



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE AQUICULTURA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AQUICULTURA

REDUÇÃO DE FÓSFORO EM RAÇÕES PARA TRUTA ARCO-ÍRIS
(*Oncorhynchus mykiss*)

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Aqüicultura do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Santa Catarina, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Aqüicultura.

Orientadora: Débora Machado Fracalossi
Co-orientador: Eduardo Cargnin-Ferreira

Ronaldo Lima de Lima

Florianópolis - SC
2010

Lima, Ronaldo Lima de

Redução de fósforo em rações para truta arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*), / Ronaldo Lima de Lima - 2010.

72 f.: 8 figs.: 7 tabs.

Orientadora: Débora Machado Fracalossi.

Co-orientador: Eduardo Cargnin-Ferreira.

Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Aqüicultura.

1. Fósforo 2. Farinha de peixes 3. Farelo de soja 4. Truta 5. Peneiragem 6. Extrusão 7. Peletização

Redução de fósforo em rações para truta arco-iris (*Oncorhynchus mykiss*)

Por

RONALDO LIMA DE LIMA

Esta tese foi julgada adequada para a obtenção do título de

DOUTOR EM AQUICULTURA

e aprovada em sua forma final pelo Programa de
Pós-Graduação em Aquicultura.

Banca Examinadora:

Dra. Débora Machado Fraclossi – *Orientadora*

Dr. Alexandre Sachsida Garcia

Dr. Evoy Zaniboni Filho

Dra. Maude Regina de Borba

Dra. Mônica Yumi Tsuzuki

DEDICATÓRIA

*“Dedico aos meus pais,
Antonio da Silva Lima (in memoriam) e
Cely Lima de Lima pelos valores a mim ensinados.
Estes irão nortear sempre a minha vida”*

AGRADECIMENTO

À professora Débora Machado Fracalossi, que aceitou me orientar, pelo conhecimento, experiência e paciência nestes anos de trabalho. Por acompanhar todas as fases do meu trabalho e a qualquer hora que solicitada sempre achou um tempo para ajudar, nunca mediu esforços para que este trabalho fosse concluído com êxito. Sempre leva ao extremo a palavra orientadora.

Ao Professor Eduardo Cargnin-Ferreira pela co-orientação e auxílio nas análises histológicas.

À Neiva Braun, minha companheira de vida e colega de trabalho, que sempre esteve ao meu lado, ao longo dos anos, motivando também nesta fase da minha vida. Por estar sempre junto “em cena” e nos “bastidores” deste trabalho, da biometria à estatística, sem nunca medir esforços para ajudar. Com sua calma e paciência, conseguia ver detalhes importantes que no desespero passavam despercebidos.

À equipe do LAPAD, onde realizei este trabalho, representada pelos professores Evoy Zaniboni Filho e Alex Pires de Oliveira Nuñez.

À empresa parceira neste projeto, Nicoluzzi Rações Ltda, representada pelo proprietário Fernando Nicoluzzi e pelo gerente técnico José Humberto de Souza.

Aos locais onde elaborei parte das dietas experimentais: UNIOESTE, PR, representado pelos professores Wilson Boscolo e Aldi Feiden, e ao setor de piscicultura da ESALQ, USP, SP, representado pelo professor José Eurico Possebon Cyrino.

Ao Programa de Pós Graduação em Aquicultura, em especial ao Secretário Carlito Klunk, pela amizade e auxílio em todos os trâmites burocráticos ao longo destes anos.

Fica aqui registrado o agradecimento a todos que ajudaram neste trabalho, direta ou indiretamente, aos presentes e ausentes neste período, pelo apoio físico, moral e espiritual. Muito obrigado!!

RESUMO

O objetivo deste estudo foi reduzir o conteúdo de fósforo nas rações comerciais para truta arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*). Para isto foram realizados três estudos. 1º- A proteína da farinha de resíduos de peixes foi substituída pela proteína da farinha de vísceras de frango (0, 25, 50, 75 e 100%) para alevinos (6,63 g peso médio inicial), por 90 dias. A substituição de até 25% (11,14% de inclusão) não causou prejuízo significativo ao crescimento. Entretanto, a histologia hepática revelou a presença de núcleos picnóticos, que podem ser indicadores de toxicidade, isto foi verificado em todos tratamentos. Adicionalmente, substituiu-se a proteína da farinha de resíduos de peixes, nos mesmos níveis do ensaio anterior, pela proteína do farelo de soja para juvenis (236,5 g peso médio inicial), por 60 dias. Substituindo até 46% (31% de inclusão), não causou prejuízo significativo ao crescimento. 2º- Foram utilizadas diferentes malhas (0,60; 1,00; 1,18; 1,40; 2,36 e 3,35 mm) para fracionar a farinha de resíduos de peixes produzida pela indústria. A maior redução de fósforo total (32%) e cinzas (36%), além da maior elevação protéica (20%) ocorreram com a malha 0,60 mm. 3º- Avaliamos desempenho (52 dias) dos peixes (163,64 g) e digestibilidade dos nutrientes com uma nova formulação contendo os melhores níveis de farinha de vísceras de frango (11,14%) e farelo de soja (31%) submetida a dois processos (extrusão e peletização) de fabricação. O maior ganho em peso diário (2,82 g) e peso final (306,31 g) foram observados nos peixes alimentados com a dieta extrusada, assim como os maiores coeficientes de digestibilidade aparente da proteína, extrato etéreo e matéria seca. A estes níveis de inclusão de fontes alternativas, houve uma diminuição na concentração de fósforo disponível nas dietas de 28,88 e 36,45%, respectivamente. Estes resultados demonstram que é possível reduzir consideravelmente a quantidade de fósforo nas rações de truta arco-íris sem afetar o desempenho. Adicionalmente, ressaltamos a importância do processo de extrusão e da escolha de ingredientes com boa digestibilidade para o melhor aproveitamento dos nutrientes da dieta pela truta.

Palavras-chave: digestibilidade, crescimento, fósforo, farinha de vísceras de frango, farinha de resíduos de peixes, farelo de soja, peneiragem, extrusão, peletização.

ABSTRACT

The aim of this study was to reduce the phosphorus content in commercial feeds for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Three strategies were adopted: 1st- Fish waste processing meal protein was replaced by poultry by-product meal protein (0, 25, 50, 75 or 100%) fingerling diets (6.63 g initial weight) for 90 days. The replacement of up to 25% (11.14% inclusion) did not impair growth. However, liver histology revealed the presence of pyknotic nuclei, which can be indicators of toxicity, it was observed in all treatments fed poultry by-product meal. Additionally, the protein of fish waste processing meal, was replaced at the same levels of the previous experiment, by soybean meal protein for juveniles (average weight 236.5 g) for 60 days. Replacing up to 46% (31% inclusion) did not cause significant damage to growth. 2nd- We used different mesh sieves (0.60 - 1.00 - 1.18 - 1.40 - 2.36 and 3.35 mm) to fractionate fish waste processing meal produced by industry. The largest reduction in total phosphorus (32%) and ash (36%), and the largest protein elevation (20%) occurred with the mesh (0.60 mm). 3rd- We evaluated performance (52 days) and nutrient digestibility in fish with 163.64 and 398.17 g, respectively. The new formulation containing the alternative ingredients in the optimal concentrations were subjected to two processes (extrusion and pelletization) manufacturing. The highest daily weight gain (2.82 g) and final weight (306.31 g) were observed in fish fed the extruded diet, which also presented the highest apparent digestibility coefficients of protein, lipid and dry matter. At these levels of inclusion of alternative sources, there was a decrease in the concentration of available phosphorus in the diets of 28.88 and 36.45% respectively. These results demonstrate that it is possible to reduce considerably the amount of phosphorus in diets for rainbow trout without affecting performance. Additionally, they point out the importance of the extrusion process and the choice of ingredients with good digestibility for a better utilization of nutrients by rainbow trout.

Keywords: digestibility, growth, phosphorous, poultry by-product meal, soybean meal, fish processing waste meal, extrusion, pelletization.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1. Ganho em peso, taxa de crescimento específico, taxa de retenção protéica e eficiência alimentar de alevinos de truta alimentados com níveis de substituição da proteína da farinha de resíduos de peixes pela proteína da farinha de vísceras de frango, por 90 dias..... 30
- Figura 2. Histologia de fígado de alevinos de truta alimentados com níveis de substituição da proteína da farinha de resíduos de peixes pela proteína da farinha de vísceras de frango, por 90 dias. Destaque às alterações encontradas: núcleos picnóticos (np) e vacúolos lipídicos (v)..... 33
- Figura 3. Ganho em peso diário, taxa de crescimento específico, retenção protéica e eficiência alimentar de juvenis de truta alimentados com níveis de substituição da proteína da farinha de resíduos de peixes pela proteína do farelo de soja, por 60 dias..... 36
- Figura 4. Fluxograma da produção de farinha de resíduos de peixes, desde a entrada da matéria prima até a estocagem..... 47
- Figura 5. Porcentagem de proteína bruta, cinzas e fósforo total de 24 amostras de farinhas de resíduos de peixes, peneiradas em diferentes malhas..... 48
- Figura 6. (A) unidades de 130 litros; (B) manejo nas unidades de 1000 litros; (C) extrusora; (D) mistura dos ingredientes pré-confecção; (E) juvenis de truta arco-íris; (F) ração experimental e (G) biometria..... 70
- Figura 7. (A) peneiragem das farinhas de resíduos de peixes; (B) material mineral após a peneiragem; (C) farinha de resíduos antes e após peneiragem e (D) espectrofotômetro..... 71
- Figura 8. (A) lesão ocular causada por bactéria; (B) juvenil de truta com exoftalmia e (C) lesão interna causada por bactéria.... 72

LISTA DE TABELAS

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabela 1. Dietas experimentais com diferentes níveis de substituição da proteína da farinha de resíduos de peixe pela proteína da farinha de vísceras de frango para alevinos de truta arco-íris..... | 26 |
| Tabela 2. Dietas experimentais com diferentes níveis de substituição da proteína da farinha de resíduos de peixe pela proteína do farelo de soja para juvenis de truta arco-íris..... | 27 |
| Tabela 3. Composição corporal inicial de alevinos de truta arco-íris e após 90 dias de alimentação com dietas contendo diferentes níveis de substituição da proteína da farinha de resíduos de peixe pela proteína da farinha de vísceras de frango..... | 32 |
| Tabela 4. Composição corporal inicial de alevinos de truta arco-íris e após 60 dias de alimentação com dietas contendo diferentes níveis de substituição da proteína da farinha de resíduos de peixe pela proteína do farelo de soja..... | 35 |
| Tabela 5. Percentagem média de proteína bruta, cinzas e fósforo total de vinte e quatro lotes de farinha de resíduos de peixe (out 2005 a set 2006 e out 2006 a set 2007), antes e após peneiragem em diferentes malhas, e as diferenças entre estes valores..... | 46 |
| Tabela 6. Ingredientes e composição centesimal das dietas de fabricação artesanal ou comercial, submetidas aos processamentos de peletização ou extrusão e fornecidas para juvenis de truta arco-íris (100% de matéria seca)..... | 53 |
| Tabela 7. Desempenho, digestibilidade e composição corporal (base úmida) de juvenis de truta arco-íris submetidos a dietas extrusadas e peletizadas elaboradas de forma artesanal ou comercial..... | 57 |

SUMÁRIO

| | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Introdução..... | 15 |
| <i>A truta</i> | 17 |
| <i>O farelo de soja</i> | 18 |
| <i>A farinha de vísceras de frango</i> | 19 |
| <i>Processamento de rações para truta</i> | 19 |
| Justificativa..... | 20 |
| Objetivos..... | 21 |
| Capítulo I - Ingredientes alternativos nas rações para truta arco-íris <i>Oncorhynchus mykiss</i> | 22 |
| <i>Introdução</i> | 23 |
| <i>Material e Métodos</i> | 24 |
| <i>Resultados e Discussão</i> | 29 |
| <i>Conclusão</i> | 36 |
| <i>Referências</i> | 37 |
| Capítulo II – Redução do fósforo pela peneiragem da farinha de resíduos de peixes | 39 |
| <i>Nota técnica</i> | 41 |
| <i>Referências</i> | 44 |
| Capítulo III - Desempenho e digestibilidade de dietas extrusadas e peletizadas para truta arco-íris <i>Oncorhynchus mykiss</i> | 49 |
| <i>Introdução</i> | 51 |
| <i>Material e Métodos</i> | 52 |
| <i>Ensaio de digestibilidade</i> | 55 |
| <i>Delineamento experimental e análise estatística</i> | 56 |
| <i>Resultados e Discussão</i> | 57 |
| <i>Conclusão</i> | 59 |
| <i>Referências</i> | 59 |

| | |
|-----------------------------------------------|----|
| Conclusões gerais..... | 62 |
| Considerações finais..... | 63 |
| Referências bibliográficas da introdução..... | 64 |
| Anexos..... | 70 |

INTRODUÇÃO

A produção na aquíicultura depende fundamentalmente da qualidade da água e a inadequada composição ou fornecimento da ração contribuem significativamente para sua deterioração (Boyd, 1990). Estudos realizados com o bagre do canal (*Ictalurus punctatus*) demonstram que apenas 25% da ração ofertada é assimilada pelos peixes (Boyd, 1978), sendo que os nutrientes liberados pela decomposição da ração podem gerar cerca de 2,6 kg de fitoplâncton para cada kg de peixe, contribuindo fortemente para o aporte de matéria orgânica nos tanques de cultivo (Schwartz e Boyd, 1994).

