

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA
CÂMPUS DE BOTUCATU

**VALOR NUTRITIVO, PELA TILÁPIA DO NILO, DO FARELO DE
NABO FORRAGEIRO**

VIVIAN GOMES DOS SANTOS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-
Graduação em Zootecnia como parte dos
requisitos para obtenção do título de Mestre.

BOTUCATU - SP
Abril – 2008

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA
CÂMPUS DE BOTUCATU

**VALOR NUTRITIVO, PELA TILÁPIA DO NILO, DO FARELO DE
NABO FORRAGEIRO**

VIVIAN GOMES DOS SANTOS
Zootecnista

Orientador: Prof. Dr. Luiz Edivaldo Pezzato
Co-Orientadora: Prof. Dra. Margarida Maria Barros

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre.

BOTUCATU - SP
Abril – 2008

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - SERVIÇO TÉCNICO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA LAGEADO - BOTUCATU (SP)

S238v Santos, Vivian Gomes dos, 1981-
Valor nutritivo, pela Tilápia do Nilo, do farelo de nabo forrageiro / Vivian Gomes dos Santos. - Botucatu : [s.n.], 2008.
iii, 49 f.: tabs.

Dissertação (Mestrado) -Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Botucatu, 2008
Orientador: Luiz Edivaldo Pezzato
Co-orientador: Margarida Maria Barros
Inclui bibliografia.

1. Tilápia(Peixe). 2. Desempenho. 3. Nutrição animal. 4. Biodiesel. I. Pezzato, Luiz Edivaldo. II. Barros, Margarida Maria. III. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Campus de Botucatu). Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia. IV. Título.

A DEUS, pela vida, saúde e sabedoria;

**A minha avó Rosa, minha tia Rose, minha
irmã Luciana e meu namorado Victor pelo amor,
carinho e apoio incondicional e compreensão em
todos os momentos.**

Aos meus pais (*in memoriam*) pela vida.

DEDICO.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Estadual Paulista – UNESP, Câmpus de Botucatu por ceder a estrutura física e equipamentos para realização desta pesquisa e a todos os docentes que contribuíram de forma positiva para minha formação;

Ao professor Dr. Luiz Edivaldo Pezzato, pela orientação, paciência, dedicação e exemplo profissional;

À professora Dra. Margarida Maria Barros, pela co-orientação, apoio, paciência nos ensinamentos e amizade;

Ao Igo Gomes Guimarães, pela amizade, companheirismo, cumplicidade e auxílio para condução deste trabalho.

Aos colegas de laboratório Ademir Calvo Fernandes Junior, Daniel de Magalhães Araújo, André Moreira Bordinhon, Fernando Kojima Nakagome, Dario Rocha Falcon, Altevir Signor, Blanca Estella Pardo Gamboa, Luis Gabriel Quintero Pinto, Carolina Pelegrine e Rosangela Fernandes do Nascimento, pela amizade, ensinamentos e auxílio na condução deste trabalho;

Às amigas Gabriela de Oliveira Cossito, Juliana Beatriz Toledo e Gessê Neniza de Godez Leonel Salla pela amizade duradoura e incondicional;

À Kátia Maria Cano Tocheton de Moraes, pela amizade, ensinamentos e cumplicidade.

Aos meus colegas de pós-graduação Mariela Okino, Luciana Rodrigues, Claudia Marie Komyiama, Sabrina Endo Takahashi, pela amizade e coleguismo;

À minha família e amigos que mesmo distantes me apóiam e torcem por mim em todos os momentos de minha vida;

Àos funcionários da Biblioteca e do laboratório de bromatologia, pelo auxílio e disposição;

Ao professor Dr. Wilson Massamitu Furuya, pelos ensinamentos proporcionados e pela contribuição a minha vida profissional;

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo - FAPESP, pela concessão de bolsa de estudo.

A todas as pessoas que auxiliaram de alguma forma na realização deste trabalho e que de alguma forma fez parte da minha história.

SUMÁRIO

	Página
CAPÍTULO I	01
CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	02
Literatura Citada.....	10
 CAPÍTULO - II.....	14
VALOR NUTRITIVO, PELA TILÁPIA DO NILO, DO FARELO DE NABO FORRAGEIRO	
Resumo.....	15
Abstract.....	16
Introdução.....	17
Material e Métodos.....	18
Resultados.....	21
Discussão.....	22
Conclusão.....	24
Referências.....	25
 CAPÍTULO - III.....	30
DESEMPENHO PRODUTIVO DE TILÁPIAS DO NILO ARRAÇOADAS COM DIETAS CONTENDO FARELO DO NBO FORRAGEIRO	
Resumo.....	31
Abstract.....	32
Introdução.....	33
Material e Métodos.....	34
Resultados.....	37
Discussão.....	39
Conclusão.....	42
Literatura Citada.....	43
 CAPÍTULO - IV.....	48
Considerações Finais.....	49

Capítulo - I

Considerações Iniciais

A aquicultura tem se destacado mundialmente pelo seu rápido crescimento, em relação a outros setores da produção animal. Dados da FAO (2006) demonstram que este aumento na produção incluindo peixes, crustáceos e moluscos corresponderam a 3,9% em 1970 e 33,0% em 2005.

O crescimento do setor vem sendo acompanhado pelo aumento na demanda de rações (Gatlin et al., 2007). Assim, o desenvolvimento de ingredientes que promovam a produção tecnológica e sustentável de peixes, sem comprometer o desempenho produtivo será prioridade nos próximos anos (Thiessen, 2004).

Mundialmente, a farinha de peixe é adotada como fonte de proteína em dietas para peixes, principalmente para peixes carnívoros, devido ao seu alto conteúdo de proteína, balanceamento de aminoácidos essenciais, ótima fonte de ácidos graxos essenciais, energia digestível, minerais e vitaminas (Tacon, 1993). Entretanto, a produção de farinha de peixe é limitada em aproximadamente seis a sete milhões de toneladas/ano e este nível de produção permanecerá estável pelos próximos dez anos (New, 1999).

A tilápia-do-Nilo é a segunda espécie mais cultivada no mundo (Clement & Lovel, 1994). É considerada onívora, se alimenta de fontes vegetais e animais, e apresenta adaptações morfológicas e fisiológicas que incluem dentes faringianos, pH estomacal baixo (<1,5) (Stickney, 1997), e intestino longo (Kubarik, 1997) o que proporciona a utilização eficiente de dietas com elevados níveis de carboidratos.

As rações comerciais para tilápias possuem alta participação dos ingredientes protéicos por possuírem teores de proteína entre 25,0 e 40,0% , o que onera em mais de 50% do custo total da ração. O farelo de soja apresenta vários fatores antinutricionais, como inibidores de proteases, lectinas, goitrogênicos, antivitaminas, saponinas, taninos, fitoestrogenos, fatores de flatulência, alergênicos e fitato (Liener, 1994), além de baixos valores de aminoácidos sulfurados, principalmente metionina, e baixo teor de fósforo disponível (El-Sayed, 1999).

A indústria brasileira de alimentação animal utiliza cerca de 60,0% da produção de milho e 20,0% de soja produzida no país. Segundo Butolo (2002) a demanda de ingredientes para produção de rações em todo o Brasil é de aproximadamente 44

milhões de toneladas. Neste contexto, alternativas de fontes protéicas deverão ser estudadas para compor as rações para animais.

Com a crescente expansão da aquicultura, muitos estudos foram direcionados para a substituição da farinha de peixe por fontes protéicas vegetais, incluindo o farelo de soja (Shiau et al., 1989; Wee & Shu, 1989), glúten de milho (Wu et al., 1995), farelo de canola (Davies et al., 1990), e farelo de algodão. No entanto, a substituição completa da farinha de peixe por ingredientes protéicos vegetais tem resultado em redução no desempenho produtivo dos peixes (Mbahinzirek et al., 2001; Sklan et al., 2004).

Borgeson et al. (2006) estudaram os efeitos da substituição da farinha de peixe pelas misturas de farelo de soja, glúten de milho, concentrado protéico de ervilha e concentrado protéico de canola no desempenho produtivo da tilápia-do-Nilo. Esses autores concluíram que a mistura com vários ingredientes, proporcionou melhores resultados.

É importante o conhecimento do valor nutritivo dos alimentos empregados na formulação de rações para peixes. Entretanto, somente conhecer os valores de nutrientes totais, não basta para a formulação de dietas que atendam suas exigências. Faz-se necessária a realização de ensaios biológicos a fim de conhecer a digestibilidade do alimento, definida por Andrigueto et al. (1982) como a habilidade com que o animal digere e absorve os nutrientes e a energia contidos no mesmo. A determinação da digestibilidade dos nutrientes de uma matéria-prima é o primeiro cuidado quando se pretende avaliar seu potencial de inclusão numa dieta para peixes (Cho, 1987).

Vários são os fatores que influenciam os coeficientes de digestibilidade dos alimentos em peixes. Dentre estes, destacam-se a metodologia utilizada para a coleta de fezes, a espécie e a idade do peixe, a composição do alimento, a salinidade e a temperatura da água e o tipo de processamento do alimento (Pezzato et al., 2004).

O nabo forrageiro (*Raphanus sativus* var. *Oleiferus*), originário da Ásia Oriental e Europa, é pertencente à família *Brassicaceae*, da ordem *Caprales* e apresenta ciclo anual de inverno. É uma planta herbácea, ereta e muito ramificada. Atinge de 1,0 a 1,8 m de altura e o fruto é uma siliqua indiescente, de 3,0 a 5,0 cm de comprimento, contendo de duas a dez sementes, com massa de 1000 grãos variando de 6,0 a 14,0 g, com média de 11,0 g, de coloração marrom clara até avermelhada (Derpsch & Calegari, 1992).

A reprodução da espécie se dá por fecundação cruzada, denominada alógama. É uma planta de fácil cruzamento com espécies da mesma família, com longo período de floração, sendo bastante útil à criação de abelhas, com elevada produção de mel de boa qualidade (Derpsch & Calegari, 1992). Caracteriza-se por possuir maior adaptabilidade do que as culturas da colza, mostarda e outras Brassicaceae, podendo ser cultivado numa ampla faixa de clima, do tropical ao temperado, com bom desenvolvimento vegetativo, favorecendo a floração, em temperaturas relativamente baixas. A cultura se adapta bem em solos arenosos, e solos de média fertilidade, porém corrigidos com calcário e fósforo (Calegari, 1990; Derpsch & Calegari, 1992).

A maturação das siliques é muito heterogênea, ocorrendo entre 150 e 200 dias após a semeadura, podendo ser colhida manualmente, ou em colhedora automotriz, utilizada para cereais. A produção de grãos varia entre 300 e 450 kg há⁻¹ (Derpsch & Calegari, 1992).

O nabo forrageiro possui de 30,0 a 43,0% de óleo contido no grão (Cultura, 2003), sendo classificado como espécie oleaginosa, e aproximadamente 40% de proteína bruta no farelo. Cultivares e híbridos de girassol possuem teores de óleo no grão variando de 30,0 a 55,0% e teores de proteína bruta no farelo por volta de 50,3% (Câmara & Heiffig, 2001). A canola com teor variando de 40,0 a 46,0% de óleo no grão, tem sido muito usada em países da Europa, por apresentar excelentes qualidades nutricionais no óleo e no farelo com aproximadamente 44,0% de proteína bruta (Canola, 1992). O algodão contém teor de óleo no grão variando de 16,0 a 20,0% e o farelo apresenta 46,0% de proteína. A soja apresenta no grão teor de óleo entre 18,0 e 20,0 %, e no farelo aproximadamente 45,0% de proteína bruta.

