in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) 1. Effects of dietary crude protein level. *Aquaculture*, v.187, p.163-176, 2000a.
- Rodehutschord M, Borchert F, Gregus Z, Pack M, Pfeffer E.** Availability and utilisation of free lysine in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) 2. Comparison of L-lysine-HCl and L-lysine sulphate. *Aquaculture*, v.187, p.177-183, 2000b.
- Shiau S Y, Lin SF, Yu SL, Lin AL, Kwok CC.** Defatted and full-fat soybean meal as partial replacements for fish meal in tilapia (*Oreochromis niloticus* x *O. aureus*) diets at low protein level. *Aquaculture*, v.86, p.401-407, 1990.
- Shiau S-Y, Kwok C-C, Hwang J-Y, Chen C-M, Lee S-L.** Replacement of fish meal with soybean meal in male tilapia *Oreochromis niloticus*=*O. aureus*.fingerling diets at a suboptimal level. *J World Aquacult Soc*, v.20, p.230-235, 1989.
- Soliman AK, Atwa AM F, Abaza MA.** Partial replacement of fish meal protein with black seed meal protein, with and without lysine and methionine supplementation, in diets of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). In: Fitzsimmons K e Carvalho Filho J (Ed.). *Proceedings from the fifth International Symposium on Tilapia Aquaculture*. Rio de Janeiro: Panorama da Aqüicultura Magazine, 2000. p.187-196.
- Storebakken T, Shearer KD, Baeverfjord G, Nielsen BG, Åsgård T, Scott T, De Laporte, A.** 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.
- Storebakken T, Shearer KD, Roem AJ.** Availability of protein, phosphorus and other elements in fish meal, soy- protein concentrate and phytase-treated soy-protein-concentrate-based diets to atlantic salmon, *Salmo salar*. *Aquaculture*, v.161, p.365-379, 1998.
- Tacon AGJ.** Contribution to food fish supplies. In: Food fish supplies. Rome: FAO, 2001. Disponível em: <http://www.fao.org>. Acesso em abril de 2006.
- Tacon AGJ.** Feed ingredients for warmwater fish. In: Fish meal and other processed feedstuffs. Rome: FAO, 1993. 64p. (Fishers Circular, n.856).
- Tsukamoto RY, Takahashi NS.** Falta de proteína para ração: estrangulamento da aqüicultura no Brasil. *Panor Aquic*, p.8-9, nov./dez. 1992.
- Viola S, Arieli Y.** Nutrition studies with tilapia *Sarotherodon*.: 1. Replacement of fishmeal by soybean meal in feeds for intensive tilapia culture. *Bamidgeh*, v.35, p.9-17, 1983.
- Viola S, Mokady S, Rappaport U, Arielli Y.** Partial and complete replacement of fishmeal by soybean meal in feeds for intensive culture of carp. *Aquaculture*, v.26, p.223-236, 1981/1982.
- Watanabe T, Sakamoto H, Abiru M, Yamashita J.** Development of a new type of dry pellet for yellowtail. *Nippon Suisan Gakkaishi*, v.57, p.891-897, 1991.
- Wu Yv, Rosati R R, Sessa D J, Brown P B.** Evaluation of corn gluten meal as a protein source in tilapia diets. *J Agric Food Chem*, v.43, p.1585-1588, 1995.

Agradecimentos

Apoio financeiro da SEAP/PR.