Na criação de trutas arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*) normalmente são empregadas altas densidades e taxas de arraçoamento, com grande aporte de nutrientes para o viveiro. Neste sistema de criação intensivo, a renovação da água é constante e elevada, permitindo que uma alta carga de matéria orgânica seja repassada ao manancial de água receptor do efluente, o que é indesejável. A qualidade da ração utilizada nas truticulturas é de fundamental importância neste processo, quer seja pela composição ou pelo método de processamento destas rações. Ao utilizar ingredientes de baixa qualidade, com baixa palatabilidade e digestibilidade, há maior probabilidade que as rações não sejam adequadamente consumidas e digeridas pelos peixes. A fração não consumida e as fezes oriundas de rações com baixa qualidade resultam em prejuízo econômico e eutrofização da água. A truta possui hábito alimentar carnívoro e, conseqüentemente, alta exigência protéica (Hardy, 2002). Para atender suas altas exigências em aminoácidos, sobretudo nas fases iniciais do desenvolvimento, é necessária a inclusão de ingredientes altamente protéicos, normalmente de origem animal (Degani et al., 1988; Borghetti et al., 1991; Mazid et al., 1997; Meer et al., 1997; Galdioli et al., 2000; Faria, 2000).

Entre os ingredientes de origem animal utilizados em rações para peixes, a farinha de peixe é amplamente empregada, sendo normalmente a principal fonte protéica em dietas para espécies carnívoras. A farinha de peixe é uma excelente fonte de energia digestível, de minerais e vitaminas essenciais (Tacon, 1993). Apresenta perfil adequado de aminoácidos essenciais, sendo considerada como alimento padrão em ensaios experimentais com carnívoros (Lovell, 1998; Tacon, 1993; Pezzato, 1995). Contudo, é um dos ingredientes mais caros em dietas para peixes, com limitada produção mundial e alta demanda devido ao aumento da aquíicultura nos últimos anos.

As farinhas de peixe produzidas no Brasil são oriundas de resíduos de unidades beneficiadoras de pescado, tais como frigoríficos e peixarias, já que ainda não foi identificada uma espécie de peixe na nossa costa com produção adequada ao fabrico de farinha de peixe inteiro, como acontece no Chile e Peru. Desta forma, a farinha de peixe produzida no Brasil possui menor teor protéico e altos teores de cinza, além de alta variação na sua composição nutricional em cada lote produzido (Teixeira et al. 2006).

Nestas farinhas, pelas características da matéria prima, há grande quantidade de matéria mineral que é proveniente principalmente de ossos e escamas. Cerca de 80 a 85% do fósforo nos ossos dos peixes está na forma de hidroxiapatita (Barcellos et al., 1998), que é solúvel na água. Depois do cálcio, o fósforo é o mineral mais importante da estrutura óssea dos peixes, sendo que 37% do osso correspondem ao cálcio e 16% ao fósforo, existindo estreita relação entre estes minerais (Steffens, 1987). Por ser um mineral essencial para o metabolismo animal, sua inclusão é prevista nas formulações de rações. Entretanto, como acontece com os demais nutrientes, nem todo fósforo suprido é metabolizado pelo peixe, parte dele é repassado para a água por lixiviação da ração e outra parte é liberada pelas fezes. Quando o fósforo é absorvido em excesso, passa a ser excretado na forma hidrossolúvel (ortofosfato), afetando a qualidade da água (Steffens, 1987). Do ponto de vista limnológico, todas as formas de fosfato são importantes, mas o ortofosfato assume maior relevância por ser a forma assimilada pelos vegetais aquáticos e, conseqüentemente, a forma responsável pela eutrofização das águas. Assim, dependendo do teor e forma em que o fósforo se encontra na dieta, associado à qualidade e quantidade de ração fornecida, poderá haver maior ou menor aporte de fósforo para o ambiente.

Na água, o íon fosfato pode estar presente em diferentes formas iônicas em função do pH do meio, da temperatura e do teor de oxigênio (Esteves, 1998). Algumas bactérias produzem a enzima fosfatase que atua sobre o fosfato orgânico, liberando-o na forma dissolvida, que é rapidamente decomposta por outros microorganismos e assimilada pelo fitoplâncton. A utilização do fosfato orgânico também é possível devido à ação de bactérias e fungos que produzem a enzima fitase, a qual atua sobre o hexafosfato de inositol (ácido fítico), liberando ortofosfato (Boyd, 1995). Da mesma forma, os ingredientes de origem vegetal que compõem as rações apresentam grande parte do fósforo na forma de fitato, cuja disponibilidade biológica é baixa para peixes e outros monogástricos (Teskeredzic et al., 1995), pois estes não possuem as

enzimas responsáveis pelo catabolismo do fitato. Esta forma do fósforo, o fitato, também será metabolizado pelas bactérias e fungos, disponibilizando tal nutriente para o ambiente aquático.

O excesso de fósforo no meio aquático pode comprometer grandemente a qualidade da água e é um dos principais responsáveis pela degradação de águas em viveiros, mananciais, lagos, rios e áreas alagadas (Van Der Ploeg e Boyd, 1991; English et al., 1993). Além disso, prejudica a qualidade do pescado por promover o aparecimento de cianobactérias, responsáveis pelo “*off flavor*” (Van Der Ploeg e Tucker, 1994 e Lim et al. 2001).

A truta

A truta arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*) é um salmonídeo originário da América do Norte, cuja distribuição natural se estende do sul do Alasca até o norte do México (Tabata, 2004). Por apresentar excelentes características, tanto para a aquíicultura quanto para a pesca esportiva, encontra-se amplamente distribuída em águas com temperaturas entre 13 e 18°C, exceto no continente Antártico (Hershberger, 1992). Os limites críticos de temperatura para sobrevivência da espécie estão entre 0 e 25°C, entretanto, sob condições de cultivo intensivo com oxigenação adequada, a faixa térmica aceitável situa-se entre 10 e 20°C. (Tabata, 2004). Além de sua capacidade de adaptação a diversos sistemas aquáticos e estruturas de criações (rios, lagos, represas, gaiolas, tanques, etc.), a truta apresenta alto grau de domesticação, aceitando alimento artificial desde a primeira alimentação. Estas características, aliadas ao seu elevado valor comercial, fizeram da truta arco-íris uma das espécies mais pesquisadas e cultivadas entre os salmonídeos.

A truta possui hábito alimentar carnívoro, necessitando em sua dieta altos níveis de proteína, que vão de 42 a 48% (Hardy, 2002). As formulações comerciais para truta possuem altos índices de inclusão de farinha de peixes, chegando a 50% (Hardy, 2002) e até 60% para alevinos. O alto nível de inclusão e a redução da oferta no mercado internacional de farinha de pescado elevam o custo deste ingrediente. No Brasil, a alta concentração de fósforo e matéria mineral presente nas farinhas de resíduo de pescado utilizadas nas rações para peixes, principalmente para espécies carnívoras, é preocupante, no tocante à qualidade da água do cultivo e à redução da carga de nutrientes nos efluentes da piscicultura. Com isto, torna-se necessário a busca por ingredientes protéicos alternativos, de origem vegetal e animal,

passíveis de substituírem a farinha de resíduos de pescado, bem como a melhoria na qualidade das farinhas produzidas com resíduos da pesca e das indústrias de filetagem. Segundo Francis et al. (2001), a substituição da farinha de peixe por fontes alternativas de proteína nas rações foi fortemente recomendada no Segundo Simpósio Internacional de Aqüicultura Sustentável realizado em Oslo, Noruega, já em 1998. A preocupação com a qualidade da água no estado de Santa Catarina é crescente entre os piscicultores, principalmente pelos truticultores, tanto pelas altas densidades utilizadas nestas culturas como pela alta concentração protéica das rações.

O farelo de soja

Entre as fontes protéicas de origem vegetal que podem substituir a farinha de peixe nas rações, destaca-se o farelo de soja. Este é um subproduto obtido da indústria de extração do óleo, sendo a principal fonte protéica de origem vegetal utilizada na nutrição animal (Pezzato, 1995). Apresenta alta disponibilidade nos mercados mundial e nacional a um custo relativamente baixo, quando comparado à farinha de peixe (Fernandes, 1998). A proteína do farelo de soja tem o melhor perfil de aminoácidos dentre os alimentos protéicos de origem vegetal e tal concentração de aminoácidos é adequada às exigências da maioria das espécies onívoras (Lovell, 1998; Fernandes, 1998, e Heikkinen et al, 2006). Este ingrediente apresenta alto teor de lisina, aminoácido essencial, em relação aos outros farelos de origem vegetal, além de conter vitaminas do complexo B e minerais. O farelo de soja é considerado, portanto, uma excelente opção nas formulações para peixes (Pezzato, 1995). Foi demonstrado que peixes excretam menos fósforo e nitrogênio quando alimentados com farelo de soja ao invés de farinha de peixe (Brown, 2000). A truta arco-íris, aceita muito bem este ingrediente após um breve período de adaptação. Estudos demonstram que a inclusão de 60% de farelo de soja em rações para truta possibilitou uma taxa de crescimento específico de 1,68%, a qual não diferiu significativamente daquela obtida com dietas contendo somente farinha de peixe, em períodos de 29 a 56 dias (Refstie et al., 1997). Para a truta arco-íris, muitos estudos demonstram claramente que uma considerável proporção da proteína da dieta pode ser substituída por subprodutos da soja (Pongmaneerat & Watanabe, 1992 e 1993; Rumsey et al., 1993; Kaushik et al., 1995; Davies & Morris, 1997; Refstie et al., 2000; Vielma et al., 2002).

A farinha de vísceras de frango

A farinha de vísceras de frango, subproduto da indústria avícola é considerada um bom ingrediente para o fabrico de rações para peixes, principalmente para as espécies carnívoras, pelo seu alto conteúdo protéico (Padilha et al., 2006). Steffens (1994) demonstrou que a substituição parcial da farinha de peixe por farinha de vísceras de frango em até 50% não propiciou diferença significativa, quando comparada à dieta controle com 51,5% de farinha de peixe, nas variáveis ganho em peso e conversão alimentar em juvenis de truta arco-íris. Já Nengas et al. (1999) salientam que a farinha de vísceras de frango é deficiente em dois aminoácidos essenciais, lisina e metionina, mas que estes podem ser suplementados para a produção de rações isentas de farinha de peixe para truta arco-íris. El-Haroun e colaboradores (2009) relatam valores de substituição de até 40% sem afetar o crescimento. Entretanto, o nível de substituição é altamente influenciado pela qualidade da farinha de vísceras, que é variável (Dong et al., 1993).

Processamento de rações para truta

Em criação de trutas, os fatores que mais comumente influenciam a qualidade da água e do efluente são a biomassa utilizada, a quantidade de alimento não consumido e a produção de fezes (Zivic et al. 2009). Estes dois últimos fatores estão diretamente relacionados ao arraçoamento, qualidade e digestibilidade das rações. Dentre os processos de produção de rações para peixes, os mais conhecidos e utilizados são a peletização, extrusão e a forma farelada (Booth et al., 2000). Nas criações de truta de Santa Catarina, os mais utilizados são os dois primeiros. Na extrusão, os ingredientes são submetidos a uma combinação de pressão, umidade, temperatura e fricção mecânica, resultando em alterações físicas e químicas nos componentes da ração, tais como gelatinização do amido e inativação de alguns fatores anti-nutricionais (Cheng & Hardy, 2003). A extrusão promove a uniformidade entre os ingredientes, reduzindo a seletividade alimentar e a perda de nutrientes por lixiviação (Furuya et al., 1997). Apesar do processo de extrusão resultar em acréscimo no custo final do produto em relação à peletização, normalmente há compensação pela melhora no aproveitamento dos nutrientes da dieta e pela redução na perda de nutrientes para o ambiente, evitando assim a degradação da qualidade da água. Estudos demonstram que rações submetidas ao processo de extrusão promovem melhor desempenho, com aumento no ganho em

peso diário, eficiência alimentar, conversão alimentar e palatabilidade (Venou et al., 2009; Barrows et al., 2007). As rações extrusadas podem ser mais ou menos densas que a água, ou seja, podem afundar ou flutuar, dependendo das particularidades adotadas no processo.

Outro processo utilizado para produção de rações é o de peletização, onde ocorre a aglomeração de pequenas partículas, originando partículas maiores, e os ingredientes são aglutinados pela compressão mecânica que combina umidade, calor e pressão (Fancher, 1996). Na peletização, os péletes sempre possuem maior densidade e afundam na água. Como na extrusão, ocorre a destruição de organismos patogênicos e aumento na palatabilidade da ração (Behnke, 1996), além da redução de perdas de nutrientes por lixiviação. Entretanto, na peletização ocorre apenas geleificação parcial do amido, já que a temperatura utilizada é menor (Rodrigues e Fernandes, 2006). Apesar dos processos extrusão e peletização influenciarem o desempenho dos peixes, a qualidade dos ingredientes utilizados é extremamente importante (Cheng & Hardy, 2003).