O biodiesel é um combustível obtido a partir de fontes renováveis, óleos vegetais puros ou resíduos de gorduras animais, por meio de uma reação química denominada reação de transesterificação, na qual participam os ácidos graxos presentes nas matérias-primas, um álcool de baixo peso molecular (metanol ou etanol) e um catalisador apropriado. O éster etílico ou metílico resultante de tal reação, quando utilizado como combustível, é chamado de biodiesel (Plá, 2002).

Domingos (2005) estudou o processo de etanólise em meio alcalino do óleo bruto de nabo forrageiro. A análise da composição em ácidos graxos do óleo evidenciou a presença dos ácidos graxos: oléico (34,5%), linoléico (17,8%), erúico (16,3%),

linolênico (12,5%), gadoléico (10,0%), palmítico (5,7%), esteárico (2,2%) e araquidônico (0,97%). Os resultados obtidos comprovam a viabilidade técnica de produção de ésteres etílicos de óleo bruto de nabo-forrageiro, por meio de um processo para a transesterificação em meio alcalino e que essa técnica pode ser adotada na agricultura familiar para produção de biodiesel.

Da industrialização do nabo forrageiro obtém-se, como produto principal, o óleo e, como subproduto, a torta ou farelo. O farelo de nabo forrageiro apresenta alto teor protéico (em torno de 40,0%), com potencial para compor a ração animal como sucedâneo do farelo de soja (Cultura, 2003). Entretanto, poucos estudos foram dirigidos no sentido de avaliar os efeitos de sua presença em dietas para os animais.

O valor nutricional de um alimento depende principalmente de seu conteúdo em nutrientes, e da sua disponibilidade biológica. Depende ainda, da presença e dos níveis de substâncias tóxicas e/ou antinutricionais, as quais podem alterar essa composição ou tornar indisponíveis esses nutrientes (Pezzato, 1995).

Durigan (1989) relatou que é difícil o estudo específico dos fatores antinutricionais que se apresentam nos alimentos e que muitas pesquisas são necessárias, pois o grau de dificuldade é exacerbado por encontrarem-se diferentes substâncias num mesmo ingrediente.

O termo antinutricional implica em substância com capacidade de alterar o aproveitamento dos nutrientes contidos nos alimentos. Os fatores antinutricionais tornam indisponíveis os nutrientes de um ingrediente ou parte desses, diminuem a sua digestibilidade ou metabolismo e/ou reagem de forma antagônica, afetando, portanto o seu valor nutritivo (Chubb, 1982). Além desses prejuízos, podem alterar a fisiologia do peixe, diminuir o apetite e o desempenho produtivo e, em alguns casos, determinar a morte quando utilizados por períodos prolongados. Os fatores antinutricionais classificam-se em endógenos ou exógenos. Os primeiros estão relacionados com substâncias tóxicas ou antinutricionais de ocorrência natural nos ingredientes; enquanto que os exógenos referem-se aos contaminantes químicos ou biológicos presentes num determinado produto (agrotóxicos, toxinas, fungos) (Chubb, 1982).

Os fatores antinutricionais endógenos, presentes na sua grande maioria em ingredientes de origem vegetal, prejudicam a inclusão do mesmo na formulação de uma ração (Liener, 1980; INPA, 1996). Dentre os mais freqüentemente citados na literatura

destacam-se as proteínas (inibidores das proteases), os glicosídeos (goitrogênicos, cianogênicos, saponinas), os fenóis (gossipol e taninos) e, outros (antimicrobianos, antivitaminas, antienzimas, alergênicos, carcinogênicos e alguns aminoácidos).

Embora a natureza e o modo de ação dos fatores antinutricionais sejam diferentes, todos têm a função de proteger a planta de predadores. Isso gera conflito de interesses entre a ciência vegetal e a ciência animal. Se por um lado os nutricionistas buscam um ingrediente com baixas concentrações de fatores antinutricionais, por outro, essas plantas são mais vulneráveis às doenças e aos predadores, além de apresentarem menor produção por área.

Os vegetais crucíferos como a canola apresentam vários fatores antinutricionais incluindo ácido fítico, glicosinolatos, compostos fenólicos, ácido erúico e taninos (Bell, 1993). A maior parte do fósforo armazenado nas plantas é encontrada, principalmente, na forma de fósforo fítico, pouco disponível para os animais monogástricos.

A enzima fitase possui a capacidade de hidrolisar grupos fosfatos da molécula de ácido fítico tornando este fósforo hidrolisado disponível para o animal. Na maioria das oleaginosas e grãos de leguminosas, o ácido fítico está associado com a proteína e, concentrado dentro de inclusões subcelulares conhecidas como globóides, que estão distribuídos em todas as partes do grão. Entretanto, na semente de soja, parece não haver local específico para a concentração de ácido fítico (Ravindran et al., 1995). O fósforo fítico constitui entre 1,0 e 3,0% do peso dos grãos de cereais e de oleaginosas utilizados na alimentação animal (Cheryan, 1980).

Em sementes maduras, o ácido fítico está presente como um complexo sais de cálcio, magnésio, potássio e eventualmente proteína e amido, e este complexo ou molécula quelatada é conhecido como fitina. A adição de ácido fítico sintético (5,0 e 10,0 g/kg de ração) resultou em baixo desempenho produtivo para a carpa comum (Hossain & Jauncey, 1993).

Os taninos também constituem um dos compostos de maior relevância entre essas espécies (Griffiths et al., 1998). Os taninos estão incluídos no grupo dos polifenóis, substâncias naturais mais numerosas e extensamente distribuídas no reino vegetal (Reyes-Moreno & Paredes-López, 1993). Os taninos formam complexos com proteínas, o que os torna insolúveis e inativam as enzimas digestivas. Além disso, se

ligam a outras macromoléculas como o amido, causando a redução no valor nutricional dos alimentos (Chung et al., 1998; Guzmán-Maldonado et al., 2000). A complexação dos taninos com as proteínas é a base principal do efeito biológico e é dependente do pH. Portanto, é reversível e envolve ligações hidrofóbicas e pontes de hidrogênio (Haslan, 1966). Liener (1994) atribui aos taninos outros efeitos antinutricionais, como danos à mucosa intestinal e interferência na absorção de ferro, glicose e vitamina B₁₂.

Quintero et al. (2004) avaliaram os efeitos do extrato de tanino de barbatimão na digestibilidade dos nutrientes em rações para tilápias do Nilo, nas concentrações de 0,0; 0,23; 0,46; 0,69; 0,92; 1,3; 1,82% de taninos totais. Os resultados demonstraram que a presença de tanino em concentrações iguais ou maiores a 0,46% na ração, interfere na digestibilidade da MS, PB, e que a digestibilidade do EE ficou significativamente comprometida a partir das concentrações de 0,23% de taninos.

Geralmente os glicosinolatos não são tóxicos em sua forma natural. Entretanto, os produtos de sua hidrólise, pela ação da enzima tioglicosidase (isotiocinatos, tiocinatos e nitritos) quando são liberados, podem causar efeitos prejudiciais aos animais (Duncan, 1991).

Esta enzima está presente junto aos glicosinolatos e durante o processamento das sementes, para extração de óleo, produz a degradação dos glicosinolatos. Tal processo libera glicose, isotiocianetos, nitritos e goitrinas que podem interferir no tamanho, estrutura e função da glândula tireóide, inibindo a síntese e secreção dos hormônios tireoideanos, resultando em redução da eficiência alimentar e ganho de peso (Duncan, 1991).

Estes antinutrientes estão presentes em plantas pertencentes à família das crucíferas, como o nabo forrageiro. A presença de glicosinolatos intactos no alimento tem sido correlacionada com a ocorrência de hemorragia hepática em galinhas poedeiras. Os nitritos têm sido associados a danos teciduais e aumento nos pesos de fígado e rins de aves e, os isotiocinatos podem afetar o funcionamento da glândula tireóide (Duncan, 1991).

Os glicosinolatos são os principais antinutrientes presente na farinha de colza (*Brassica spp*) e torta de mostarda, que são fontes alternativas utilizadas na alimentação de peixes. No entanto, geneticistas têm trabalhado no intuito de desenvolver variedades

melhoradas (conhecidas como canola) a fim de reduzir a quantidade de glicosinolatos presente na semente (menor que 3,0 mg).

Higgs et al. (1982) em estudo com juvenis de *Chinook salmon*, avaliaram dietas contendo farinha de colza e a farinha de canola. Estes autores observaram que a farinha de colza afetou a estrutura da tireóide, enquanto a farinha de canola não afetou. A tireóide dos peixes afetados foi caracterizada por clara hiperplasia e hipertrofia folicular indicando alta atividade tireoideana, no sentido de manter os níveis sanguíneos hormonais de T_3 e T_4 .

Anormalidades semelhantes foram observadas, por Hossain & Jancey (1989) em carpas (*Cyprinus carpio*) alimentadas com dieta contendo 3,3 g de glicosinato purificado/kg e, em tilápia (*O. mossambicus*), alimentadas com dieta contendo 2,5 g de glicosinato purificado/kg (Davies et al., 1990). A ingestão, por trutas arco-íris, de quantidades muito altas de glicosinolatos (19,3 $\mu\text{mol/g}$ na dieta), resultou em significativo comprometimento do crescimento (Burel et al., 2000).

O conteúdo de glicosinolatos presentes em alguns alimentos pode ser reduzido por meio de tratamento térmico. Segundo Burel et al. (2000), o tratamento térmico (cozimento) associado à umidade e pressão reduziu de 40 para 26 $\mu\text{mol/g}$ a quantidade de glicosinato da farinha de colza. Davies et al. (1990) observaram que o farelo de colza pode substituir em até 15% a farinha de peixe ou o farelo de soja em dietas para *O. mossambicus*, pois altos níveis resultam em redução no desempenho e conversão alimentar, devido ao alto conteúdo de glicosinolatos.

Pouco se sabe a respeito da presença e quantidade de fatores nutricionais do farelo de nabo forrageiro e de seus efeitos no metabolismo dos peixes. No entanto, a quantidade dessas substâncias nesse farelo pode apresentar-se reduzida, devido ao processamento industrial a que é submetida para a extração de seu óleo. Segundo Burel et al. (2000) o processamento térmico reduz a quantidade de glicosinolatos nas sementes.

Com o crescente interesse na produção de biodiesel, por questões ambientais e sociais, muitos estudos deverão ser voltados para a utilização e avaliação nutricional dos subprodutos das oleaginosas utilizadas para tal finalidade. Em função da quantidade de óleo presente na semente do nabo forrageiro, seu farelo se apresenta como fonte alternativa promissora de proteína para nutrição animal.