JUSTIFICATIVA

Atualmente, muitos estudos avaliam a substituição da farinha de peixe por ingredientes protéicos alternativos, principalmente devido à escassez e alto custo da farinha de peixe. No presente estudo, o ingrediente protéico básico utilizado foi a farinha de resíduos do processamento de peixes que, apesar de apresentar menor preço e maior disponibilidade no Brasil que a farinha de peixe inteiro, possui alto conteúdo de fósforo. Este estudo originou-se da demanda de uma indústria de rações (Nicoluzzi Rações Ltda), visando melhorar a qualidade da água dos viveiros de criação de truta em Santa Catarina.

Com a execução deste estudo pretendeu-se encontrar alternativas para diminuir o conteúdo de fósforo de rações comerciais para truta e, conseqüentemente, diminuir o impacto negativo da ração e fezes na qualidade da água dos cultivos. O excesso deste nutriente estimula a produção de algas, que causam diminuição drástica na concentração de oxigênio dissolvido nos viveiros durante a noite e, ao se decompor, podem resultar em aumentos significativos na quantidade de amônia, prejudicial aos peixes (Boyd, 1990).

A utilização dos resíduos de pescados para o fabrico de farinha de peixe possibilita o aproveitamento de um subproduto que possui nutrientes de excelente qualidade para o consumo animal, cujo descarte

no ambiente pode gerar problemas para os frigoríficos. Entretanto, é necessário que a qualidade deste ingrediente seja melhorada. Sua elevada quantidade de fósforo não é aproveitada pelos peixes, sendo excretada com as fezes, o que promove a eutrofização dos viveiros. No presente estudo, visou-se (1) aumentar a produtividade da piscicultura sem promover a degradação do meio ambiente ao incluir nas formulações subprodutos protéicos de origem animal e vegetal com baixo teor de fósforo; (2) reduzir a matéria mineral em um ingrediente amplamente produzido e utilizado nas rações nacionais e (3) avaliar o crescimento e caracterizar a digestibilidade de trutas alimentadas com rações produzidas com estes ingredientes sob diferentes processos de fabricação (extrusão ou peletização).

OBJETIVOS

Objetivo geral:

- Reduzir a concentração de fósforo nas rações para truta arco-íris, sem prejudicar seu desempenho.

Objetivos específicos:

- Definir a percentagem de substituição da proteína da farinha de peixe oriunda de resíduos de pescados pela proteína de outros ingredientes protéicos, de origem animal (farinha de vísceras de frango) e vegetal (farelo de soja), visando reduzir o conteúdo de fósforo das rações sem afetar o desempenho e utilização dos nutrientes pelos alevinos e juvenis de truta arco-íris.

- Reduzir a matéria mineral presente na farinha de resíduos de peixes, por meio de peneiragem.

- Comparar o desempenho e a digestibilidade da proteína, gordura e matéria seca de rações para juvenis de truta arco-íris, quando alimentados com rações extrusadas ou peletizadas, formuladas com ingredientes protéicos alternativos (farinha de vísceras de frango e farelo de soja) testados em ensaio prévio.

Os três capítulos que se seguem foram redigidos conforme as normas da Revista Brasileira de Zootecnia (Capítulo I), Ciência Rural (Capítulo II) e Acta Scientiarum - Animal Sciences (Capítulo III).

CAPÍTULO I

Substituição da farinha de resíduos de peixes pela farinha de vísceras de frango ou farelo de soja para truta arco-íris

Ronaldo Lima de Lima, Eduardo Carginin-Ferreira, Neiva Braun e Débora Machado Fracalossi*

Resumo

O excesso de fósforo pode ser prejudicial em rações para peixes, principalmente por propiciar sua excreção e conseqüente deterioração da qualidade da água. A farinha de resíduos de peixes, comumente empregada no fabrico de rações comerciais para a truta arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*) no Brasil, possui elevada quantidade de fósforo. A farinha de vísceras de frango e o farelo de soja foram testados como substitutos à farinha de resíduos de peixes com o objetivo de reduzir o conteúdo de fósforo em rações para truta arco-íris. Inicialmente foram formuladas dietas com níveis crescentes (0, 25, 50, 75 e 100%) de substituição da proteína da farinha de resíduos de peixes pela proteína da farinha de vísceras de frango, as quais foram fornecidas por 90 dias para alevinos com $6,63 \pm 0,23$ g de peso médio inicial. Dietas com os mesmos níveis de substituição protéica, mas utilizando o farelo de soja, foram fornecidas para juvenis com $236,49 \pm 34,54$ g de peso médio inicial, por 60 dias. Foram avaliados crescimento, taxa de retenção protéica e histologia hepática. A proteína da farinha de resíduos de peixes pode ser substituída pela proteína da farinha de vísceras de frango em até 25% (11,14% de inclusão) para alevinos e pela proteína do farelo de soja em até 46% (31% de inclusão) para juvenis de truta arco-íris, sem causar prejuízos no desempenho. Com estes níveis de inclusão, houve diminuição na concentração de fósforo na dieta na ordem de 28,88 e 36,45%, respectivamente.

Palavras chave: alevinos, crescimento, fósforo, juvenis, histologia, nutrição

Abstract

Excess phosphorus in fish diets can be harmful, mainly for promoting their excretion and consequent deterioration of water quality. Fish processing waste meal, commonly used in the manufacture of commercial feeds for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) in Brazil, has a high content of phosphorus. Therefore, poultry by-product meal and soybean meal were tested as substitutes for fish processing waste meal in order to reduce the phosphorus content in rainbow trout diets. Diets were formulated with increasing levels (0, 25, 50, 75 and 100%) of protein replacement of fish processing waste meal by poultry by-product meal. Experimental diets were fed for 90 days to fingerlings with 6.63 ± 0.23 g initial body weight. Similar diets, with the same levels of protein replacement, but using soybean meal, were also fed to juveniles 236.49 ± 34.54 g average weight for 60 days. We evaluated the performance, protein retention, and liver histology. Fish processing waste meal may be replaced by poultry by-product meal, in fingerling diets, by 25% (11.14% inclusion) whereas in juvenile diets, by 46% soybean meal (31% inclusion) with no harm in performance. With these levels of inclusion, there was a decrease in diet phosphorus concentration of 28.88 and 36.45%, respectively.

Keywords: fingerlings, growth, phosphorus, juveniles, histology, nutrition

Introdução

Qualidade da ração e taxa de arraçoamento inadequadas são os principais fatores causadores da deterioração da qualidade da água (Boyd, 1990). A matéria prima para a produção de farinha de peixe no Brasil consiste de resíduos provenientes de unidades beneficiadoras de pescado. A utilização destes resíduos na alimentação animal é benéfica do ponto de vista ambiental e nutricional, pois evita seu acúmulo no ambiente e os mesmos possuem bom perfil de aminoácidos e ácidos graxos. Entretanto, a elevada exigência protéica (48%, segundo Hardy, 2002) da truta arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*) na fase de crescimento implica na utilização de altos níveis de farinha de resíduos de peixes, o

que resulta em rações com elevado conteúdo de matéria mineral, particularmente o fósforo. Aliado a isso, as altas taxas de arrastamento e renovação de água, comuns em truticulturas, favorecem o aporte de fósforo e nitrogênio ao efluente, aumentando a eutrofização dos mananciais receptores. Diante disto, é importante a busca de fontes protéicas alternativas que atendam às exigências da truta, sem aumentar o conteúdo de fósforo das rações.

A farinha de vísceras de frango, subproduto da indústria avícola, cuja concentração média de proteína bruta e fósforo total é de 57% e 2,66% (Rostagno et al., 2005), respectivamente, é considerada um potencial substituto à farinha de peixe em rações para carnívoros. Pode ser utilizada individualmente (30% de inclusão) ou em combinações com outras fontes protéicas, sem afetar o desempenho de juvenis de truta (El-Haroun et al., 2009). Apresenta boa digestibilidade protéica (85 a 91%) para a truta (Gaylord et al., 2010).

O farelo de soja destaca-se pela alta disponibilidade no mercado e baixo preço relativamente ao seu elevado conteúdo protéico. Refstie et al. (1997) relatam que a inclusão de até 60% de farelo de soja em dieta para truta propiciou boa taxa de crescimento específico (1,68 % em 60 dias), a qual não diferiu daquela obtida somente com farinha de peixe.

Apesar dos estudos citados apontarem bom potencial para substituição da farinha de peixe inteiro por ingredientes protéicos alternativos para a truta, não existem estudos que avaliem esta substituição utilizando-se ingredientes produzidos no Brasil. O presente estudo avaliou a substituição da proteína da farinha de resíduos de peixes pela proteína da farinha de vísceras de frango ou farelo de soja, em duas fases (alevinos e juvenis) de desenvolvimento da truta, visando à diminuição no conteúdo de fósforo das rações, sem prejuízo no desempenho desses animais.

Material e Métodos

Foram realizados dois ensaios de crescimento com truta arco-íris: um para testar a substituição na dieta da farinha de resíduos de peixes por farinha de vísceras de frango e outro a substituição por farelo de soja. Os peixes foram manejados de acordo com normas aprovadas pela Comissão de Ética e Uso de Animais Experimentais da Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC.

Para o ensaio de crescimento com farinha de vísceras, os alevinos de truta arco-íris foram adquiridos da unidade de reprodução de peixes do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis - IBAMA, Painel, SC. Após 30 dias de aclimação às condições laboratoriais, os peixes foram submetidos a jejum por 24 h e quinze grupos de 20 alevinos (peso inicial $6,63 \pm 0,23$ g) foram distribuídos em tanques de 132 L, conectados a um sistema de recirculação de água, equipado com filtros mecânico e biológico, com aeração suplementar e controle automático da temperatura. O fotoperíodo foi de 12 h de luz (06:00 h às 18:00 h), controlado por um sistema elétrico automático. Diariamente, foram monitoradas as concentrações de oxigênio dissolvido ($9,06 \pm 0,80$ mg L⁻¹), temperatura ($19,65 \pm 1,80$ °C) e pH ($6,80 \pm 0,70$). Semanalmente, foram monitorados a amônia total, nitrito, dureza e alcalinidade, obtendo-se as médias $0,012 \pm 0,010$ mg L⁻¹, $0,02 \pm 0,005$ mg L⁻¹, $30,31 \pm 1,05$ mg L⁻¹, e $32,12 \pm 1,25$ mg L⁻¹ de CaCO₃, respectivamente.

As dietas experimentais (Tabela 1) consistiram da substituição gradual da proteína da farinha de resíduos de peixes pela proteína da farinha de vísceras de frango, nas seguintes proporções: 0, 25, 50, 75 e 100%. As dietas foram formuladas para ser isonitrogenadas (48,97% de proteína bruta), isoenergéticas (4.600 kcal kg⁻¹) e atender às exigências nutricionais da truta arco-íris (Hardy, 2002).

Os ingredientes utilizados para confecção das dietas foram moídos, pesados e misturados, adicionando-se inicialmente os ingredientes secos e em seguida os óleos e água. As dietas foram então peletizadas, secas em estufa (50°C) e posteriormente acondicionadas em sacos plásticos a -20 °C até sua utilização. Amostras das dietas foram submetidas a análises proximais (Tabela 1). Os peixes foram alimentados até a saciedade aparente, duas vezes ao dia (8 e 17 h), por 90 dias. No final do período, três peixes de cada tanque foram sacrificados por overdose de anestésico (EUGENOL[®] - Biodinâmica Química e Farmacêutica Ltda) e congelados (-20°C) para posterior determinação da composição corporal do peixe inteiro.

Tabela 1. Dietas experimentais com diferentes níveis de substituição da proteína da farinha de resíduos de peixe pela proteína da farinha de vísceras de frango para alevinos de truta arco-íris.

| Ingredientes ¹ | Exigências ⁵ | Substituição (%) | | | | |
|---------------------------------------------|-------------------------|------------------|-------|-------|-------|-------|
| | | 0 | 25 | 50 | 75 | 100 |
| Farinha resíduos peixe | - | 50,00 | 37,49 | 25,00 | 12,51 | 0,00 |
| Farinha vísceras frango | - | 0,00 | 11,14 | 22,27 | 37,41 | 44,55 |
| Farinha glúten de milho | - | 16,30 | 16,30 | 16,00 | 14,66 | 16,73 |
| Farelo de soja | - | 16,28 | 16,15 | 16,31 | 14,00 | 16,30 |
| Farinha de trigo | - | 7,50 | 7,50 | 9,00 | 9,00 | 10,00 |
| Farelo de trigo | - | 7,50 | 9,00 | 9,00 | 10,00 | 10,00 |
| Óleo de peixe | - | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| Óleo de soja | - | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| Premix vit e mineral ² | - | 0,40 | 0,40 | 0,40 | 0,40 | 0,40 |
| Vitamina C ³ | - | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 |
| <i>Composição proximal (% matéria seca)</i> | | | | | | |
| Proteína bruta | 48,00 | 48,79 | 48,74 | 48,59 | 49,27 | 49,50 |
| Arginina | 2,00 | 2,71 | 2,65 | 2,58 | 2,45 | 2,42 |
| Histidina | 0,70 | 1,02 | 1,00 | 0,97 | 0,90 | 0,87 |
| Isoleucina | 0,80 | 1,76 | 1,71 | 1,66 | 1,52 | 1,46 |
| Leucina | 1,40 | 4,18 | 4,05 | 3,95 | 3,61 | 3,37 |
| Lisina | 1,8 | 2,70 | 2,49 | 2,28 | 2,22 | 2,25 |
| Metionina+50% Cis | 1,40 | 2,77 | 2,50 | 2,28 | 2,04 | 1,94 |
| Fenilalanina+50% Tir | 1,80 | 2,19 | 2,22 | 2,26 | 2,19 | 2,17 |
| Treonina | 0,80 | 1,76 | 1,65 | 1,55 | 1,39 | 1,28 |
| Valina | 1,30 | 2,13 | 2,04 | 1,95 | 1,80 | 1,69 |
| Matéria mineral | - | 17,08 | 14,97 | 13,64 | 12,27 | 10,11 |
| Fósforo total | - | 2,57 | 2,20 | 1,81 | 1,19 | 1,08 |
| Fósforo disponível ⁴ | 0,60 | 1,80 | 1,28 | 1,12 | 0,94 | 0,89 |
| Fibra em Det. Ácido | - | 5,20 | 4,64 | 6,28 | 5,24 | 5,22 |
| Matéria seca | - | 94,11 | 94,45 | 94,10 | 93,88 | 93,66 |
| Extrato etéreo | - | 12,51 | 12,44 | 12,57 | 13,22 | 12,42 |

¹Fornecidos por Nicoluzzi Rações Ltda, Penha, SC.