Nessa dissertação estão apresentadas duas pesquisas que se encontram no capítulo II de acordo com as normas para publicação na revista *Acta scientiarum - Animal Science* e no capítulo III de acordo com as normas para publicação na **Revista Brasileira de Zootecnia**. Na primeira pesquisa, intitulada **Valor nutritivo, pela tilápia-do-Nilo, do farelo de nabo forrageiro** estão apresentados os valores de nutrientes e energia digestíveis do farelo de nabo forrageiro. Na segunda pesquisa, intitulada **Desempenho produtivo da tilápia-do-Nilo arraçoada com dieta contendo farelo de nabo forrageiro** estão apresentados os parâmetros de desempenho produtivo composição química do filé da tilápia-do-Nilo alimentada com dietas contendo níveis crescentes de inclusão do farelo de nabo forrageiro, em substituição a proteína do farelo de soja.

Literatura Citada

- ANDRIGUETO, J.M. et al. **Nutrição Animal**. Vol. 1, Ed. Universidade do Paraná-PR, Nobel. 1982, 395p.
- BELL, J.M. Factors affecting the nutritional value of canola meal: a review. **Canadian Journal Animal. Science.**, v.73, p.679–697, 1993.
- BORGESON, T.L. et al. Effect of replacing fishmeal and oil with simple or complex mixtures of vegetables ingredients in diets fed to Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Aquaculture Nutrition**, v.12, p.141-149, 2006.
- BUREL, C. et al. Dietary low glucosinolate rapeseed meal affects thyroid status and nutrient utilization in rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. **British Journal Nutrition**, v.83, p.653–664, 2000.
- BUTOLO, J.E. **Qualidade de ingredientes na alimentação animal**. Botucatu/ SP: Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia – UNESP, 2002. 430p.
- CALEGARI, A. Plantas para adubação verde de inverno no sudoeste do Paraná. Londrina: IAPAR, 1990. 37 p. (Boletim técnico, 35).
- CAMARA, G.M.S.; HEIFFIG, L.S. Girassol: Importância, usos, planta vantagens da cultura. In: **O agronegócio das plantas oleaginosas**. Piracicaba: ESALQ/LPV, 2001. cap. 9, p.153-180.
- CANOLA: novidade no campo. **Manchete Rural**, Rio de Janeiro, p.23-24, set. 1992.
- CHERYAN, M. Phytic acid interactions in food systems. **Food Science Nutrition.**, v.13, p.297–335, 1980.
- CHO, C.H. La energia en la nutrición de los peces. In: **Nutrición en Acuicultura II**. Ed. J.Espinosa de los Monteros y U. Labarta, Madrid-España. 197-237. 1987.
- CHUBB, L.G. **Anti-nutritive factors in animal feedstuffs**. In: HARESTING, W. Studies in agricultural and food science butterworths. Recent Advances in Animal Nutrition., p.21-37, 1982.
- CHUNG, K.T. et al. Tannins and human health: a review. Critical Reviews. **Food Nutrition**, Amherst, v.38, n.6, p.421-464, 1998.
- CLEMENTE, S.; LOVELL, R.T. Comparison of processing yield and nutrient composition of culture Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) and channel catfish (*Ictalurus punctatus*). **Aquaculture**, v.119, p.299-310, 1994.

- CULTURA DO NABO FORRAGEIRO. **Circular Técnico Cati**;1 2003. Disponível em: < www.cati.sp.gov.br >. Acesso em: 10 de agosto. 2007
- DAVIES, S.J. et al. Potential of rapeseed meal as an alternative protein source in complete diets for tilapia *Oreochromis mossambicus*. **Aquaculture**, v.87, p.145–154, 1990.
- DERPSCH, R.; CALEGARI, A. Plantas para adubação verde de inverno. Londrina: Iapar, 1992, p.80 (Circular, 73).
- DOMINGOS, A.K. **Otimização da Etanolise do Óleo de *Raphanus sativus* L. e Avaliação de sua Estabilidade à Oxidação**. Curitiba, 2005. 110p. Dissertação (Mestrado em Química), UFPR.
- DUNCAN, A.J. Glucosinolates. In: D’Mello, F.J.P.; Duffus, J.P.; Duffus, C.M. Eds, **Toxic Substances in Crop Plants**. The Royal Society of Chemistry, Thomas Graham House, Science Park, Cambridge CB4 4WF, Cambridge, p.126–147, 1991.
- DURIGAN, J.F. Fatores antinutricionais em alimentos. In: SIMPÓSIO “**Interface nutrição agricultura**”, Piracicaba. Proceedings... Piracicaba, Brasil: FEALQ/ESALQ-USP, p.155-225, 1989.
- EL-SAYED, A.F.M. Alternative dietary protein sources for farmed tilapia, *Oreochromis* spp. **Aquaculture**, v.179, p.149–168, 1999.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). Fishery Information, Data and Statistics Unit Estadísticas de pesca. Producción de acuicultura. Rome/Roma, FAO. Vol. 98/2, p. 199, 2006.
- GATLIN, D.M. et al. Expanding the utilization of sustainable plant products in aquafeeds: a review. **Aquaculture Research**, v.38, p.551-579, 2007
- GRIFFITHS, D.W. et al. Antinutritional compounds in the *Brassicaceae*: analysis, biosynthesis, chemistry and dietary effects. **Journal of Horticultural Science and Biotechnology**, Invergowrie, v.73, n.1, p.1-18, 1998.
- GUZMÁN-MALDONADO, S.H. et al. Protein and mineral content of a novel collection of wild and weed common bean (*Phaseolus vulgaris*). **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v.80, n.13, p.1874-1881, 2000.
- HASLAN, E. Chemistry of vegetable tannic. New York: Academic, 1966. 179 p.
- HIGGS, D.A. et al. Evaluation of Tower and Candle rapeseed canola meal and Bronowski rapeseed protein concentrate as protein supplements in practical dry diets

- for juvenile chinook salmon *Oncorhynchus tshawytscha*. **Aquaculture**, v.29, p.1–31, 1982.
- HOSSAIN, M.A.; JAUNCEY, K. Studies on the protein, Energy and Aminoacid digestibility of fishmeal, mustard oilcake, linseed and sesame meal for common carp *Cyprinus carpio*. **Aquaculture**, v.83, p.59–72, 1989.
- HOSSAIN, M.A.; JAUNCEY, K., 1993. The effect of varying dietary phytic acid, calcium and magnesium levels on. the nutrition of common carp, *Cyprinus carpio*. In: Kaushik, S.J., Luquent, P. Eds., **Fish Nutrition in Practice**. Proceedings of International Conference, Biarritz, France, June 24–27, 1991, pp. 705–715.
- INTITUTO NACIONAL DE PESCA Y ACUICULTURA – INPA. **Fundamentos de nutrición y alimentación en acuicultura**. Bogotá: INPA. 343p, 1996.
- KUBARIK, J. Tilapia on highly flexible diets. **Feed International**, v.6, p.16-18, 1997.
- LIENER, I.E. Implications of antinutritional components in soybean foods. Critical Reviews. **Food Science and Nutrition**, Cleveland, v.34, n.1, p.31-67, 1994.
- LIENER, I.E. Toxic constituents of plants feedstuffs. N.Y. Academic Press, p.502, 1980.
- MBAHINZIREK, G.B. et al. Growth, feed utilization and body composition of tilapia (*Oreochromis sp.*) fed with cottonseed meal-based diets in a recirculating system. **Aquaculture Nutrition**, v.7, p.189–200, 2001.
- NEW, M. Global Aquaculture: current trends and challenges for the 21st century. **World Aquaculture**, v.30, p.8-13, 1999.
- PEZZATO L.E. Alimentos convencionais e não-convencionais disponíveis para indústria da nutrição de peixes no Brasil. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE NUTRIÇÃO DE PEIXES E CRUSTÁCEOS. Campos do Jordão. Proceeedings... Campos do Jordão, Brasil: CBNA, p.33-52. 1995.
- PEZZATO, L.E. et al. Nutrição de Peixes. In: CYRINO, J.E.P. et al. TÓPICOS ESPECIAIS EM PISCICULTURA DE ÁGUA DOCE TROPICAL INTENSIVA. São Paulo: Aquabil, v.1, p.75-170, 2004.
- PLÁ, J.A. Perspectivas do biodiesel no Brasil. **Indicadores Econômicos FEE**, Porto Alegre, v.30, n.2, p.179-190, 2002.

- QUINTERO, L.G.P. et al. Efeito do tanino na digestibilidade dos nutrientes da ração pela tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus*. **Acta Scientiarum**, Maringá, v.26, n.2, p.181-186, 2004.
- RAVINDRAN, V. et al. Phytates: occurrence, bioavailability and implications in poultry nutrition. **Poultry Avian Biology Review** ., v.6, p.125–143, 1995.
- REYES-MORENO, C.; PAREDES-LÓPEZ, O. Hard-to-cook phenomenon in common beans: Critical Reviews. **Food Science and Nutrition**, Cleveland, v.33, n.3, p.227-286, 1993.
- SHIAU, S.Y. et al. Replacement of fish meal with soybean meal in male tilapia *Oreochromis niloticus*=*O. aureus* fingerling diets at a suboptimal level. **Journal World Aquaculture Society**., v.204, p.230–235, 1989.
- SKLAN, D. et al. Apparent digestibility coefficients of feed ingredients and their prediction in diets for tilapia (*Oreochromis niloticus* x *Oreochromis aureus*). **Aquaculture Research**., v.35, p.358–364, 2004.
- STICKNEY, R.R. Tilapia nutrition, feeds and feeding. In: Costa-Pierce, B.A., Rakocy, J.E. eds. **Tilapia aquaculture in the Americas**. Louisiana: World Aquaculture Society. 258p, 1997.
- TACON, A.G.J., 1993. **Feed ingredients for warm water fish**. Fish meal and other processed feedstuffs, FAO Fish. Circ. No. 856, FAO, Rome, Italy, 64 pp.
- THIESSEN, D. Optimization de feed peas, canola and flaxseed for aqua feeds: the Canadian Prairie perspective. In: Cruz, S. et al.; **AVANCES IN NUTRICIÓN ACUICOLA VII**. Memorias del VII Simposium Internacional de nutrición acuicula, Hermosillo, Sonora, México, 16-19, 2004.
- WEE, K.L.; SHU, S.W. The nutritive value of boiled full-fat soybean meal in pelleted feed for Nile tilapia. **Aquaculture**, v.81, p.303–314, 1989.
- WU, Y.V. et al. Utilization of corn gluten feed by Nile tilapia. **Prog. Fish-Cult.**, v.57, p.305–309, 1995.