²Composição kg⁻¹ produto: Vitamina A, 3.750.000 UI; Vitamina D₃, 800.000 UI; Vitamina E, 25.000 mg; Vitamina K, 750 mg; Vitamina B₁, 2.500 mg; Vitamina B₂, 5.000 mg; Vitamina B₆, 3.000 mg; Vitamina B₁₂, 12.500 mg; Ácido Fólico, 500 mg; Ácido Pantotênico, 7.500 mg; Vitamina C, 48.000 mg; Biotina, 50 mg; Colina, 250.000 mg; Niacina, 25.000 mg; Ferro, 50.000 mg; Cobre, 2.500 mg; Manganês 10.000 mg; Zinco, 15.000 mg; Iodo, 250 mg; Cobalto, 375 mg; Selênio, 75 mg.

³Aquastab BASF[®] 35%, fornecido por Nutron Ltda, Toledo, PR.

⁴Foi considerado 30% de disponibilidade de fósforo em ingredientes vegetais e 94% na farinha de peixes (CROMWELL, 1989).

⁵NRC (1993) e Hardy (2002).

Para o ensaio de crescimento com farelo de soja foram adotados os mesmos procedimentos do ensaio anterior, com as exceções detalhadas a seguir.

Foram testados os mesmos níveis de inclusão, porém com farelo de soja (Tabela 2).

Tabela 2. Dietas experimentais com diferentes níveis de substituição da proteína da farinha de resíduos de peixe pela proteína do farelo de soja para juvenis de truta arco-íris.

| Ingredientes ¹ | Exigências ⁵ | Substituição (%) | | | | |
|---------------------------------------------|-------------------------|------------------|-------|-------|-------|-------|
| | | 0 | 25 | 50 | 75 | 100 |
| Farinha de resíduos peixes | - | 60,00 | 45,00 | 30,00 | 15,00 | 0,00 |
| Farelo de soja | - | 0,00 | 17,00 | 33,77 | 51,00 | 68,00 |
| Glúten de milho | - | 13,28 | 13,28 | 15,51 | 18,28 | 15,28 |
| Farinha de trigo | - | 8,00 | 7,00 | 5,00 | 4,00 | 5,00 |
| Farelo de trigo | - | 14,00 | 13,00 | 10,00 | 5,00 | 5,00 |
| Óleo de peixe | - | 2,00 | 2,00 | 3,00 | 3,00 | 3,00 |
| Óleo de soja | - | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 3,00 | 3,00 |
| Premix vit. e mineral ² | - | 0,70 | 0,70 | 0,70 | 0,70 | 0,70 |
| Vitamina C ³ | - | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 |
| <i>Composição proximal (% matéria seca)</i> | | | | | | |
| Proteína bruta | 42,00 | 45,73 | 45,90 | 46,80 | 46,70 | 45,66 |
| Arginina | 2,06 | 3,02 | 3,16 | 3,25 | 2,26 | 3,37 |
| Histidina | 0,72 | 0,87 | 0,92 | 0,92 | 0,72 | 0,98 |
| Isoleucina | 0,82 | 1,62 | 1,72 | 1,72 | 1,19 | 1,75 |
| Leucina | 1,44 | 4,01 | 4,23 | 4,31 | 2,97 | 4,47 |
| Lisina | 1,86 | 1,90 | 1,98 | 1,95 | 1,96 | 1,96 |
| Metionina + 50% Cis | 1,44 | 2,67 | 2,79 | 2,65 | 2,24 | 2,66 |
| Fenilalanina + 50% Tir | 1,86 | 3,30 | 3,48 | 3,49 | 2,35 | 3,63 |
| Treonina | 0,82 | 1,42 | 0,94 | 1,14 | 1,28 | 2,01 |
| Valina | 1,34 | 2,12 | 2,24 | 2,21 | 1,52 | 2,22 |
| Matéria mineral | - | 16,33 | 13,50 | 10,78 | 8,05 | 5,86 |
| Fósforo total | - | 2,97 | 2,37 | 1,77 | 1,14 | 1,10 |
| Fósforo disponível ⁴ | 0,60 | 2,14 | 1,65 | 1,36 | 1,05 | 0,98 |
| Fibra em detergente ácido | - | 5,48 | 6,25 | 5,61 | 6,20 | 5,60 |
| Matéria seca | - | 92,75 | 92,25 | 91,36 | 90,00 | 90,20 |
| Extrato etéreo | - | 19,15 | 16,64 | 15,31 | 13,85 | 20,26 |

¹Fornecidos por Nicoluzzi Rações Ltda, Penha, SC.

²Composição kg⁻¹ de composto: Vitamina A, 3.750.000 UI; Vitamina D₃, 800.000 UI; Vitamina E, 25.000 mg; Vitamina K, 750 mg; Vitamina B₁, 2.500 mg; Vitamina B₂, 5.000 mg; Vitamina B₆, 3.000 mg; Vitamina B₁₂, 12.500 mg; Ácido Fólico, 500 mg; Ácido Pantotênico, 7.500 mg; Vitamina C, 48.000 mg; Biotina, 50 mg; Colina, 250.000 mg; Niacina, 25.000 mg; Ferro, 50.000 mg; Cobre, 2.500 mg; Manganês 10.000 mg; Zinco, 15.000 mg; Iodo, 250 mg; Cobalto, 375 mg; Selênio, 75 mg.

³Aquastab-BASF® 35%, fornecido por Nutron Ltda, Toledo, PR.

⁴Foi considerado 30% de disponibilidade de fósforo em ingredientes vegetais e 94% na farinha de peixes (CROMWELL, 1989).

⁵NRC (1993) e Hardy (2002).

Foram utilizados quinze grupos de 10 juvenis (peso inicial $236,49 \pm 34,54$ g), provenientes da piscicultura comercial Brás Roncaglio (Blumenau, SC). Após o período de aclimação de 30 dias às condições laboratoriais, os peixes foram aleatoriamente distribuídos nas unidades experimentais (132 L) e alimentados, até a saciedade aparente, por 60 dias. Durante o período experimental, as médias para temperatura, oxigênio dissolvido, amônia total, nitrito e pH foram, respectivamente, $21,81 \pm 1,29^{\circ}\text{C}$, $8,54 \pm 0,55$ mg L⁻¹, $0,05 \pm 0,02$ mg L⁻¹, $0,50 \pm 0,03$ mg L⁻¹ e $6,45 \pm 0,07$.

Para a avaliação do desempenho, o peso médio dos peixes foi mensurado por meio de biometrias mensais (ensaio com farinha de vísceras) ou no início e final do experimento (ensaio com farelo de soja), as quais incluíam todos os peixes de cada unidade experimental.

A sobrevivência foi avaliada em cada biometria. O consumo de ração foi mensurado diariamente, por diferença de peso dos recipientes que continham a ração para cada unidade experimental, antes e depois do arraçoamento. O desempenho foi avaliado pela análise das seguintes variáveis:

Ganho de Peso Diário:

$$\text{GPD} = \left(\frac{\text{peso final (g)} - \text{peso inicial (g)}}{\text{dias}} \right)$$

Eficiência Alimentar:

$$\text{EA} = \frac{\text{ganho em peso (g)}}{\text{consumo (MS)}}$$

Taxa de Crescimento Específico:

$$\text{TCE} = \left(\frac{\ln \text{peso final} - \ln \text{peso inicial}}{\text{dias}} \right) \times 100$$

Taxa de Retenção Protéica:

$$\text{TRP} = \frac{\text{peso final} \times \text{proteína final corporal (\%)} - \text{peso inicial} \times \text{proteína inicial corporal (\%)}}{\text{proteína consumida (MS)}}$$

Foram coletadas duas amostras, de dez peixes no início dos ensaios e de três peixes de cada unidade experimental (n=9) no final, para as análises de composição centesimal do peixe inteiro e cálculo da TRP. As análises de composição proximal dos ingredientes, dietas e tecidos dos peixes foram realizadas seguindo metodologias padronizadas pela Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 1999). As mesmas análises (proteína bruta, extrato etéreo, fibra em

detergente ácido, cinzas, energia e fósforo total) foram realizadas em todas as amostras, com excessão da fibra em detergente ácido, que não foi analisada nos tecidos. A proteína bruta foi analisada pelo método de Kjeldahl, o extrato etéreo, pelo método Soxhlet e a fibra realizando-se digestão da amostra em detergente ácido. Para a determinação da matéria mineral, as amostras foram submetidas à temperatura de 550 °C por 4 h para queima da matéria orgânica. Na análise de fósforo total, a amostra foi calcinada em mufla a 570 °C por 3 h, digerida em ácido clorídrico e a quantidade de fósforo estimada pela leitura em espectrofotômetro, comparando-se com uma curva padrão. Os aminoácidos foram analisados por cromatografia líquida de alta performance (HPLC), no Laboratório de Análises Micotoxicológicas da Universidade Federal de Santa Maria, RS.

Para as análises histológicas de fígado dos peixes do ensaio com farinha de vísceras, as amostras foram fixadas em formol tamponado com fosfato, desidratadas em etanol e moldadas em blocos de parafina (58°C). Os blocos foram cortados em séries de 5 a 6 µm e corados. Estas preparações foram analisadas conforme metodologia descrita por Martoja e Martoja (1970).

O delineamento experimental utilizado nos ensaios alimentares foi o inteiramente casualizado, com cinco tratamentos e três repetições por tratamento. Os dados das variáveis de desempenho foram submetidos à análise de regressão polinomial para determinação do ponto ótimo de substituição da proteína da farinha de peixe pela proteína da farinha de vísceras de frango e do farelo de soja. O nível de significância adotado em todas as análises estatísticas foi de 5%.

Resultados e Discussão

O ganho em peso diário (GPD) variou de $0,78 \pm 0,05$ g, nos peixes alimentados com a dieta sem farinha de vísceras, a $0,57 \pm 0,03$ g, naqueles alimentados com o nível máximo de substituição, mas esta relação decrescente não foi significativa ($P=0,09$) (Figura 1). Estes resultados demonstram que a farinha de vísceras é um potencial substituto à farinha de peixes em rações para truta arco-íris. Não é raro se observar resposta quadrática quando há substituição de até 100% da farinha de peixe para uma espécie carnívora. Entretanto, isto não foi observado com a inclusão de farinha de vísceras no presente estudo, onde houve apenas pequena queda no desempenho, mesmo considerando-se 100% de substituição (Figura 1). Resultados

semelhantes foram relatados por El-Haroun e colaboradores (2009), em que trutas com peso médio de 16,8 g, alimentadas por cinco meses com dietas contendo níveis de até 30% de substituição da farinha de peixes por farinha de vísceras de frango, não apresentaram diferenças significativas no ganho em peso e taxa de eficiência protéica.

A TCE (Figura 1) dos peixes alimentados com o nível mais alto (100%) de substituição da farinha de resíduos de peixes foi 2,42%, a qual não diferiu significativamente ($P=0,06$) em relação aos demais tratamentos (2,79; 2,64; 2,63 e 2,66%, para o grupo controle, 25, 50 e 75%, respectivamente). A TRP oscilou de $23,48 \pm 1,47\%$ a $20,14 \pm 1,66\%$, nas dietas com os níveis de substituição de 0 e 100%, respectivamente, porém esta redução também não foi significativa ($P=0,09$) (Figura 1). Resultados semelhantes foram encontrados para alevinos de truta arco-íris (peso inicial 16,7 g), quando uma mistura de farinha de vísceras de frango e farinha de penas foi testada. A TRP reduziu de 28,6 para 22,3% com o aumento de 27 para 54% de inclusão desta mistura, respectivamente, sem apresentar diferença significativa entre as dietas (Steffens, 1994).