Capítulo - II

Valor nutritivo, pela tilápia-do-Nilo, do farelo de nabo forrageiro

Resumo – Várias oleaginosas estão sendo estudadas para a produção de biocombustíveis. O processamento do grão para a obtenção do óleo resulta numa diversidade de subprodutos, entre eles o farelo de nabo forrageiro (*Raphanus sativus*) que, por possuir alto teor protéico, se apresenta como possível sucedâneo do farelo de soja nas rações. Entretanto, faltam informações de seu valor nutritivo e da ação dos fatores antinutricionais presentes. Este estudo foi realizado na Unesp - Universidade Estadual Paulista, da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Campus de Botucatu, para determinar os coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) da matéria seca (MS), proteína bruta (PB), energia bruta (EB), aminoácidos (AA) e a disponibilidade do fósforo do farelo de nabo forrageiro, pela tilápia-do-Nilo. Empregou-se uma ração purificada (referência) e uma ração composta de 60% da ração referência e 40% do farelo de nabo forrageiro. O farelo de nabo forrageiro apresentou 91,28% de MS; 42,07% de PB, 4256 kcal/kg de EB, 3,47% de EE, 7,37% de FB, 1,25% de cálcio e 1,0% de fósforo. Os CDA foram de 55,92% para MS, 82,10% para PB, 75,26% para EB e 85,23% do fósforo. Os CDA dos AA estiveram entre 81,12% para a glicina e 95,11% para o ácido glutâmico. Os resultados demonstram que o farelo de nabo forrageiro apresenta potencial para ser usado como fonte protéica alternativa para compor a ração da tilápia do Nilo.

Palavras chave: crucíferas, fatores antinutricionais, *Oreochromis niloticus*, *Raphanus sativus*.

Fodder Radish Nutritional value for Nile tilapia

Abstract - Oil seeds have been studied to produce bio combustibles. In order to obtain oil, seed processing results in several byproducts, among them, the fodder radish meal (*Raphanus sativus*) which has high protein content. This byproduct is a potential substitute to soybean meal in feed manufacture. However, there is a lack of information regarding its nutritional value and the anti-nutritional content and effects. This study was conducted at the Veterinary Medicine and Animal Science College from Sao Paulo State University, Botucatu, to determine the apparent digestibility coefficient (ADC) of dry matter (DM), crude protein (CP), raw energy (RE), amino acids (A) and phosphorus availability. The fish were fed a purified feed (base diet) and a 60% base diet plus 40% of fodder radish meal feed. Radish meal presented 91.98% DM, 42% CP, 4256 kcal/kg RE, 3.47% Ether extract, 7.37% crude fiber, 1.25% calcium and 1.0% phosphorus. The ADC values were DM: 55.92%, CP: 82.10%, RE: 75.26% and phosphorus: 85.23%. The ADC value for AA was 81.12% for glycine and 95.11% for glutamic acid. The results presented a potential utility for radish meal as an alternative protein source for Nile tilapia feeds.

Key words: Antinutritional factors, Brassicaceae, *Oreochromis niloticus*, *Raphanus sativus*.

Introdução

Conhecer o valor nutritivo de um ingrediente é crucial na formulação de rações que propiciem o maior desempenho produtivo e, conseqüentemente, maior retorno econômico. Por meio de análises químicas são quantificados os nutrientes e a energia de um alimento, entretanto, sabe-se que os peixes apresentam exigências em aminoácidos e não em proteína bruta (Furuya et al., 2001a). Para a formulação de dietas que atendam de forma mais precisa às exigências dos peixes, tornam-se necessário conhecer os nutrientes e energia digestível dos mesmos.

As rações para peixes, disponíveis no mercado nacional, se apresentam com preços elevados. Isso se deve, principalmente, aos altos teores de proteína bruta que apresentam. Para a maioria das espécies utilizadas na produção animal, as rações são formuladas em nutrientes digestíveis, resultando em redução de custos e perdas excessivas para o meio ambiente. No sentido de minimizar os custos, têm-se buscado novas fontes protéicas que permitam a produção de peixes de forma econômica.

Para o estudo de novas fontes protéicas é importante avaliar o seu valor nutritivo em nutrientes digestíveis. A digestibilidade aparente de um alimento corresponde à quantidade de nutrientes que o animal supostamente absorve o que equivale à diferença entre a quantidade de nutrientes ingerida e a excretada. Em peixes, a digestibilidade dos alimentos pode ser obtida pelo método direto, medida pela quantidade total de fezes excretadas, ou pelo método indireto, utilizando marcador (não digestível) que possibilita a quantificação das variações dos nutrientes excretados nas fezes (Choubert, 1999).

Segundo Hepher (1988), vários fatores podem influenciar a digestibilidade dos alimentos pelos peixes. O autor cita, que os principais são: espécie, idade, condições fisiológicas, temperatura da água, salinidade, composição do alimento, quantidade de alimento ingerido e, tamanho da partícula.

A utilização de ingredientes alternativos tem sido alvo de muitos estudos. Oliveira et al. (1994) avaliaram com alevinos de tilápia do Nilo, a digestibilidade aparente da matéria seca e da proteína bruta da torta de dendê (70,3% e 91,5%) e do tegumento de cacau (64,5% e 62,9%).

Pezzato et al. (2004) em estudos com a tilápia-do-Nilo determinaram a digestibilidade aparente da energia e nutrientes de alguns alimentos alternativos sendo

seis alimentos energéticos: silagem de grão de milho úmido, aveia integral, urucum, raspa de mandioca, feno de alfafa e algaroba e cinco protéicos: soja integral, farelo de coco, leucena, levedura de álcool e soro desidratado de leite. Os autores concluíram que dentre os alimentos energéticos, a raspa de mandioca e a silagem de grão de milho úmido destacaram-se por apresentar os melhores coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) para a MS, PB e ED e dentre os alimentos protéicos os que apresentaram melhores CDA para a MS, PB e ED foram o soro de leite, a levedura de álcool e o farelo de coco, enquanto a leucena e a soja integral apresentaram os piores CDA para a MS e PB e os menores valores de ED.

Para cada ingrediente usado na formulação de rações, além do valor nutricional determinado por análise, é fundamental considerar as alterações naturais ocasionadas por fatores antinutricionais, que podem mudar drasticamente as condições de qualidade e torná-los potencialmente tóxico para os peixes (Pezzato et al., 2002). O farelo de nabo forrageiro é um subproduto da extração do óleo para a obtenção do biodiesel que apresenta cerca de 40,0% de proteína bruta, com provável potencial para compor a fração protéica da dieta animal. Entretanto, são escassas as informações sobre os resultados de sua utilização na formulação de alimentos balanceados para os peixes e pouco se sabe a respeito da assimilação dos nutrientes deste alimento pelos peixes.

Os objetivos da presente pesquisa foram determinar a composição química e os coeficientes de digestibilidade aparente de nutrientes e da energia do farelo de nabo forrageiro pela tilápia do Nilo.

Material e Métodos

Preparo das dietas experimentais

Foi elaborada uma ração referência formulada com base em proteína da albumina e da gelatina, denominada purificada (Tabela 1) segundo o Instituto de Nutrição Americano (INA, 1977). Esta ração foi utilizada com o objetivo de isolar os fatores pertinentes aos ingredientes da ração referência, que pudessem de alguma forma influenciar os valores digestíveis do farelo de nabo forrageiro. Sabe-se que esses ingredientes são altamente digestíveis e não possuem fatores antinutricionais.

Para a confecção das rações (purificada e teste), após pesagem e homogeneização dos ingredientes, foi acrescida água (55,0°C) na proporção de 22 % do peso total da ração. As misturas foram peletizadas em prensa especial para ração purificada (Ação Científica) e, secas em estufa com ventilação forçada (55,0°C/24:00 horas). Após, os péletes foram desintegrados em equipamento próprio para fracionamento (Ação Científica), para a obtenção de grânulos homogêneos com diâmetro médio de 4,0 mm.

A ração-teste foi confeccionada de forma a compor 40,0% do farelo de nabo forrageiro e 60,0% da ração purificada. Os coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) da matéria seca (MS), proteína bruta (PB), energia bruta (EB), extrato etéreo (EE), aminoácidos (AA) e a disponibilidade do cálcio e fósforo do farelo de nabo forrageiro foram determinados pelo método indireto, usando óxido de cromo-III (0,1%) como indicador inerte.

Local e sistema de coleta de fezes

O presente estudo foi conduzido na Unesp - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, no Laboratório de Nutrição de Peixes (AquaNutri), Campus de Botucatu, São Paulo.

Os peixes foram mantidos e arraçados em seis aquários de formato circular com capacidade de 250 litros, denominado sistema de alimentação. Para a coleta de fezes foram utilizados três aquários de formato cônico com capacidade de 300 litros, denominado sistema de coleta de fezes. Os quais possuem sistema de recirculação contínua de água, com filtro físico-biológico e temperatura controlada por meio de termostato. A temperatura (26,0°C) e oxigênio dissolvido (6,50 mg/L) da água dos aquários de digestibilidade e de alimentação foram mantidos por meio de aquecedores e pedra porosa acoplada a um aerador central, respectivamente.

Foram alojados 60 juvenis de tilápia do Nilo (peso médio de 100,0g) em seis tanques-rede (10 peixes/tanque-rede) de formato circular, confeccionados em tela plástica (malha de 1,50 cm entre/nós). Esses tanques-rede foram utilizados para abrigar os peixes e facilitar o manejo nos sistemas de alimentação e de coleta de fezes, proporcionando o menor estresse possível aos peixes.

Foi empregada a metodologia descrita por Pezzato et al. (2004), onde os peixes foram arraçoados fora do sistema coletor de fezes. Os peixes foram mantidos nos aquários de alimentação durante sete dias para adaptação ao sistema de digestibilidade e as rações, após esse período eles permaneceram durante o dia nos aquários de alimentação onde receberam refeições à vontade das 8 até as 17 horas, por meio de arraçoamento manual. Após, foram transferidos para os aquários de coleta de fezes, onde permaneceram até a manhã do dia subsequente. Após o período de alimentação e de coleta de fezes, foi efetuada limpeza dos aquários, para nova coleta (repetição). Foram necessários três dias de coleta de fezes (repetição/dia) para a ração referência e para a ração contendo o farelo de nabo forrageiro. Após a coleta, as fezes foram desidratadas em estufa com ventilação forçada (55,0°C/48 horas), moídas e armazenadas a -20,0°C.

Análises químico-bromatológicas

As análises químico-bromatológicas do farelo de nabo forrageiro, das rações e das fezes e a determinação da concentração de cromo, das fezes e das rações foram realizadas no Laboratório de Bromatologia do Departamento de Melhoramento e Nutrição Animal da FMVZ, UNESP – Campus de Botucatu-SP. A análise da proteína foi realizada segundo a AOAC (1995). As análises para determinação da concentração de cromo, das fezes e das rações, foram realizadas segundo Bremer Neto et al. (2005).

Cálculo dos coeficientes de digestibilidade

O coeficiente de digestibilidade aparente foi calculado com base na seguinte fórmula (Cho et al., 1985):

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

Em que:

CDA = coeficiente de digestibilidade aparente (%); %Cr₂O_{3r} = percentagem de óxido de cromo na ração; %Cr₂O_{3f} = percentagem de óxido de cromo nas fezes; %N_f = percentagem de nutriente nas fezes; %N_r = percentagem de nutriente na ração.

A digestibilidade aparente dos nutrientes do farelo de nabo forrageiro foi calculada de acordo com a seguinte fórmula:

$$CDA_N = \frac{CDA_{RT} - CDA_{RR} \cdot x}{y}$$

Em que:

CDAN = coeficiente de digestibilidade aparente de nutriente; CDART = coeficiente de digestibilidade aparente de nutrientes na ração teste; CDARR = coeficiente de digestibilidade aparente de nutrientes na ração referência; x = proporção da ração referência; y = proporção da ração teste.

Resultados

Na Tabela 2 está apresentada a composição química do farelo de nabo forrageiro e da dieta purificada. Foram determinados os teores de matéria seca, proteína bruta, energia bruta, extrato etéreo, fibra bruta, cálcio, fósforo e aminoácidos.

Os teores de matéria seca, proteína bruta e fósforo encontrados na dieta purificada se mostraram próximos aos valores utilizados para a sua formulação, portanto, adequados às exigências nutricionais da tilápia-do-Nilo. Entretanto, os valores de energia bruta se mostraram acima, enquanto os valores de cálcio se apresentaram abaixo do recomendado para essa espécie.

Foram determinados os níveis presentes de 17 aminoácidos, sendo nove essenciais e oito não essenciais. Os valores de aminoácidos essenciais encontrados no farelo de nabo forrageiro, com destaque para a lisina (1,42%) e a metionina (0,21%) que se mostraram baixos. Tais resultados se mostram semelhantes aos apresentados pela maioria das espécies de leguminosas. Dentre os aminoácidos não essenciais foi notada a ausência de cistina.

Os valores médios dos coeficientes de digestibilidade aparente do farelo de nabo forrageiro e da dieta purificada estão apresentados na Tabela 3.

Os coeficientes de digestibilidade aparente obtidos para a dieta purificada foram altos. Isso demonstra que essa dieta pode ter baixa influência na avaliação do alimento

testado. Observa-se que embora o coeficiente de digestibilidade da matéria seca tenha se revelado baixo. O farelo de nabo forrageiro apresentou altos coeficientes de digestibilidade para a proteína bruta, energia bruta e disponibilidade de fósforo.

A digestibilidade da ração purificada se mostrou alta (superior a 96,0%) para todos os aminoácidos, comprovando a qualidade dos ingredientes protéicos utilizados na confecção da dieta (albumina e gelatina). Conforme observado (Tabela 3), os coeficientes de digestibilidade apresentados pelo nabo forrageiro também foram altos para todos os aminoácidos (superiores a 80,0%).

Discussão

O teor de cálcio determinado na ração purificada de 0,25% (Tabela 2) está abaixo da exigência para a espécie que é de 0,5% de cálcio. Os teores de energia digestível e fibra bruta se revelaram acima do nível recomendado para tilápia pelo NRC (1993), que é de 3000kcal de ED/kg da dieta e 5,0%, respectivamente.

Não foram encontrados dados na literatura a respeito da composição química do farelo da semente de nabo forrageiro. O teor de 91,28% de matéria seca apresentado pelo farelo de nabo forrageiro se mostra excelente para o armazenamento. O teor 42,07% para a proteína bruta e, de 4256 kcal de energia bruta/kg, se mostra semelhante ao encontrado no farelo de soja. Esses valores podem ser considerados semelhantes aos obtidos (89,88% de MS, 37,51% de PB e 4125 kcal de EB/kg) por Furuya et al. (2001b) para o farelo de canola, leguminosa da mesma família do nabo forrageiro.

Como a maioria dos alimentos de origem vegetal, o farelo de nabo forrageiro apresenta baixos valores de aminoácidos (Tabela 2), principalmente os essenciais (0,21% de metionina e 1,42% de lisina). Segundo Guimarães (2006) esses aminoácidos também se mostram limitantes para o farelo de soja (0,53% de metionina e 3,97% de lisina).

Os ingredientes protéicos de origem vegetal, geralmente apresentam níveis dos aminoácidos limitantes menores que aqueles presentes nos alimentos de origem animal. Quando comparado à farinha de peixe, o feijão mexicano "*Sesbania aculeata*" apresenta, segundo Hossain et al. (2002), valores mais baixos de aminoácidos quando avaliado como fonte protéica alternativa.

Os coeficientes de digestibilidade da dieta purificada foram de 81,70% para a matéria seca, 96,68% para a proteína bruta, 84,09% para a energia bruta e a disponibilidade do fósforo foi de 83,14% (Tabela 3). Esses valores digestíveis se mostraram semelhantes aos encontrados, com essa mesma espécie também com dieta purificada, por Furuya et al. (2001b). Estes autores encontraram coeficientes de digestibilidade de 83,57% para a matéria seca; 94,14% para proteína bruta e, 82,42% para energia bruta.

Conforme pode ser observado na Tabela 3, o farelo de nabo forrageiro apresentou digestibilidade para matéria seca de 55,92%, para proteína bruta de 82,10%, energia bruta de 75,26% e, disponibilidade de fósforo de 85,23%.

Hasan et al. (1997) determinaram os coeficientes de digestibilidade aparente, pela carpa comum, dos farelos de mostarda, linhaça, amendoim, coco e de leucena, verificando que os coeficientes de digestibilidade variaram de 88,05 a 95,34% para matéria seca, de 24,6 a 59,01% para proteína bruta, de 1,73 a 11,84% para extrato etéreo e, de 7,44 a 21,92% para fibra bruta. Thiessen et al. (2003) utilizando juvenis de truta arco-íris, encontraram coeficientes de digestibilidade para a ervilha: 42,1% para a matéria seca, 90,2% para proteína bruta, 14,3% para o amido e, 54,6% para energia bruta. Os autores destacaram que o processamento melhorou significativamente a digestibilidade desse alimento.

Os efeitos do processo de extrusão na digestibilidade da ervilha, linhaça e do farelo de canola foram determinados, com o *silver perch*, por Allan & Booth (2004). Segundo estes autores, a extrusão não melhorou a digestibilidade da matéria seca, proteína bruta e energia bruta que foram de 61,01; 84,78 e 72,93%, respectivamente, para o farelo de canola não extrusado e; 48,42; 83,47 e 61,18%, respectivamente, para o farelo de canola extrusado.

Os coeficientes de digestibilidade dos aminoácidos apresentados pela dieta purificada foram muito altos (96,13%). Na presente pesquisa a digestibilidade revelada pelos aminoácidos essenciais e não essenciais, foram superiores aos obtidos por Furuya et al. (2001a), também com dieta purificada. Para o farelo de nabo forrageiro (FNF) o menor CDA foi apresentado pela alanina (80,16%), enquanto os maiores valores de digestibilidade foram do ácido glutâmico (95,11%) e arginina (93,58%). Esses altos coeficientes demonstram que embora sendo baixos os teores desses aminoácidos no

nabo forrageiro, estes são bem digestíveis pela tilápia-do-Nilo (Tabela 3).

Fagbenro (1998) avaliou, com a tilápia-do-Nilo, a digestibilidade de vários farelos de leguminosas. Esse autor obteve coeficientes de digestibilidade aparente dos aminoácidos do feijão mucuna (*Mucana utilitis*) entre 78,50 e 87,9%; para o feijão alado (*Psophocarpus tetragonolobus*) entre 68,40 e 82,5%; para o feijão da Nigéria (*Parkia filicoidea*) entre 65,80 e 89,9%; entre 63,60 e 83,20% para o feijão de porco (*Canavalia ensiformis*), 67,40 e 96,40% para a soja (*Glicine max*); 77,0 e 86,7% para o feijão comum (*Phaseolus lunatus*) e, entre 63,20 e 91,30% para o feijão guandu (*Cajanus cajan*).

Tal resposta pode ser atribuída ao processo industrial de extração de óleo (extrusão) aplicado ao nabo forrageiro que foi utilizado nessa pesquisa. Assim, a extrusão deve ter inibido parte significativa dos antinutricionais contidos nesse alimento. Na presente pesquisa, dentre os aminoácidos essenciais do farelo de nabo forrageiro, a arginina foi um dos que apresentou maior digestibilidade. Tais resultados concordam com os obtidos por Anderson et al. (1992) quando avaliaram o farelo de colza com o salmão do Atlântico e, por Yamamoto et al. (1997) com a truta arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*).

Conclusão

Os coeficientes de digestibilidade aparente obtidos no presente estudo, demonstraram que o farelo de nabo forrageiro se apresenta como provável sucedâneo ao farelo de soja em rações para tilápia-do-Nilo.

Referências

- ALLAN, G.L.; BOOTH, M.A. Effects of extrusion processing on digestibility of peas, lupins, canola meal and soybean meal in silver perch (*Bidyanus bidyanus*) diets. *Aquaculture Research*, v.35, p.981-991. 2004
- ANDERSON, J.S. et al. Apparent and true availability of amino acids from commom feed ingredients for Atlantic salmon (*Salmo salar*) reared in sea water. *Aquaculture*, v.108, p.111-114, 1992.
- AOAC. *Official Methods of Analysis*. 16 ed. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA. 1995.
- BREMER NETO, H. et al. Determinação de rotina do crômio em fezes, como marcador biológico, pelo método espectrofotométrico ajustado da 1,5-difenilcarbazida. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.35, n.3, p.691-697, 2005.
- CHO, C.Y. et al. *Finfish nutrition in Ásia: methodological approaches to research and development*. 1. ed. Ottawa: IDRC, 154p, 1985.
- CHOUBERT, G. Nutrient digestibility in fish: Methodological aspects. *Cybiu*, v.23, n.1, p.113-125, 1999.
- FAGBENRO, O.A. Apparent digestibility of various legume seede meals in Nile tilapia diets. *Aquaculture International*, v.6, p.83-87, 1999.
- FURUYA, W.M. et al. Coeficientes de digestibilidade e valores digestíveis de alguns ingredientes para tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.30, n.4, p.1143-1149, 2001a.
- FURUYA, W.M. et al. Digestibilidade aparente e nutrientes digestíveis do farelo de canóla pela tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.30, n.3, p.611-616, 2001b.
- GUIMARÃES, I.G. *Digestibilidade aparente, pela tilápia do Nilo (Oreochromis niloticus), de alimentos extrusados*. 2006. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2006.
- HASAN, M.R. et al. Evaluation of some plant ingredients as dietary protein sources for common carp (*Cyprinus carpio*) fry. *Aquaculture*, v.108, p.57-70, 1997.
- HEPHER, B. *Nutrition of Pond Fishes*. 1. ed. Cambridge University Press, New York, 388p. 1988.

- HOSSAIN, M.A. et al. Nutritional evaluation of dhaincha (*Sesbania aculeata*) seeds as dietary protein source for tilapia *Oreochromis niloticus*. *Aquaculture Research*, v.33, p.653-662. 2002.
- INA. Report of the American Institute of Nutrition ad hoc committee on standards for nutritional studies. *Journal Nutrition*, Philadelphia, v.107, p.1340-1348, 1977.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NAS/NRC. *Nutrient requirements of warm water, fishes and shellfishes: nutrient requirements of domestics animals*. Washington, 102p, 1993.
- OLIVEIRA, M.C.B.; BARROS, M.M.; PEZZATO, L.E.; DEL CARRATORE, C.R. Coeficiente de digestibilidade aparente da torta dendê e tegumento de cacau em tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). In: SIMBRAq - VIII Simpósio Brasileiro de Aquicultura. Piracicaba-SP. Resumos, p.59. 1994.
- PEZZATO, L.E. et al. Digestibilidade aparente de ingredientes pela tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.31, n.4, p.1659-1604, 2002.
- PEZZATO, L.E. et al. Digestibilidade aparente da matéria seca e da proteína bruta e a energia digestível de alguns alimentos alternativos pela tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). *Acta scientiarum*, Maringá, v.26, n.3, p. 329-337, 2004.
- THIESSEN, D.L. et al. Digestibility and growth performance of juvenile rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed with pea and canola products. *Aquaculture nutrition*, v. 9, p.67-75, 2003.
- YAMAMOTO, T. et al. Apparent availabilities of amino acids and minerals from several protein sources for fingerling rainbow trout. *Fisheires Sci.*, v.63, n.6, p.995-1001, 1997.