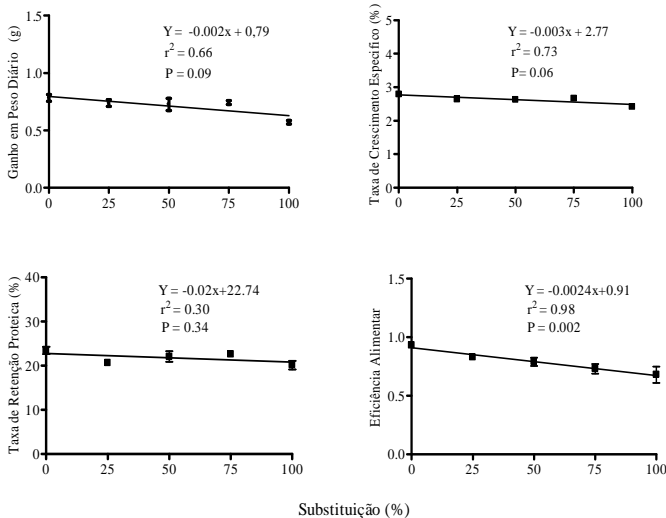


Figura 1. Ganho em peso, taxa de crescimento específico, taxa de retenção protéica e eficiência alimentar de alevinos de truta alimentados com níveis de substituição da proteína da farinha de resíduos de peixes pela proteína da farinha de vísceras de frango, por 90 dias.

Já para a eficiência alimentar (EA) observou-se uma relação linear decrescente significativa ($P=0,0016$) com o aumento dos níveis de inclusão de farinha de vísceras de frango (Figura 1). Em estudo recente com truta arco-íris (35 g), onde diversas fontes de origem animal foram testadas, não foi observada diferença significativa para a EA entre peixes alimentados com uma mistura de farinha de penas e farinha de vísceras de frangos, quando comparados à dieta controle com 40% de farinha de peixe (El-Haroun et al., 2009).

A inclusão de níveis crescentes de farinha de vísceras na dieta não promoveu o acúmulo de gordura corporal (Tabela 3), o que é desejável. Entretanto, provavelmente houve alteração na proporção de ácidos graxos n-3:n-6 na gordura corporal, já que a gordura presente na farinha de vísceras de frango possui uma proporção mais elevada de ácidos graxos da série n-6 (NRC, 1993). A matéria mineral corporal (Tabela 3) apresentou pequena redução à medida que aumentaram os níveis de inclusão de farinha de vísceras de frango na dieta, mas não houve regressão significativa. Esta redução no teor de matéria mineral nos peixes provavelmente foi devida à redução na concentração de fósforo disponível nas dietas com o aumento da inclusão de farinha de vísceras de frango (Tabela 1). O conteúdo de P disponível das dietas experimentais foi sempre superior à exigência da truta (Tabela 1).

A farinha de vísceras de frango apresenta-se como um bom substituto à farinha de resíduos de peixes, porém, deve-se ficar atento à origem e qualidade das farinhas de vísceras de frango, já que sua composição é bastante variável (Dong et al 1993; Dozier et al, 2003). No presente estudo, não houve necessidade de suplementação das dietas experimentais com aminoácidos cristalinos, já que estas supriram as exigências estabelecidas para a truta (Hardy, 2000). Desta forma, a pequena redução no desempenho com a adição de farinha de vísceras não está associada à deficiência de aminoácidos, mas provavelmente a algum fator anti-nutricional, ainda a ser estudado, presente na farinha de vísceras.

Tabela 3. Composição corporal inicial de alevinos de truta arco-íris e após 90 dias de alimentação com dietas contendo diferentes níveis de substituição da proteína da farinha de resíduos de peixe pela proteína da farinha de vísceras de frango (base úmida) ¹.

| Substituição (%) | Fração (%) | | | |
|---------------------|----------------------------------|----------------|-----------------|----------------|
| | Matéria seca | Proteína bruta | Matéria mineral | Extrato etéreo |
| Inicial | 29,36±0,23 | 14,52±0,24 | 1,98±0,56 | 11,97±0,32 |
| 0 | 30,25±1,03 | 15,37±0,20 | 2,36±0,33 | 12,06±0,57 |
| 25 | 31,08±0,67 | 15,15±1,02 | 2,22±0,39 | 13,32±1,06 |
| 50 | 30,47±0,40 | 15,85±0,10 | 2,16±0,06 | 12,58±0,79 |
| 75 | 31,88±1,00 | 15,83±0,46 | 2,21±0,28 | 13,29±0,62 |
| 100 | 30,30±1,50 | 15,35±0,20 | 2,05±0,16 | 12,72±1,65 |
| Análise estatística | | | | |
| P | ns | ns | ns | ns |
| r ² | 0,72 | 0,46 | 0,39 | 0,51 |
| Equação | Y=26,85+2,92x-0,44x ² | Y=0,18x+14,90 | Y=0,03x+2,02 | Y=0,44x+11,27 |

¹ Foi realizado *pool* de dez peixes para a análise de composição inicial e de três peixes por unidade experimental (n=9), para a análise de composição final.

O fígado é um dos órgãos mais importantes no metabolismo intermediário. Lesões ou disfunção acentuada poderão levar ao mal aproveitamento dos nutrientes (Guyton & Hall, 2002). Apesar da taxa de mortalidade dos peixes alimentados com farinha de vísceras não ter sido significativamente influenciada pelos níveis de substituição, esta foi relativamente alta (18,33%) no tratamento com 75% de substituição, e somada a inexistência de sinais clínicos de bacterioses e parasitoses nos peixes, motivou a realização de análise histológica dos fígados.

As estruturas hepáticas se mostraram um tanto alteradas em todos os níveis de substituição da proteína de farinha de peixes pela proteína da farinha de vísceras de frango (Figura 2). Entretanto, cabe ressaltar que tais alterações foram detectadas somente em nível celular, estando, portanto, mantidas as características histológicas hepáticas, como o arranjo organizado das placas de hepatócitos e dos capilares sinusóides. A rede de túbulos biliares ficou intacta e com aspecto normal. As alterações variaram em intensidade e tipologia, aparecendo processos de vacuolização (v), presença de lipofucsina (li) e núcleos picnóticos (np) (Figura 2). Os peixes alimentados com alta percentagem de farinha de resíduos de peixe (tratamento controle com 50% de inclusão deste ingrediente) apresentaram hepatócitos ricamente vacuolizados. Os

fígados dos peixes alimentados com níveis de substituição da proteína da farinha de peixes pela proteína da farinha de vísceras de frango (Figura 2) apresentaram, em todos os tratamentos, hepatócitos com centros melano macrofágicos ricos em cromolipóides (provavelmente lipofucsina), substâncias derivadas de peroxidação lipídica, sugerindo hepatotoxicidade. Segundo Hartley (1996), pigmentos encontrados no interior de células hepáticas, tais como a lipofucsina, podem proteger contra danos celulares, pois neutralizam radicais livres, constituindo-se em resposta contra materiais de origem externa.

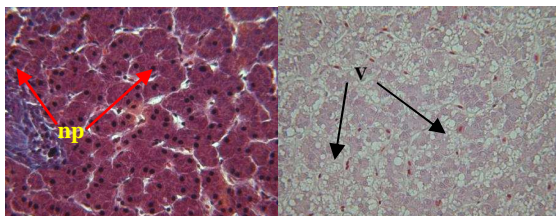


Figura 2. Histologia de fígado de alevinos de truta alimentados com níveis de substituição da proteína da farinha de resíduos de peixes pela proteína da farinha de vísceras de frango, por 90 dias. Destaque às alterações encontradas: núcleos picnóticos (np) e vacúolos lipídicos (v) (aumento de 400x).

Os centros melano macrofágicos contêm células que acumulam compostos relacionados ao estado nutricional dos peixes (Bombonato et al., 2007). No presente estudo, foi observado grande número de núcleos picnóticos nos hepatócitos fortemente densos e corados. Tais alterações também foram relatadas quando alevinos de dourada (*Sparus aurata*) foram alimentados com dietas a base de óleos vegetais (Wassef, 2007). Estas alterações nucleares são resultado de um processo apoptótico pelo hepatócito, como forma de evitar que células cujo genoma esteja modificado por substâncias carcinogênicas possam desenvolver um tumor. Portanto, estes núcleos alterados podem ser indicadores de hepatotoxicidade. Ressalta-se que cada peixe apresentou somente uma alteração histológica. Não houve, portanto, mais de uma alteração histológica em cada fígado analisado. Deste modo, apesar de serem claras as alterações no tecido hepático não foi possível detectar diferenças significativas, entre os níveis de substituição, nem que tipo de produto tóxico presente nos ingredientes levou a tais alterações.

No ensaio onde houve a substituição da proteína da farinha de resíduos de peixes pela proteína do farelo de soja, a sobrevivência média

foi de 83,33% e não houve efeito da substituição na sobrevivência dos peixes ($P=0,232$). Já o GPD apresentou resposta quadrática significativa ($P=0,004$) com o aumento da substituição. O maior GPD, correspondente a 1,50 g, foi obtido pelos juvenis alimentados com 46% de substituição (31% inclusão de farelo de soja), seguido por aqueles alimentados com 25% de substituição (1,25 g). O grupo controle, sem farelo de soja e com 46% de inclusão de farinha de resíduos de peixes apresentou 0,70 g de GPD, enquanto que aquele alimentado com 100% de substituição da farinha de resíduos de peixes pelo farelo de soja (68% de inclusão) perdeu peso após 60 dias de alimentação com esta dieta. Kaushik et al. (1995) relatam que juvenis de truta arco-íris (83 g peso inicial) não tiveram o crescimento afetado quando foi substituído na dieta de 33 a 100% da farinha de peixe por concentrado protéico de soja, ingrediente com maior teor protéico que o farelo de soja. Entretanto, estes mesmos autores observaram redução no crescimento das trutas quando a farinha de peixe foi substituída em até 50% por farinha de soja. Já para os carnívoros marinhos dourada (*S. aurata*) e o robalo europeu (*Dicentrarchus labrax*), ambos em fase de juvenis, níveis de inclusão de até 30% de farelo de soja não foram prejudiciais ao desempenho (Bonaldo et al., 2008).

No presente estudo, a taxa de crescimento específico (TCE) apresentou resposta quadrática ($P<0,001$), similar ao GPD, com o aumento da substituição por farelo de soja, sendo que a maior TCE (0,53%, Figura 3) foi obtida com 43,62% de substituição (29,3% inclusão).

A eficiência alimentar (EA) também apresentou resposta quadrática significativa ao aumento da substituição da proteína da farinha de resíduos de peixe pelo farelo de soja ($P=0,005$). A melhor EA (0,97), estimada pela equação ($Y = 0,35 + 0,03x - 0,0002x^2$), foi observada com o nível de inclusão de 33,92 % de farelo de soja, Kaushik e colaboradores (1995), utilizando concentrado protéico de soja (62% inclusão) em dietas com a mesma concentração de proteína bruta (45%) para juvenis (83 g) de truta arco-íris alimentados por 90 dias, verificaram EA de 0,92. Já no grupo controle, com 100% da fonte protéica da dieta provida por farinha de peixes, o valor da EA foi 0,96. Assim, é possível considerar que os valores de EA do presente estudo são satisfatórios, por tratar-se de um ingrediente de origem vegetal e sendo a truta um peixe de hábito carnívoro, com baixa aptidão para este tipo de fonte protéica.

A substituição da proteína da farinha de resíduos de peixes pela proteína do farelo de soja não influenciou a composição corporal em

termos de proteína, cinzas e extrato etéreo (Tabela 4). Resultados semelhantes ao do presente estudo foram encontrados para alevinos de dourada (*S. aurata* L.) e robalo europeu (*D. labrax* L.) com aproximadamente de 18 g, quando alimentados por 89 dias com dietas contendo de 18 a 30% de inclusão de farelo de soja (Bonaldo et al., 2008). Já Barrows et al. (2008) verificaram aumento significativo na proteína corporal de truta (peso inicial 22 g), quando alimentadas por nove semanas com dietas contendo farelo de soja (17,5 a 35% de inclusão). A matéria mineral corporal (Tabela 4) não respondeu ao aumento dos níveis de inclusão de farelo de soja na dieta, apesar da conseqüente redução na concentração de fósforo disponível nestas (Tabela 2). Tal resultado pode estar relacionado ao fato do conteúdo de P disponível de todas as dietas experimentais ter sido sempre superior à exigência da truta (Tabela 2).

Tabela 4. Composição corporal inicial de alevinos de truta arco-íris e após 60 dias de alimentação com dietas contendo diferentes níveis de substituição da proteína da farinha de resíduos de peixe pela proteína do farelo de soja (base úmida)¹.

| Substituição (%) | Fração (%) | | | |
|----------------------|-------------------------|-----------------|-----------------|------------------------|
| | Matéria seca | Proteína bruta | Matéria mineral | Extrato etéreo |
| Inicial ¹ | 29,00±0,43 | 17,14±0,47 | 3,06±0,25 | 10,89±0,43 |
| 0 | 29,12±0,62 | 15,42±0,48 | 2,53±0,08 | 10,82±0,92 |
| 25 | 32,65±3,51 | 15,97±0,98 | 2,27±0,21 | 12,63±3,03 |
| 50 | 30,47±3,50 | 16,16±0,47 | 2,23±0,05 | 11,79±3,05 |
| 75 | 29,21±2,99 | 16,12±1,21 | 2,32±0,12 | 11,40±2,10 |
| 100 | 28,99±1,36 | 15,98±1,27 | 2,19±0,07 | 12,31±1,14 |
| Análise estatística | | | | |
| P | ns | ns | ns | ns |
| r ² | 0,38 | 0,32 | 0,66 | 0,45 |
| Equação | $Y=28,52+2,60x-0,61x^2$ | $Y=0,23x+16,48$ | $Y=-0,14x+2,8$ | $Y=9,07+3,07x-0,64x^2$ |

¹ Foi realizado *pool* de dez peixes para a análise de composição inicial e de três peixes por unidade experimental (n=9), para a análise de composição final.

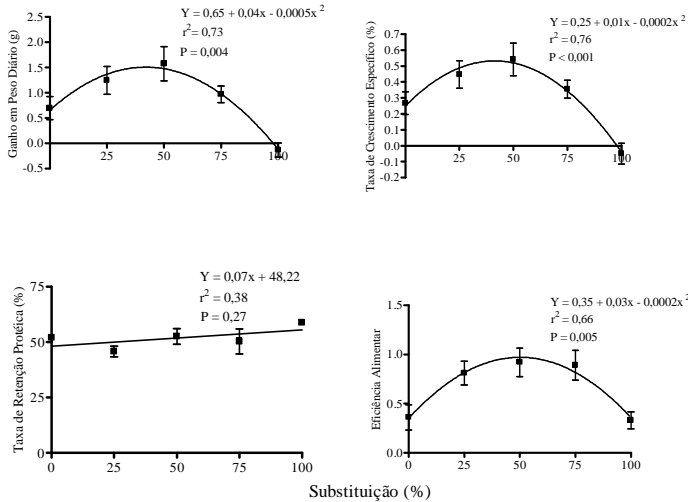


Figura 3. Ganho em peso diário, taxa de crescimento específico, retenção protéica e eficiência alimentar de juvenis de truta alimentados com níveis de substituição da proteína da farinha de resíduos de peixes pela proteína do farelo de soja, por 60 dias.

Conclusão

A proteína da farinha de resíduos de peixes pode ser substituída pela proteína da farinha de vísceras de frango em formulações para alevinos de truta arco-íris, sem prejuízo ao desempenho e sem danos hepáticos, até 25% (11,14% de inclusão). Já a proteína do farelo de soja pode substituir 46% (31% de inclusão) da proteína da farinha de resíduos de peixes sem prejuízo no crescimento em rações para juvenis de truta arco-íris.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão de bolsas de estudo ao primeiro e último autores e à Nicoluzzi Rações Ltda, Penha, SC, pelo apoio financeiro.

Referências

- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS – AOAC. **Official methods of analysis**. 17.ed. Gaithersburg: AOAC International, 1999. 1015p.
- BARROWS, F.T.; GAYLORD, T.G.; SEALEY, W.M. et al. Processing soybean meal for biodiesel production; effect of a new processing method on growth performance of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. **Aquaculture**, v. 283, p.141-147, 2008.
- BOMBONATO, M.T.S; ROCHEL, S.S.; VICENTINI, C.A. et al. Estudo morfológico do tecido hepático de *Leporinus macrocephalus*. **Acta Scientiarum**, v.29, n.1, p.81-85, 2007.
- BONALDO, A.; ROEM, A.J.; FAGIOLI, P. et al. Influence of dietary levels of soybean meal on the performance and gut histology of gilthead sea bream (*Sparus aurata* L.) and European sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.). **Aquaculture Research**, v.39, 970-978, 2008.
- BOYD, C.E. **Water quality in ponds for aquaculture**. Auburn University, Alabama: Alabama Agricultural Experiment Station; Auburn University, 1990. 482 p.
- CROMWELL, G.L. Requirements, biological availability of calcium, phosphorus for swine evaluated. **Feedstuffs**, n.5, p.16-20, 1989.
- DONG, F.M.; HARDY, R.W.; HAARD, N.F. et al. Chemical composition and protein digestibility of poultry by-product meals for salmonid diets. **Aquaculture**, v.116, p.149-158, 1993.
- DOZIER, W.A.; DALE, N.M.; DOVE, C.R. Nutrient composition of feed-grade and pet-food-grade poultry by-product meal. **Journal of Applied poultry research**, v.12, p.526-53, 2003.
- EL-HAROUN, E.R.; AZEVEDO, P.A.; BUREAU, D.P. High dietary incorporation levels of rendered animal protein ingredients on performance of rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum, 1972). **Aquaculture**, v.290, p.269-274, 2009.
- GAYLOR, T.G.; BARROWS, F.T.; RAWLES, S.D. Apparent amino acid availability from feedstuffs in extruded diets for rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. **Aquaculture Nutrition**, v. 16, p. 400-406, 2010.

- GUYTON, A.C.; HALL, J.E. **Tratado de fisiologia médica**. 4.ed. Rio de Janeiro: Guanabara-Koogan, 2002. 972p.
- HARDY, R.W. Rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. Part II: Freshwater Fish In: WEBSTER, C.D. (Ed.) **Nutrient requirements and feeding of finfish for aquaculture**. CABI Publishing, New York, USA, 2002. p.417.
- HARTLEY, W.R. Liver lesions in gar fish (*Lepisosteidae*) as biomarkers of exposure. **Marine Environmental Research**, Oxford, v.42, p.217-221, 1996.
- KAUSHIK, S.J.; CRAVEDI, J.P.; LALLES, J.P. et al. Partial or total replacement of fish meal by soybean protein on growth, protein utilization, potential estrogenic or antigenic effects, cholesterolemia and flesh quality in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. **Aquaculture**, v.133, p.257-274, 1995.
- MARTOJA, R., MARTOJA-PIERSON, M. **Técnicas de histología Animal**. Toray-Masson, Barcelona, 1970, 350p.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. 1993. **Nutrient requirements of fish**. Washington, D.C.:National Academy Press, 1993. 115p.
- REFSTIE, S.; HELLAND, S.V. STOREBAKKEN, T. Adaptation to soybean meal in diets for rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. **Aquaculture**, v.153, p.263-272, 1997.
- ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 2.ed. Viçosa, UFV, Departamento de Zootecnia, 2005.p.186.
- STEFFENS, W. Replacing fish meal with poultry by-product meal in diets for rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. **Aquaculture**, v.124, p.27-34, 1994.
- WASSEF, E.A.; WAHBY, O.M.; SAKR, E.M. Effect of dietary vegetable oils on health and liver histology of gilthead seabream (*Sparus aurata*) growers. **Aquaculture Research**, v.38, p. 852-865, 2007.

CAPÍTULO II

Redução do fósforo na farinha de resíduos de peixes por meio de peneiragem **Phosphorus reduction by sifting of fish processing waste meal**

Ronaldo Lima de Lima, Dariane Beatriz Schoffen Enke, Neiva Braun e
Débora Machado Fracalossi
Departamento de Aquicultura, Universidade Federal de Santa Catarina

Resumo

A farinha de resíduos de peixes caracteriza-se pelo alto conteúdo de matéria mineral, o que pode promover a eutrofização e comprometer a qualidade da água na aquicultura. O objetivo deste estudo foi avaliar a redução do conteúdo de fósforo nas farinhas de resíduos de peixes produzidas comercialmente por meio da utilização de peneiras de diferentes malhas (0,60; 1,00; 1,18; 1,40; 2,36 e 3,35 mm). Foram realizadas coletas mensais de farinha de resíduos de peixes por um período de 24 meses. As amostras foram fracionadas nas peneiras e a composição proximal das frações resultantes foram comparadas com a farinha integral. A maior redução de fósforo total (32%) e cinzas (36%), além da maior elevação protéica (20%), ocorreu no fracionamento com a menor malha (0,60 mm). A composição média do resíduo proveniente das peneiras foi de 47,04% de cinzas, 5,56% de fósforo total e 39,45% de proteína bruta, indicando que o resíduo do fracionamento também pode ser comercializado como suplemento mineral e protéico.

Palavras-chave: Fósforo, farinha de resíduos de peixes, fracionamento, peneiras

Abstract

Meal wastes of fish, characterized by a high content of mineral matter, may promote eutrophication and impair water quality in aquaculture. The aim of this study was to evaluate the reduction of phosphorus content in fish processing waste meal produced commercially, by using sieves of different mesh (0.60; 1.00; 1.18; 1.40; 2.36 and 3.35). Monthly collections were made of fish waste meal for a period of 24 months. The samples were fractionated on sieves and proximal composition of the resulting fractions were compared with the whole meal. The largest reduction in total phosphorus (32%) and ash (36%) contents, and the largest protein elevation (20%) occurred in fractions resulting from the smallest mesh (0.60 mm). The average composition of waste from the sieves was 47.04% ash, 5.56% of total phosphorus and 39.45% protein. Thus, the residue of the fractionation can also be marketed as a mineral supplement and protein.

Keywords: Phosphorus, fish waste meal, fractionation, sieves

A farinha de peixe é amplamente empregada na elaboração de ração para peixes, sendo a principal fonte protéica nas dietas para a maioria das espécies cultivadas. É uma excelente fonte de energia digestível, boa fonte de minerais essenciais, elementos traços e vitaminas essenciais (TACON, 1993).

As indústrias de beneficiamento de pescado brasileiras geram grande quantidade de resíduos, mas o aproveitamento deste material é reduzido (STEVANATO et al., 2007). Cerca de 50% da biomassa deste resíduo é descartado durante o processo de enlatamento ou em outras linhas de produção, como a filetagem (PESSATI, 2001). Segundo Stori e colaboradores (2002), as empresas do Sul do Brasil encaminham 68% dos resíduos produzidos às indústrias de farinha de pescado, 23% a aterros sanitários municipais e 9% são despejados diretamente nos rios, constituindo um grave impacto ambiental.

A matéria prima das farinhas de peixe produzidas no Brasil, oriunda dos resíduos das unidades beneficiadoras de pescado, é composta principalmente por ossos, cabeças e escamas, resultando em produto abaixo dos padrões internacionais e diferindo nutricionalmente a cada partida. Este material apresenta altos teores de cinzas, principalmente fósforo, rancificação de lipídios e degradação de proteínas (TEIXEIRA et al. 2006). Além das complicações nutricionais, um produto com tais características provoca maior poluição ambiental (TSUKAMOTO e TAKAHASHI, 1992).

Portanto, torna-se necessária a busca por melhoria na qualidade das farinhas produzidas com resíduos da pesca e das indústrias de filetagem. Este estudo avaliou a efetividade do fracionamento da farinha de resíduos de peixes em diferentes malhas, na remoção de ossos e escamas presentes antes da moagem e prensagem. O estudo foi conduzido no Laboratório de Nutrição de Organismos Aquáticos do Centro de Ciências Agrárias (CCA) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Florianópolis, SC, nos períodos de outubro de 2005 a setembro de 2006 (ano 1) e outubro de 2006 a setembro de 2007 (ano 2).

Ao longo de vinte e quatro meses, mensalmente foram coletadas amostras de 10.000 g de farinha de resíduos de peixes, na fábrica Nicoluzzi Rações Ltda – Penha, SC. As amostras foram coletadas logo após o processo de fabricação da farinha, antes da moagem e prensagem (Figura 4), visando obter maior eficiência na remoção das partículas de ossos.

Após homogeneização, as amostras foram submetidas a um conjunto de separadores de partículas com seis diferentes aberturas de malha (peneiras de 0,60; 1,00; 1,18; 1,40; 2,36 e 3,35 mm), em triplicata,

originando duas frações distintas para cada malha. Deste procedimento, obteve-se doze frações de cada amostra: menor que 0,60 mm, menor que 1,00 mm, menor que 1,18 mm, menor que 1,40 mm, menor que 2,36 mm e menor que 3,35 mm, além de seis frações coletadas antes do processo de peneiragem (farinha integral). Foram realizadas análises de cinzas, proteína bruta e fósforo total em todas as frações, para posterior comparação dos resultados de composição proximal das farinhas antes e após o fracionamento. A abertura da malha das peneiras foi definida previamente, de acordo com o tamanho das partículas normalmente presentes nas farinhas produzidas pela empresa antes do processo de moagem. Devido a grande variação existente na composição da farinha de resíduos de peixes, o período de análises das amostras foi de dois anos.

As análises foram realizadas seguindo metodologia padrão da Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 1999). Para a análise de proteína utilizou-se o método de Kjeldahl. A amostra foi submetida à digestão ácida, sendo o nitrogênio transformado em amônia e, posteriormente, separado por destilação e quantificado por titulação. Para a determinação do resíduo mineral, a amostra foi submetida à temperatura de 600°C por 4 h para queima da matéria orgânica. Na análise de fósforo total, a amostra foi calcinada em mufla a 570°C por 3 h, digerida em ácido clorídrico e a quantidade de fósforo estimada pela leitura em espectrofotômetro, comparando-se com uma curva padrão. As médias das variáveis foram submetidas à análise de regressão polinomial para determinação da abertura de malha da peneira que proporcionasse a maior retenção de matéria mineral. O nível de significância adotado foi de 5%.

À medida que se diminuiu a abertura da malha da peneira, também houve diminuição do percentual de matéria mineral e de fósforo total na farinha de resíduos, aumentando o percentual de proteína bruta (Figura 5). Os menores teores de cinzas e fósforo, bem como os maiores teores de proteína bruta, ocorreram com o fracionamento na peneira com malha de menor abertura (0,60 mm) (Tabela 5 e Figura 5). Considerando a amostragem nos dois anos, esta abertura de malha propiciou aumento médio de 20,84% de proteína bruta e redução nos teores de cinzas e fósforo em 36% e 32%, respectivamente,.