Tabela 1. Composição percentual da dieta purificada (Valores percentuais com base na matéria natural).

Ingrediente	%
Albumina	30,20
Gelatina	5,00
Amido	45,88
Celulose	6,00
Óleo de peixe	2,50
Óleo de soja	3,00
Vitamina C (1)	0,05
Fosfato bicálcico	6,65
Sal comum	0,10
Suplemento mineral e vitamínico (2)	0,50
BHT (antioxidante) (3)	0,02
Cr ² O ³ (óxido de crômio-III)	0,10
Total	100,00

1 Vitamina C: sal cálcica 2-monofosfato de ácido ascórbico, 42% de princípio ativo;

2 Suplemento mineral e vitamínico (Composição/kg de produto): Vit. A=1.200.000 UI; vit. D3=200.000 UI; vit. E=12.000 mg; vit. K3=2.400 mg; vit. B1=4.800 mg; vit. B2=4.800 mg; vit. B6=4.000 mg; vit. B12=4.800 mg; ác. fólico=1.200 mg; pantotenato de cálcio =12.000 mg; vit. C=48.000 mg; biotina =48 mg; colina =65.000 mg; ácido nicotínico =24.000 mg; Fe=10.000 mg; Cu=600 mg; Mn=4.000 mg; Zn=6.000 mg; I=20 mg; Co=2 mg e Se=20 mg;

3 Butil-Hidroxi-tolueno (Antioxidante).

Tabela 2. Composição química da dieta purificada e do farelo de nabo forrageiro (Valores percentuais analisados com base na matéria natural).

	Dieta purificada	Nabo forrageiro (Farelo)
Matéria seca	93,07	91,28
Proteína bruta	30,24	42,07
Energia bruta	4566	4256
Extrato etéreo	2,51	3,47
Fibra bruta	5,8	7,37
Cálcio	0,25	1,25
Fósforo	0,90	1,00
Alanina	2,16	1,97
Arginina	1,17	1,82
Ácido aspártico	2,25	2,24
Glicina	1,40	1,28
Isoleucina	1,02	1,14
Leucina	1,64	1,95
Ácido glutâmico	2,93	5,36
Lisina	1,25	1,42
Cistina	0,40	-
Metionina	0,63	0,21
Fenilalanina	1,12	1,13
Tirosina	0,53	0,73
Treonina	1,01	1,27
Prolina	1,12	1,77
Valina	1,31	1,35
Histidina	0,43	0,78
Serina	1,35	1,16

Tabela 3. Valores médios de coeficientes de digestibilidade aparente (%) da dieta purificada, do farelo de nabo forrageiro (com base na matéria natural) e nutrientes digestíveis do farelo de nabo forrageiro.

Valor	Dieta purificada	Nabo forrageiro (Farelo)	Nutrientes digestíveis do FNF
Matéria seca	81,70	55,92	51,04
Proteína bruta	96,68	82,10	34,54
Energia bruta	84,09	75,26	3203
Fósforo	83,14	85,23	0,85
Alanina	97,22	80,16	1,58
Arginina	96,22	93,58	1,71
Ácido aspártico	97,18	88,12	1,98
Glicina	97,75	81,22	1,04
Isoleucina	97,50	84,73	0,96
Leucina	97,15	87,15	1,70
Ácido glutâmico	97,60	95,11	5,09
Lisina	97,45	86,56	1,23
Cistina	100,00	0,0	0,00
Metionina	97,67	88,17	0,19
Fenilalanina	97,66	86,91	0,98
Tirosina	97,74	88,95	0,65
Treonina	96,13	85,39	1,09
Prolina	100,00	87,37	1,54
Valina	96,97	82,62	1,12
Histidina	97,20	92,47	0,72
Serina	97,44	82,34	0,95

Capítulo - III

Desempenho produtivo da tilápia-do-Nilo arraçoada com dieta contendo farelo de nabo forrageiro

Resumo – Fontes protéicas alternativas têm sido estudadas com o intuito de reduzir os custos da ração. Essa pesquisa foi realizada na Unesp - Universidade Estadual Paulista, na Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Campus de Botucatu, São Paulo. Foram distribuídos 180 alevinos de tilápia-do-Nilo (2,0 g) em 30 aquários (90 L/cada) submetidos a um delineamento inteiramente casualizado (cinco tratamentos e seis repetições). Os peixes foram arraçoados com dietas isoprotéicas (28,0% PD) e isoenergéticas (3000 ED/kcal/kg) onde a proteína do farelo de soja foi substituída pela proteína do farelo de nabo forrageiro em 0,0; 12,5; 25,0; 50,0 e 75,0%. Após 90 dias foram determinados o desempenho produtivo e a composição química do filé. Concluiu-se que o farelo de nabo forrageiro pode substituir até 25,0% da proteína do farelo de soja, sem prejuízos ao desempenho produtivo e composição química do filé dessa espécie.

Palavras chave: crucíferas, *Oreochromis niloticus*, *Raphanus sativus*, tioglicosídeo.

Nile tilapia performance fed a fodder radish meal diet

Abstract - Alternative protein sources have been studied in order to reduce feed costs. This study was made at Veterinary Medicine and Animal Science College from the Sao Paulo State University, Botucatu. In a completely Random experimental design (five treatments and six replicates) 180 Nile tilapia fingerlings were distributed in 30 aquarium (90 L/each). The fish were fed isoprotein (28.0% DP) and isoenergetic (3000 kcal/ kg RE) diets where soybean meal was substituted by fodder radish meal at the following levels: 0.0, 12.5, 25.0, 50.0 and 75.0%. Performance and chemical composition of the fillet were determined after 90 days. It was concludes that fodder radish meal may substitute up to 25.0% of the protein from soybean meal without any interference in performance and fillet composition of Nile tilapia.

Key words: Brassicaceae, thioglycoside, *Oreochromis niloticus*, *Raphanus sativus*.

Introdução

Os índices zootécnicos de produção dos peixes estão associados à sua homeostase orgânica, com reflexos na qualidade do filé produzido. Estes resultados dependem do manejo a que são submetidos e da sua nutrição. Na natureza, as tilápias aproveitam ampla variedade de alimentos incluindo algas, ovos e larvas de peixes, zooplâncton, plantas aquáticas e detritos. Essa variedade e seleção dos ingredientes proporcionam o atendimento de suas necessidades nutricionais (Castagnolli, 1979).

Em sistemas intensivos de produção é essencial que a ração se aproxime ao máximo das exigências dos peixes, já que os materiais disponíveis no meio aquático ficam limitados à alimentação, devido principalmente às altas densidades utilizadas nesses sistemas e o alojamento geralmente em tanques-rede (Pezzato et al., 2004).

Parte considerável dos custos de produção nos sistemas aquícolas pode ser atribuída ao alimento consumido, sendo a proteína o nutriente que mais onera o custo da ração. Normalmente, esses organismos consomem entre 2,0 e 3,0% de seu peso vivo em alimento seco por dia (Stickney, 1997).

Grande diversidade de ingredientes tem sido empregada em dietas para peixes. Muitos estudos são realizados com alimentos alternativos, a fim de reduzir os custos de produção. Em estudos com alevinos de curimatá (*Prochilodus lineatus*), arraçados com dietas contendo níveis de substituição da proteína do farelo de soja pelo farelo de canola (até 100,0%), Galdioli et al. (2002) verificaram que o aumento dos níveis de inclusão acarretou redução no desempenho dos mesmos.

O nabo forrageiro é uma oleaginosa promissora para a obtenção de óleo combustível. Por meio do processamento obtêm-se o farelo que se apresenta como fonte

de proteína alimentar alternativa, por apresentar alto teor protéico.

Plantas pertencentes à família das crucíferas, como o nabo forrageiro, apresentam várias substâncias antinutricionais como os glicosinolatos, fitatos, compostos fenólicos, ácido erúico e taninos (Bell, 1993). Os glicosinolatos, quando intactos, não são tóxicos aos animais. Entretanto, os produtos da sua hidrólise, pela ação da enzima mirosinase ou tioglicosidase, podem ser prejudiciais ao metabolismo dos animais e, consequentemente, à saúde e ao desempenho produtivo (Tookey et al., 1980).

Os efeitos da utilização do farelo de nabo forrageiro nas rações de peixes, bem como, dos níveis de inclusão são desconhecidos. O objetivo da presente pesquisa foi avaliar o desempenho produtivo e a composição química do filé da tilápia-do-Nilo arraçados com dietas contendo níveis crescentes de farelo de nabo forrageiro em substituição a proteína do farelo de soja.

Material e Métodos

O presente estudo foi realizado na Unesp - Universidade Estadual Paulista, da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, no Laboratório de Nutrição de Peixes (*AquaNutri*), Campus de Botucatu, São Paulo.

Por meio dos valores dos nutrientes e energia digestíveis do farelo de nabo forrageiro (FNF) obtidos no Experimento I foram formuladas as rações contendo os diferentes níveis de FNF. A dieta controle (tratamento 1) foi formulada de forma a atender as exigências nutricionais da espécie e foi confeccionada com o farelo de soja como fonte protéica principal. Foram utilizados quatro níveis de substituição 12,5; 25,0; 50,0 e 75,0% da proteína do farelo de soja pela proteína do farelo de nabo forrageiro constituindo os tratamentos 2, 3, 4 e 5, respectivamente. As rações experimentais

também foram formuladas com base nas exigências em nutrientes e energia digestíveis para a tilápia do Nilo (NRC, 1993; Furuya et al., 2001; Pezzato et al., 2004), sendo isoenergéticas (3000 kcal ED/kg de ração), isofibrosas (5% de FB) e isoprotéicas (28,0% de PD).

Para a confecção e preparo das rações (Tabela 1), todos os ingredientes foram moídos e homogeneizados. Após esse processo foi adicionado água a 55,0°C, nas proporções de 21% para os tratamentos 1, 2 e 3 e de 15% de adição para os tratamentos 4 e 5, a fim de facilitar e melhorar a extrusão das rações, em seguida as mesmas foram secas em estufa de circulação de ar forçada a 55,0°C durante 24 horas. Posteriormente os grânulos foram fracionados em diferentes diâmetros médios (1,0 mm; 1,70 e 3,26 mm), adequando-os ao tamanho da boca dos peixes, e permaneceram armazenados a -18,0°C até sua utilização.

Foi utilizado um delineamento inteiramente casualizado, constituído de cinco tratamentos e seis repetições. Foi selecionado um lote de 180 alevinos de tilápia do Nilo revertidos sexualmente com peso médio inicial de 2,0 ($\pm 0,35$)g, os quais foram alojados aleatoriamente em 30 aquários de 90 L, seis peixes por aquário.

Os tratamentos experimentais foram casualmente distribuídos nos aquários, providos de sistema de recirculação de água, com um biofiltro para manutenção da qualidade físico-química da água. A temperatura da água foi mantida dentro da faixa de conforto térmico para a espécie (25,0 a 27,0°C), por meio de sistema de termostato digital.