Ocorreram variações na eficiência da retirada de resíduos ósseos entre as malhas de mesmo tamanho entre o ano 1 (2005 e 2006) e o ano 2 (2006 e 2007), tendo sido o processo de separação dos resíduos ósseos mais eficiente no ano 2. Por exemplo, no ano 2, a malha 3,35 mm promoveu redução de 15,19% no fósforo total, mas no ano 1, esta

redução foi de apenas 8,07%. O acréscimo na proteína bruta foi de 13,90% no ano 2 e de apenas 4,22% no ano 1. Esta variação pode estar relacionada à origem da matéria prima utilizada no fabrico destas farinhas. Os resíduos são oriundos de beneficiadoras, frigoríficos e peixarias, de pesca marinha e/ou de pisciculturas de água doce, apresentando estruturas ósseas de diversos tamanhos. Sendo assim, a farinha de resíduos de peixes apresenta diferente composição a cada lote e a qualidade deste material fica diretamente dependente do tipo de resíduo utilizado.

Apesar do elevado número de amostras analisadas, ocorreu grande variação na composição da matéria prima das farinhas produzidas durante os dois anos de estudo, não sendo possível definir qual tamanho de malha ideal para cada época do ano.

Verificou-se também que o resíduo que fica retido nas peneiras contém tecido muscular, além do conteúdo ósseo. A pressão, umidade e temperatura dos digestores promove a solidificação deste material em pequenos grumos, os quais são também retidos no processo de peneiragem. A análise deste resíduo revelou uma concentração média entre as malhas de 47,04% de cinzas, 5,56% de fósforo total e 39,45% de proteína bruta. No resíduo da peneira 0,60 mm, obteve-se a maior concentração protéica, que foi 46,83%. Assim, tendo em vista a sua composição, o resíduo da peneiragem poderia ainda ser utilizado pela empresa como suplemento em formulações para outras espécies, com exigências mais altas em minerais, ou mesmo comercializado como suplemento mineral e protéico.

Os resultados obtidos sugerem que o processo de peneiragem pode ser uma alternativa a ser empregada nas indústrias processadoras de farinhas de resíduos de peixes, ou mesmo em fábricas produtoras de rações para organismos aquáticos, para diminuir o conteúdo de fósforo destes produtos. A implantação de um sistema de peneiragem na linha de produção de farinha de resíduos de peixes possibilitaria a separação mecânica da parte óssea que compõe este produto. Com isso, as fábricas de rações dispõem de um ingrediente com melhor qualidade para suas formulações. Destaca-se, porém, que é necessário planejamento na implantação do processo de peneiragem, visando possibilitar maior flexibilidade para efetuar a troca das peneiras a cada lote de resíduos, pois estes possuirão características distintas. É necessário também que sejam realizados testes na linha de produção da indústria a fim de confirmar a viabilidade da implantação deste processo na produção de farinha de resíduos de peixes, considerando-se os maiores volumes processados.

A redução na produção mundial da farinha de peixes, aliada a baixa disponibilidade e qualidade das farinhas de resíduos de peixes produzidas no Brasil, limita o uso deste ingrediente em rações para organismos aquáticos (KUBITZA, 1997). Por isso, torna-se necessário aproveitar melhor os resíduos de peixes produzidos no Sul do Brasil, uma vez que apenas 68% são transformados em farinha (STORI et al., 2002). Este melhor aproveitamento contribuiria para a redução dos custos de produção da aqüicultura, além de favorecer a preservação do meio ambiente. Os resultados do presente estudo indicam que a utilização da peneiragem na fase posterior ao fabrico da farinha pode melhorar a qualidade do produto.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão de bolsas de estudo ao primeiro e último autores e à Nicoluzzi Rações Ltda, Penha, SC, pelo apoio financeiro.

Referências

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS – AOAC. **Official methods of analysis**. 17.ed. Gaithersburg: AOAC International, 1999. 1015p.

KUBITZA, F. **Nutrição e alimentação dos peixes**. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1997. 74p

PESSATI, M. L. (2001). **Aproveitamento dos subprodutos do pescado**. Meta 11. Relatório Final de Ações Prioritárias ao Desenvolvimento da Pesca e Aqüicultura no Sul do Brasil, Convênio Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), Universidade do Vale do Itajaí, MA/SARC, n.003/2000.

STEVANATO, F.B., SOUZA, N.E., MATSUSHITA, M., VISENTAINER, J.V. Aproveitamento de resíduos, valor nutricional e avaliação da degradação do pescado. **Pubvet**, V.1, Ed.6, 2007. Obtido via base de dados Pubvet. Acessado em 23 setembro 2010. Online. Disponível em: http://www.pubvet.com.br/artigos_det.asp?artigo=171.

STORI, F.T., BONILHA, L.E.C., PESSATTI, M.L. (2002). Proposta de aproveitamento dos resíduos das indústrias de beneficiamento de pescado de Santa Catarina com base num sistema gerencial de bolsa de resíduos. In: **Responsabilidade social das empresas**. São Paulo, 373-406.

TACON, A.G.J. **Feed ingredients for warmwater fish: Meal and other processed feedstuffs**. Rome: FAO, 1993.

TEIXEIRA , A. T. et al, **Substituição de farinha de peixes em rações para peixes**. Revista Brasileira de Reprodução Animal, Belo Horizonte, v.30, n.3/4, p.118-125, jul./dez. 2006. Acessado em 22 set. 2010. Disponível em www.cbra.org.br

TSUKAMOTO, R.Y, TAKAHASHI, N.S. **Falta de proteína para ração: estrangulamento da aqüicultura no Brasil**. Panorama da Aquicultura, p.8-9, nov./dez. 1992. Acessado em 12 ago. 2010. Disponível on line. www.panoramadaaquicultura.com.br/paginas/09_validate/index=14

Tabela 5. Percentagem média de proteína bruta, cinzas e fósforo total de vinte e quatro lotes de farinha de resíduos de peixe (out 2005 a set 2006 e out 2006 a set 2007) antes e após peneiragem em diferentes malhas, e a diferenças entre estes valores.

| Malha das peneiras mm | Nutrientes ¹ | | | Diferença em relação à farinha integral | | |
|-------------------------|-------------------------|----------------|---------------|-----------------------------------------|---------|---------|
| | Proteína Bruta | Cinzas | Fósforo % | Proteína | Cinzas | Fósforo |
| Ano 1 | | | | | | |
| Farinha integral | 57,38 (± 3,47) | 32,40 (± 2,98) | 4,46 (± 1,52) | | | |
| <3,35 | 59,80 (±2,66) | 25,63 (±1,52) | 4,10 (±0,62) | + 4,22 | - 20,90 | - 8,07 |
| <2,36 | 61,80 (±2,89) | 25,02 (±1,50) | 3,97 (±0,48) | + 7,70 | - 22,78 | - 10,99 |
| <1,40 | 63,81 (±3,33) | 24,51 (±2,06) | 3,89 (±0,46) | + 11,20 | - 24,35 | - 12,78 |
| <1,18 | 64,97 (±3,21) | 23,08 (±2,33) | 3,54 (±0,54) | + 13,22 | - 28,77 | - 20,63 |
| <1,00 | 65,38 (±5,23) | 22,26 (±1,97) | 3,26 (±0,47) | + 13,94 | - 31,30 | - 26,91 |
| <0,60 | 67,88 (±4,07) | 21,32 (±2,55) | 2,98 (±0,63) | + 18,29 | - 34,19 | - 33,18 |
| Ano 2 | | | | | | |
| Farinha integral | 56,44 (± 4,87) | 32,00 (± 2,92) | 4,35 (± 1,52) | | | |
| <3,35 | 60,89 (± 4,56) | 24,88 (± 2,58) | 3,71 (± 1,52) | + 13,90 | - 22,24 | - 15,19 |
| <2,36 | 60,96 (± 4,39) | 24,15 (± 2,28) | 3,64 (± 1,38) | + 14,12 | - 24,54 | - 19,61 |
| <1,40 | 61,80 (± 4,54) | 21,84 (± 2,47) | 3,41 (± 1,57) | + 16,75 | - 31,76 | - 19,09 |
| <1,18 | 62,35 (± 4,37) | 21,87 (± 2,66) | 3,35 (± 1,38) | + 18,46 | - 31,65 | - 21,82 |
| <1,00 | 62,88 (± 4,47) | 20,90 (± 2,85) | 3,07 (± 1,45) | + 20,28 | - 34,68 | - 29,26 |
| <0,60 | 63,93 (± 4,89) | 19,30 (± 2,73) | 2,96 (± 1,53) | + 23,40 | - 39,68 | - 31,66 |

¹ Média ± desvio padrão.

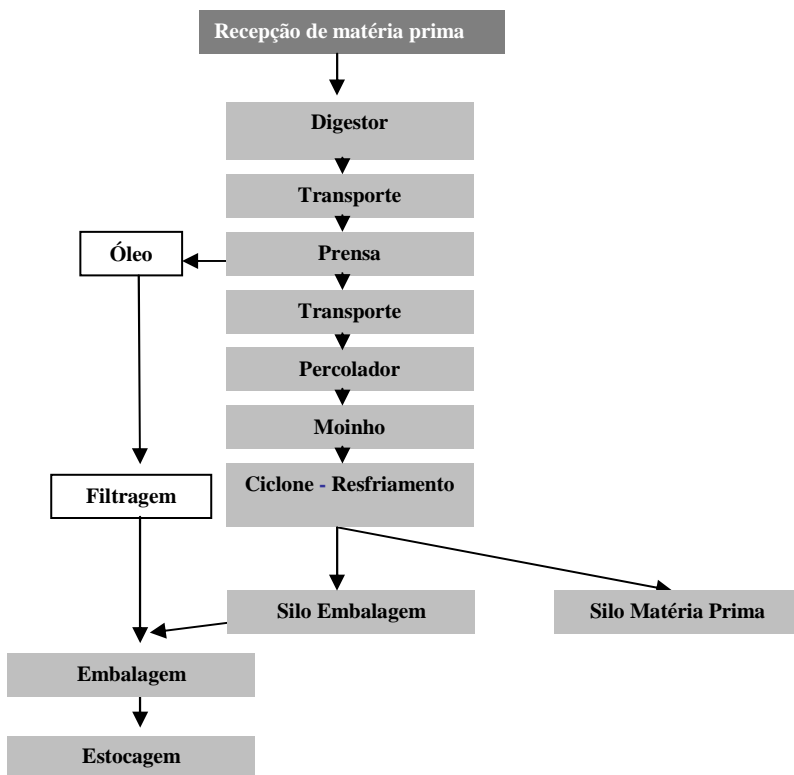


Figura 4. Fluxograma da farinha de resíduos de peixes, desde a entrada da matéria prima até a estocagem.

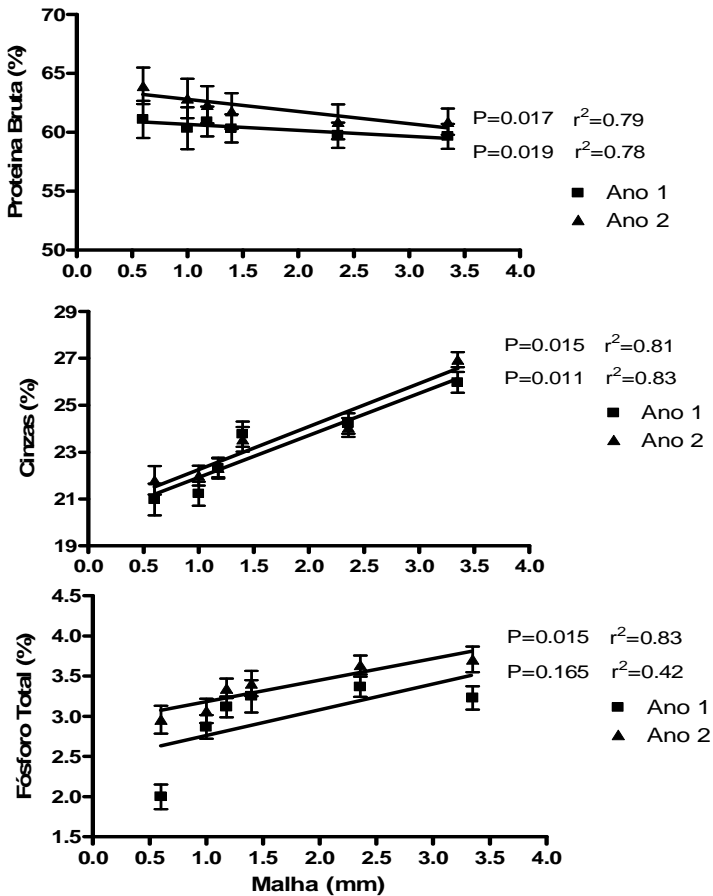


Figura 5. Percentagem de proteína bruta, cinzas e fósforo total em 24 amostras de farinhas de resíduos de peixes peneiradas em diferentes malhas.

CONCLUSÕES GERAIS

- O melhor nível de inclusão de farinha de vísceras de frango utilizada no presente estudo em substituição à farinha de resíduos de peixes em rações para alevinos de truta arco-íris é 11,14%. Este nível reduziu em 28,88% a concentração de fósforo disponível nas dietas, sem prejuízo ao desempenho e sem danos hepáticos.

- O melhor nível de inclusão de farelo de soja em substituição à farinha de resíduos de peixes em rações para juvenis de truta arco-íris é 33,70%. Este nível reduziu em 36,45% a concentração de fósforo disponível nas dietas, sem prejuízo ao desempenho.