Os peixes foram alimentados quatro vezes ao dia (das 8 às 17 horas) durante toda a fase experimental, e em cada horário de alimentação foi atendida a saciedade dos animais. O período experimental foi composto de 90 dias, foi mantido o fotoperíodo de

12h de luz e 12h de escuro. Foram realizadas limpezas periódicas para a retirada de fezes dos aquários por meio de sifonagens dos mesmos, resultando na renovação de aproximadamente 20,0% do volume total da água do sistema.

No início e no final do período experimental os peixes foram pesados para a avaliação dos parâmetros de desempenho produtivo que foram:

$$1) \text{ Consumo de ração (CR)} = \text{MSi(g)} / \text{Pf (g)}$$

Em que:

MSi = matéria seca total ingerida pelos peixes de um aquário durante o período experimental; Pf = peso final.

$$2) \text{ Ganho de peso (GP)} = \text{Pf} - \text{Pi}$$

Em que:

Pi = peso inicial; Pf = peso final.

$$3) \text{ Conversão alimentar aparente (CA)} = \text{MSi} / \text{GP}.$$

$$4) \text{ Taxa de eficiência protéica (TEP)} = \text{GP} / \text{PBc}$$

Em que:

$$\text{PBc} = \text{proteína bruta consumida (g)} = \text{CR} \times \% \text{ proteína digestível da dieta}$$

Para a realização da pesagem final os peixes foram anestesiados com benzocaína, na concentração de 2,0g do anestésico para 15L de água. Após a dessensibilização completa dos animais, três peixes de cada tratamento foram sacrificados, para a determinação da composição químico-bromatológica do filé segundo a AOAC (1990).

As análises químico-bromatológicas do farelo de nabo forrageiro e das rações, foram realizadas no Laboratório de Bromatologia do Departamento de Melhoramento e Nutrição Animal da FMVZ, UNESP – Campus de Botucatu-SP. A análise da proteína foi realizada segundo a AOAC (1990).

Foi adotado o delineamento experimental inteiramente casualizado, com cinco tratamentos e seis repetições, os dados foram submetidos à análise de variância e quando se constatou significância, foi aplicado o teste de comparações múltiplas de médias de Tukey (Stell e Torrie, 1984). Os dados foram analisados utilizando o programa computacional SAEG.

Resultados

Durante todo o período experimental foi mantida a qualidade da água. Foram registrados nos aquários de alimentação e de coleta de fezes os valores de temperatura ($26,0 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$), pH ($7,0 \pm 0,5$), oxigênio dissolvido ($6,2 \pm 0,5$ mg/L), dureza (5,9 mg/L), alcalinidade (13,0 mg/L) e NH_3 ($147,0$ $\mu\text{g/L}$), todos dentro dos parâmetros considerados adequados para a espécie (Boyd, 1982). Nos aquários cujos tratamentos apresentavam maiores inclusões do farelo de nabo forrageiro, notou-se a presença de partículas dissolvidas na água, o que pode estar relacionada à baixa estabilidade dessas rações.

Na Tabela 2 estão apresentados os valores médios de ingestão de matéria seca, ganho de peso, conversão alimentar, taxa de eficiência protéica e taxa de sobrevivência de tilápia-do-Nilo alimentadas com as diferentes rações. A análise estatística dos dados ($p < 0,05$) demonstrou que todos os parâmetros de desempenho foram influenciados pelos tratamentos, exceto para a taxa de sobrevivência que não diferiu estatisticamente.

Em relação ao consumo de ração, medido pelo índice de ingestão de matéria seca, verificou-se que a presença do farelo de nabo forrageiro resultou em tendência de menor consumo. Entretanto, os peixes alimentados com a ração controle (T-0%), a qual não continha o farelo de nabo, apresentaram maiores consumo de ração ($p < 0,05$) comparado aqueles do tratamento T-75% em que 75,0% da proteína do farelo de soja foi substituída

pela proteína do farelo de nabo forrageiro. Os peixes dos tratamentos T-12,5%, T-25%, T-50% e T-75%, em cujas rações a proteína do nabo forrageiro substituiu a proteína da soja em, respectivamente, 12,5; 25,0, 50,0 e 75,0%, apresentaram similares taxa de ingestão ($p>0,05$).

Os resultados estatísticos de ganho de peso e de conversão alimentar apresentaram comportamento semelhantes nos diferentes tratamentos (Tabela 2). O ganho de peso e a conversão alimentar obtido pelos peixes que consumiram as rações T-0%, T-12,5% e o T-25%, foi estatisticamente superior ($p<0,05$) aos peixes do T-75%, e o ganho dos peixes do T-50% foi semelhante estatisticamente ao T-12,5%. Observou-se que a inclusão do farelo de nabo forrageiro resultou em tendência de piores respostas de ganho de peso e conversão. Entretanto, os peixes arraçoados com a dieta T-50% tiveram semelhante ganho de peso e conversão alimentar que aqueles que receberam as dietas dos tratamentos T-12, 5% e T-75%.

As melhores ($p<0,05$) respostas da taxa de eficiência protéica foram apresentadas pelos peixes que receberam as rações dos tratamentos T-0% e T-25%. O resultado de eficiência protéica proporcionado pelo T-12,5% foi semelhante ao T-25%, enquanto os peixes arraçoados com as rações T-50% e T-75% apresentaram as piores respostas de aproveitamento da proteína dietária.

Os resultados da composição química (umidade, proteína bruta, extrato etéreo e matéria mineral) do filé dos peixes alimentados com as dietas contendo os diferentes níveis de inclusão do farelo de nabo forrageiro, em substituição a proteína do farelo de soja, estão apresentados na Tabela 3.

Pode-se observar que não existiram diferenças ($p>0,05$) nos conteúdos de proteína bruta e extrato etéreo, nos filés dos peixes arraçoados com as diferentes rações.

O teor de umidade dos filés dos peixes do tratamento controle foi semelhante a dos demais tratamentos. Entretanto, o filé dos peixes provenientes do tratamento T-25% apresentou maior teor umidade ($p<0,05$) que os filés dos peixes que receberam as rações dos tratamentos T-12,5%, T-50% e T-75%.

Os filés dos peixes dos tratamentos controle (T-0%) e T-12, 5% apresentaram semelhantes teores de matéria mineral. Observa-se, ainda, que os peixes arraçoados com as rações T-25%, T-50% e T-75% apresentaram filés com menor ($p<0,05$) teor de matéria mineral e, que esse conteúdo foi ainda semelhante ao dos peixes do tratamento T-12, 5%.

Discussão

Os resultados revelaram que a presença do nabo forrageiro tende a interferir na ingestão alimentar da tilápia-do-Nilo (Tabela 2), o que pode estar associado a diversos fatores, com destaque à palatabilidade da dieta, a qual se destaca nas plantas da família das Brassicas, a estabilidade física da ração e, a presença de fatores antinutricionais entre outros. Fenwick et al. (1982) relataram em artigo sobre a presença de glicosinolatos em alimentos vegetais, que esse fator antinutricional pode reduzir a ingestão, devido a presença dos glicosinolatos sinegrina e progoitrina, que conferem gosto amargo aos alimentos.

Nesse sentido, Glencross et al. (2007) definiram a palatabilidade como aceitabilidade para o gosto ou sabor, tornando-o agradável para ser consumido. Neste contexto, a palatabilidade interfere na ingestão do ingrediente diminuindo a sua utilização.

Observou-se piora no ganho de peso, conversão alimentar e eficiência protéica quando os peixes receberam as rações T-50% e T-75%. Entretanto, constatou-se que a proteína do farelo de nabo forrageiro pode substituir parte da proteína do farelo de soja, sem que ocorram grandes prejuízos às respostas de desempenho zootécnico da tilápia-do-Nilo. Isso confirma os resultados encontrados, em pesquisa também realizada com alevinos dessa mesma espécie, por Souza et al. (2004). Estes autores avaliaram diferentes fontes protéicas de origem vegetal e concluíram que além do farelo de soja, é possível utilizar na formulação, os farelos de canola e de girassol sem prejuízo ao desempenho dos peixes.

Galdioli et al. (2002) estudaram os efeitos da substituição de até 100,0% da proteína do farelo de soja pela proteína do farelo de canola em rações para alevinos de curimatá (*Prochilodus lineatus*). Assim como na presente pesquisa, observaram limites de inclusão da canola, pois houve redução linear no ganho de peso e na eficiência protéica e, queda linear na conversão alimentar.

Higgs et al. (1982, 1983) observaram ser possível incluir até 25,5% de farelo de canola em dietas práticas para salmões (*Oncorhynchus tsawyscha*); Hilton e Slinger (1986) a inclusão de 40,0% e Burel et al. (2001) 50,0% de canola em dietas práticas para truta arco-íris; Davies et al. (1990) recomendaram até 15,0% da ração para alevinos de tilápia mossâmbica (*Oreochromis mossambicus*), sem prejuízos às respostas de desempenho. Furuya et al. (1997) demonstraram que o farelo de canola pode substituir até 35,8% da proteína do farelo de soja na dieta e Soares et al. (2001) recomendaram substituição de até 48,1%, enquanto Gaiotto et al. (2004) até 24,0% da ração, sem prejuízos ao ganho de peso, conversão alimentar e taxa de eficiência protéica para a tilápia-do-Nilo.

Os resultados de desempenho zootécnico encontrados na presente pesquisa confirmam, ainda, os encontrados com essa mesma espécie, quando da utilização de outros alimentos protéicos de origem vegetal, detentores de diversas substâncias antinutricionais. Em pesquisas com alevinos de tilápia-do-Nilo, Chien & Chiu (2003) avaliaram o feijão lupino (*Lupinus angustifolius*); Siddhuraju & Becker (2003) a soja crua e Richter et al. (2003) com a mucuna, observaram piores respostas de crescimento, conversão alimentar e valor produtivo da proteína, alta umidade e cinzas na carcaça e baixos níveis de lipídeos e energia, pela ação dos antinutricionais presentes.

Tais respostas (Tabela 2) podem ser resultantes, também do desbalanço de aminoácidos destes alimentos, quando comparados aos contidos no farelo de soja. Em pesquisa com a tilápia-do-Nilo, AS-Goda et al. (2007) determinaram os efeitos da substituição completa da farinha de peixe pela proteína do farelo de soja extrusado, grão de soja extrusado e pelo glúten de milho. Concluíram que embora esse peixe utilize eficientemente alimentos vegetais, além dos antinutricionais, estes se mostram deficientes em três aminoácidos limitantes (arginina, histidina e treonina).

A composição química do pescado é extremamente variável e depende de vários fatores (época do ano, tipo, quantidade e qualidade do alimento, estágio de maturação sexual, idade e, parte do corpo analisada) (Castagnolli, 1979). Nesse sentido, Oetterer et al. (2004) encontraram diferenças ($p < 0,05$) na composição centesimal de filés (16,6 a 17,1%PB; 1,6 a 1,9%EE e 78,4 e 79,2%umidade); nesse mesmo sentido, Leonhardt et al. (2006) estudaram a composição do filé de tilápia-do-Nilo (linhagem tailandesa, local e cruzamento de ambas) e encontraram diferenças ($p < 0,5$) apenas para o teor de lipídeos (1,8 a 2,9%) enquanto foram similares os teores de proteína bruta (18,4 a 19,3%), em MM (1,3 a 1,4%) e umidade (75,9 a 78,1%). Os valores de composição química

apresentados neste estudo (Tabela 3) estão próximos aos obtidos pelos demais autores citados, entretanto, pode-se observar um ligeiro aumento nos valores de PB dos filés.