- O processo de extrusão em rações para juvenis de truta arco-íris melhora o desempenho e a digestibilidade da proteína, extrato etéreo e matéria seca, sem alterar a composição corporal, em relação ao processo de peletização.

- O processo de peneiragem antes da prensagem e moagem. reduz a concentração de fósforo nas farinhas de peixes provenientes de resíduos de peixes.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

- Parceria

A parceria desenvolvida no presente projeto com a empresa Nicoluzzi Rações Ltda foi benéfica pela possibilidade de integração da pesquisa com o setor produtivo para a solução de um problema real da indústria, que era o excesso de fósforo nas rações. Além disso, promoveu avanço tecnológico para a empresa, baseado em experimentação científica, culminando na produção de uma ração eficiente e ambientalmente sustentável.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS DA INTRODUÇÃO

BARCELLOS, J. et al. **Nutrição mineral em ruminantes**. Porto Alegre: Gráfica da UFRGS, 1998. 146 p.

BARROWS, F.T.; STONE, D.A.J. & HARDY, R.W. The effects of extrusion conditions on the nutritional value of soybean meal for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Aquaculture**, v. 265, p. 244-252, 2007.

BEHNKE, K. C. Feed manufacturing technology: current issues and challenges. **Animal Feed Sciences Technology**, v. 62, p. 49-57, 1996.

BOOTH, M. A.; ALLAN, G. L.; WARNER-SMITH, R. Effects of griding, steam conditioning and extrusion of a practical diet on digestibility and weight gain of silver perch, *Bidyanus bidyanus*. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 182, p. 287-299, 2000.

BORGHETTI, J.R. et al. Os efeitos da origem da proteína no crescimento do pacu (*Piaractus mesopotamicus*) criado em tanques-rede. **Revista Brasileira de Biologia**, Rio de Janeiro, v. 51, n.3, p. 689-694, 1991.

BOYD, C. E. In: **Bottom soils, sediment and pond aquaculture**. New York, 1995. p. 87-94.

BOYD, C.E. Effluents from catfish ponds for aquaculture during fish harvest. **Journal of Environmental Quality**, v. 7, p. 59-62. 1978.

BOYD, C. E. **Water quality in ponds for aquaculture**. Alabama: Birmingham Publishing Co. Alabama, 1990. 482 p.

BROWN P. Soy feeds for aquaculture. **Aquaculture Magazine**, p.21-22, may/jun. 2000.

CHENG, Z.J.; HARDY, R.W. Effects of extrusion and expelling processing, and microbial phytase supplementation on apparent digestibility coefficients of nutrients in full-fat soybeans for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Aquaculture**, v. 218, p. 501-514. 2003.

DAVIES, S.J.; MORRIS, P.C. Influence of multiple amino acid supplementation on the performance of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum), fed soya based diets. **Aquaculture Research**, v. 28, p. 65-74. 1997.

DEGANI, G., et al. The effect of different dietary protein sources and temperatures on growth and feed utilization of african catfish *Clarias gariepinus* (Burchell). **The Israeli Journal of Aquaculture**, Haifa, v. 40, n. 4, p. 113-117. 1988.

DONG, F.M., et al. Chemical composition and protein digestibility of poultry by-product meals for salmonid diets. **Aquaculture**, v. 116, p. 149-158. 1993.

EL-HAROUN, E.R.; AZEVEDO, P.A.; BUREAU, D.P. High dietary incorporation levels of rendered animal protein ingredients on performance of rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum, 1972). **Aquaculture**, v. 290, p.269-274. 2009.

ENGLISH, W.R.; SCHWEDLER, T.E.; DYCK, L.A. Aphanizomenon flos-aquae, a toxic blue green alga in commercial channel catfish, *Ictalurus punctatus*, ponds: a case history. **Journal of Applied Aquaculture**, v. 3, p. 195-209. 1993.

ESTEVEZ, F. A. In: **Fundamentos de Limnologia**. Rio de Janeiro, 1998. p. 223-243.

FARIA, A.C.E.A. **Farinha de vísceras em dietas para alevinos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*)**. 2000. 56 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2000.

FANCHER, B.I. Feed processing using the annular gap expander and its impact on poultry performance. **Journal Applied Poultry Research**, Athens, v. 5, n. 4, p. 386-394. 1996.

FERNANDES, J.B.K. **Fontes e níveis de proteína bruta em dietas para alevinos e juvenis de pacu (*Piaractus mesopotamicus*)**. 1998. 96p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Centro de Aqüicultura da UNESP, Universidade Estadual Paulista, 1998.

FRANCIS, G.; MAKKAR, H.P.S.; BECKER, K. Anti-nutritional factors present in plant-derived alternate fish feed ingredients and their effect in fish. **Aquaculture**, v. 199, p. 197-227. 2001.

FURUYA, V.R.B.; HAYASHI, C.; FURUYA, W.M. Farelo de canola na alimentação da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus* L.), durante o período de reversão de sexo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.26, n.6, p.1067-1073. 1997.

GALDIOLI, E.M., et al. Diferentes fontes protéicas na alimentação de alevinos de curimba (*Prochilodus lineatus* V.). **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v.22, n. 2, p. 471-477. 2000.

HARDY, R. W. Rainbow Trout, *Oncorhynchus mykiss*. In: WEBSTER, C. D., LIM, C. E. **Nutrient Requirements and Feeding of Finfish for Aquaculture**. New York: CABI Publishing, 2002. p. 417p

HEIKKINEN, J., et al. Effects of soybean meal based diet on growth performance, gut histopathology and intestinal microbiota of juvenile rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Aquaculture**, v. 261, p. 259-268. 2006.

HERSHBERGER, W.K. Genetic variability in rainbow trout populations. **Aquaculture**, v. 100, p. 51-57, 1992.

KAUSHIK, S.J., et al. Partial or total replacement of fish meal by soybean protein on growth, protein utilization, potential estrogenic or antigenic effects, cholesterolemia and flesh quality in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. **Aquaculture**, v.133, p. 257-274, 1995.

LIM, C.; KLESZIUS, P.H.; WESTER, C.D. In: **Nutrition and Fish Health**. The Role of Dietary Phosphorus, Zinc and Selenium in Fish Health. 2001. p. 201-212.

LOVELL, T. **Nutrition and feeding of fish**. Boston: Kluwer Academic Publishers, 1998. 267 p.

MAZID, M.A., et al. Formulation of cost-effective feeds from locally available ingredients for carp polyculture system for increased production. **Aquaculture**, Amsterdam, v.151, n. 1-4, p. 71-78. 1997.

MEER, M.B. et al. The effect of dietary protein level on growth, protein utilization and body composition of *Colossoma macropomum* (Cuvier). **Aquacultures Research**, Oxford, v. 26, n. 12, p. 901-909. 1997.

NENGAS, I.; ALEXIS, M. N.; DAVIES, S. J. High inclusion levels of poultry meals and related byproducts in diets for gilthead seabream *Sparus aurata* L. **Aquaculture**, v. 179, p. 13-23. 1999.

PADILHA, A. C. M.; SILVA, T. N.; SAMPAIO, A. Desafios de adequação à questão ambiental no abate de frangos: o caso da perdigão agroindustrial – unidade industrial de Serafina Corrêa – RS. **Teorias e Evidências Econômicas**, Passo Fundo, v. 14, Ed. Especial, p. 109-125. 2006.

PEZZATO, L. E. Alimentos convencionais e não-convencionais disponíveis para indústria da nutrição de peixes no Brasil. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE NUTRIÇÃO E CRUSTÁCEOS, 1, 1995, Campos de Jordão. Anais... Campos do Jordão: CBN, 1995, p. 34-52.

PONGMANEERAT, J.; WATANABE, T. Utilization of soybean meal as protein source in diets for rainbow trout. **Nippon Suisan Gakkaishi**, v. 58, p. 1983-1990. 1992.

PONGMANEERAT, J.; WATANABE T. Nutritional evolution of the soybean meal for rainbow trout and carp. **Nippon Suisan Gakkaishi**, v. 59, n. 1, p. 157-163. 1993.

REFSTIE, S., et al. Differing nutritional responses to dietary soybean meal in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and Atlantic salmon (*Salmo salar*). **Aquaculture**, v. 190, p. 49-63. 2000.

REFSTIE, S.; HELLAND, S.V.; STOREBAKKEN, T. Adaptation to soybean meal in diets for rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. **Aquaculture**, v. 153, p. 263-272. 1997.

RODRIGUES, A. L. & FERNANDES, J. B. K. Influência do processamento da dieta no desempenho produtivo do acará bandeira (*Pterophyllum scalare*). **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v. 28, n. 1, p. 113-119. 2006.

RUMSEY, G.L. Fish meal and alternate sources of protein in fish feeds, update 1993. **Fisheries**, p. 14-19. 1993.

SCHWARTZ, F. M.; BOYD, C.E. Effluent quality during harvest of channel catfish from watershed ponds. **The Progressive Fish Culturist**, v. 56, p. 25-32. 1994.

STEFFENS, W. Replacing fish meal with poultry by-product meal in diets for rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. **Aquaculture**, v.124, p. 2734. 1994.

STEFFENS, W. **Princípios Fundamentais de la Alimentacion de los Peces**. Acribia Zaragoza. 1987. 272 p.

TABATA, Y. A.; PORTZ, L. Truticultura nos trópicos. In: Cyrino, J.E.P. et al. (org). **Tópicos Especiais em Piscicultura de Água Doce Tropical Intensiva**. Jaboticabal. 2004, p.309-342.

TACON, A.G.J. Feed ingredients for warm water fish: Fish meal and other processed feedstuffs. **FAO Fisheries Circular**. Rome. 1993. n°. 856, 64 p.

TEIXEIRA , A. T. et al, Substituição de farinha de peixes em rações para peixes. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, Belo Horizonte, v.30, n. 3-4, p. 118-125, jul./dez. 2006. Acessado em 22 set. 2010. Disponível em www.cbpa.org.br.

TESKEREDZIC, Z., et al. Assessment of undephtinized and dephytinized rapeseed protein concentrate as sources of dietary protein for juvenile rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Aquaculture**, 131(2):261-277. 1995.

VAN DER PLOEG, M.; BOYD, C.E. Geosmin production by cyanobacteria (blue green algae) in fish ponds at Auburn, Alabama. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 22, p. 207-216. 1991.

VAN DER PLOEG, M.; TUCKER, C.S. Seasonal trends in flavor quality of channel catfish, *Ictalurus punctatus*, from commercial ponds

in Mississippi. **Journal of Applied Aquaculture**, v. 3, p. 121-140. 1994.

VENOU, B.; ALEXIS, M. N.; FOUNTOULAKI, E. & HARALABOUS, J. Performance factors, body composition and digestion characteristics of gilthead sea bream (*Sparus aurata*) fed pellet or extruded diets. **Aquaculture Nutrition**, v. 15, p. 390-401. 2009.

VIELMA, J.; RUOHONEN, K. & PEISKER, M. Dephytinization of two soy proteins increases phosphorus and protein utilization by rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. **Aquaculture**, v. 204, p. 145-156. 2002

ŽIVIĆ, I., et al. Influence of a Trout Farm on Water Quality and Macrozoobenthos Communities of the Receiving Stream (Trešnjica River, Serbia). **International Review Hydrobiology**, v. 94, p. 673-687. 2009.

ANEXO I



Figura 6. (A) unidades de 130 litros; (B) manejo nas unidades de 1000 litros; (C) extrusora; (D) mistura dos ingredientes pré-confeção; (E) juvenis de truta arco-íris nos tanques de digestibilidade; (F) ração experimental e (G) biometria.

ANEXO II



Figura 7. (A) peneiragem das farinhas de resíduos de peixes; (B) material mineral após a peneiragem; (C) farinha de resíduos antes e após peneiragem e (D) espectrofotômetro.

ANEXO III

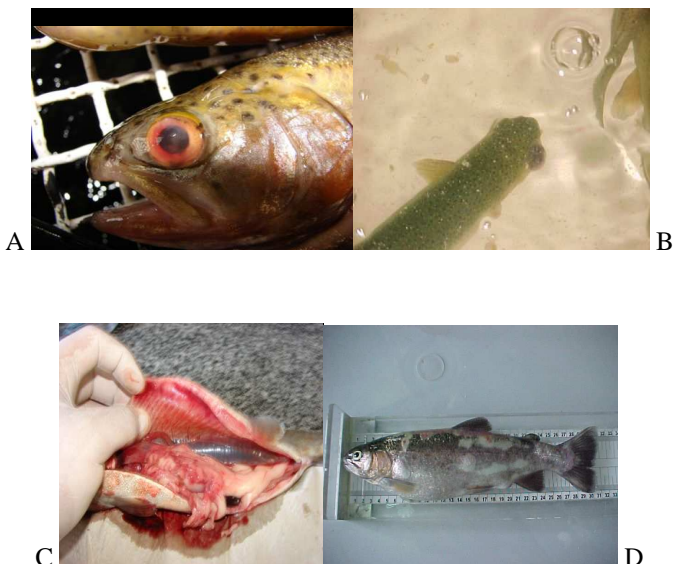


Figura 8. Lesões e sinais presentes em alguns peixes, (A) lesão ocular causada por bactéria; (B) exoftalmia (C) lesão interna causada por bactéria e (D) ulcerações cutâneas.