Conclusão

Conclui-se que o farelo de nabo forrageiro pode ser utilizado na dieta da tilápia do Nilo, em substituição de até 25,0% da proteína do farelo de soja, sem prejuízos ao desempenho produtivo e composição química do filé.

Literatura Citada

- AOAC. *Official Methods of Analysis*. 16. ed. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA. 1990.
- AS-GODA, A.M. et al. Growth performance and feed utilization of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) and tilapia galiae (*Sarotherodon galilaeus*) fingerlings fed plant protein-based diets. **Aquaculture Research**, v.38, p.827-837, 2007.
- BELL, J.M. Factors affecting the nutritional value of canola meal: a review. **Can. J. Anim. Sci.**, v.73, p.679-697, 1993.
- BOYD, C.E. *Water quality mangement for pond fish culture*. Amsterdam: Elsevier. Scientific Publishing, 1982. 730 p.
- BUREL, C. et al. Effects of rapeseed meal-glucosinolates on thyroid metabolism and feed utilization in rainbow trout. **General and Comparative Endocrinology**, v.124, n.3, p.343-358, 2001.
- CASTAGNOLLI, N. *Fundamentos de nutrição de peixes*. São Paulo: Livroceres, 1979.
- CHIEN, Y.H.; CHIU, Y.H. Replacement of soybean (*Glycine max*) meal by lupin (*Lupinus angustifolius*) seed meal in diet for juvenile tilapia (*Oreochromis niloticus* x *O. aureus*) reared indoors. **Aquaculture Research**, v.34, p.1261-1268, 2003.
- DAVIES, S.J. et al. Potential of rapeseed meal as an alternative protein source in complete diets for tilapia (*Oreochromis mossambicus*). **Aquaculture**, v.87, n.1, p.145-154, 1990.
- FENWICK, G.R., GRIFFITHS, N.M., HEANEY, R.K. Bitterness in Brussels sprouts (*Brassica oleracea* L. var. gemmifera): The role of glucosinolates and their breakdown products. **J. Sci. Food Agric.** 34, 73–80, 1982.
- FURUYA, V.R.B. et al. Farelo de canóla na alimentação de tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*), durante o período de reversão de sexo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.26, n.6, p.1067-1073, 1997.
- FURUYA, W.M. et al. Coeficientes de digestibilidade e valores digestíveis de alguns ingredientes para tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.4, p.1143-1149, 2001.
- GAIOTO, J.R. et al. Farelo de canóla para juvenis de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), linhagem chitralada. **Acta Scientiarum**, Maringá, v.26, n.1, p.15-19, 2004.
- GALDIOLI, E.M. et al. Substituição da proteína do farelo de soja pela proteína do farelo de canóla em rações para alevinos de curimbatá (*Prochilodus lineatus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.2, p.552-559, 2002.
- GLENCROSS, B.D. et al. A feed is only as good as its ingredients – a review of ingredient evaluation strategies for aquaculture feeds. **Aquaculture Nutrition**, v.13, p.17-34, 2007.
- HIGGS, D.A. et al. Evaluation of tower and candle rapeseed (canola) meal and Bronowski rapeseed protein concentrate as protein supplements in practical dry diets for juvenile Chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*). **Aquaculture**, v.29, n.1, p.1-31, 1982.
- HIGGS, D.A. et al. Protein quality of Altex canola meal for juvenile chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*) considering dietary protein and 3,5,3-triiodo-L thyronine content. **Aquaculture**, v.34, p.213-328, 1983.
- HILTON, J.W.; SLINGER, S.J. Digestibility and utilization on canola meal in practical-

- type diets for rainbow trout (*Salmo gairdneri*). **Can. J. Fish. Aquat. Sci.**, Ottawa, v.43, n.6, p.1149-1155, 1986.
- LEONHARDT, J.H. et al. Características morfológicas, rendimento e composição do filé de tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus*, da linhagem tailandesa, local e do cruzamento de ambas. **Seminário: Ciências Agrárias**, Londrina, v.27, n.1, p.125-132, 2006.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NAS/NRC. *Nutrient requirements of warm water, fishes and shellfishes: nutrient requirements of domestic animals*. Washington, 102p, 1993.
- OETTERER, M. et al. *Tecnologias emergentes para processamento do pescado produzido em piscicultura*. In: CYRINO, J.E.P. et al. Tópicos Especiais em Piscicultura de Água Doce Tropical Intensiva. São Paulo: TecArt, 2004. Cap. 15, p. 481-500.
- PEZZATO, L.E. et al. *Nutrição de Peixes*. In: CYRINO, J.E.P. et al. Tópicos Especiais em Piscicultura de água Doce Tropical Intensiva. São Paulo: Aquabil, v.1, p.75-170, 2004.
- RICHTER, N. et al. Evaluation of nutritional quality of moringa (*Moringa oleifera*) leaves as an alternative protein source for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Aquaculture**, v.217, p.599-611, 2003.
- SIDDHURAJU, P.; BECKER, K. Comparative nutritional evaluation of differentially processed mucuna seeds (*Mucuna pruriens*) on growth performance, feed utilization and body composition in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Aquaculture Research**, v.34, p.487-500, 2003.
- SOARES, C.M. et al. Substituição da proteína do farelo de soja pela proteína do farelo de canola em dietas para a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) na fase de crescimento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.4, p.1172-1177, 2001.
- SOUZA, S.R. et al. Diferentes fontes protéicas de origem vegetal para tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) durante a reversão sexual. **Acta Scientiarum**. Maringá, v.26, n. , p.21-28, 2004.
- STEEL, R.G.D.; TORRIE, S.H. *Principles and procedures of statistics: a biometrical approach*. 2. ed. Auckland: Mc Graw-Hill International, p.633, 1984.
- STICKNEY, R.R. *Tilapia nutrition, feeds and feeding*. In: Costa-Pierce, B.A.; Rakocy, J.E. eds. *Tilapia aquaculture in the Americas*. Louisiana: World Aquaculture Society. 258p, 1997.
- TOOKEY, H.L. et al. 1980. Glucosinolates in toxic constituents of plant foodstuffs. 2ed. (I.E. Liener, ed.), Academic Press, New York, pp. 103-142.

Tabela 1. Composição percentual das dietas experimentais para a fase de desempenho produtivo (com base na matéria natural).

Ingrediente	Nível de substituição (%)				
	T-0%	T-12,5%	T-25%	T-50%	T-75%
Farelo do nabo forrageiro	0,0	9,18	18,36	36,68	55,02
Farelo de soja	60,50	52,98	45,36	30,35	14,60
Farinha de peixe	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50
Milho (fubá)	9,58	7,18	3,09	0,0	0,00
Farelo de arroz	3,20	2,26	1,80	0,00	0,00
Quirera de arroz	17,03	18,98	22,49	23,84	19,70
L - lisina	0,0	0,0	0,0	0,0	0,27
DL - metionina	0,27	0,30	0,33	0,40	0,49
Triptofano	0,0	0,0	0,0	0,06	0,20
Treonina	0,0	0,0	0,0	0,0	0,08
Óleo de soja	1,10	1,30	1,20	2,15	4,01
Fosfato bicálcico	5,15	4,65	4,20	3,35	2,46
Vitamina C ⁽¹⁾	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Sal comum (NaCl)	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Suplemento min. e vit. ⁽²⁾	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
BHT (antioxidante) ⁽³⁾	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Matéria seca	96,16	96,35	96,51	96,80	96,56
Proteína digestível	28,56	28,45	28,33	28,10	28,07
Energia digestível	3000	3000	3000	3000	3000
Fibra bruta	5,01	5,00	5,03	5,04	5,24

¹ Vitamina C: sal cálcica 2-monofosfato de ácido ascórbico, 42% de princípio ativo;

² Suplemento mineral e vitamínico: Composição/kg de produto: Vit. A=1.200.000 UI; vit. D₃=200.000 UI; vit. E=12.000 mg; vit. K₃=2.400 mg; vit. B₁=4.800 mg; vit. B₂=4.800 mg; vit. B₆=4.000 mg; vit. B₁₂=4.800 mg; ác. fólico=1.200 mg; pantotenato de cálcio=12.000 mg; vit. C=48.000 mg; biotina=48 mg; colina=65.000 mg; ácido nicotínico=24.000 mg; Fe=10.000 mg; Cu=600 mg; Mn=4.000 mg; Zn=6.000 mg; I=20 mg; Co=2 mg e Se=20 mg;

³ Butil-Hidroxi-tolueno (Antioxidante).

Tabela 2. Valores médios dos parâmetros de desempenho produtivo de tilápias do Nilo alimentadas com diferentes níveis de inclusão do farelo de nabo forrageiro em substituição a proteína do farelo de soja.

Variável	Nível de substituição (%)				
	T-0%	T-12,5%	T-25%	T-50%	T-75%
IMS (g)*	312,61±68,55 a	300,02±51,98 ab	300,29±52,50 ab	275,69±37,63 ab	222,32±44,74 b
GP (g)*	286,2±66,89 a	236,42±26,35 ab	255,35±29,62 a	182,52±29,69 bc	141,85±33,03 c
CA*	1,10±0,04 a	1,27±0,15 ab	1,17±0,09 a	1,53±0,11 bc	1,59±0,28 c
TEP (%)*	8,48±2,09 a	5,90±0,93 bc	7,18±0,61 ab	4,13±1,12 cd	2,93±0,84 d
TS (%) ^(ns)	83,33±23,38	90,00±10,95	93,33±10,33	70,00±16,73	73,33±20,66

IMS: ingestão de matéria seca;

GP: ganho de peso;

CA: conversão alimentar;

TEP: taxa de eficiência protéica;

TS: taxa de sobrevivência.

* Valores na linha seguidos de mesma letra não diferem estatisticamente (Teste de Tukey, p<0,05).

* ns valores não significativos estatisticamente (Teste de Tukey, p<0,05).

Tabela 3. Composição química do filé expressa na matéria natural de tilápias do Nilo alimentadas com diferentes níveis de inclusão do FNF em substituição a proteína do farelo de soja.

Variável (%)	Nível de substituição (%)				
	T-0%	T-12,5%	T-25%	T-50%	T-75%
Umidade*	76,10±0,17 ab	75,01±0,22 a	76,76±0,53 b	74,73±0,72 a	75,36±0,68 a
Proteína bruta (ns)	21,32±0,08	21,49±0,67	21,16±0,47	22,43±0,57	21,76±0,59
Extrato etéreo (ns)	1,93±0,44	2,10±0,38	1,98±0,51	2,60±0,42	1,93±0,09
Matéria mineral *	1,52±0,06 a	1,35±0,13 ab	1,23±0,15 b	1,33±0,04 b	1,26±0,04 b

* Valores na linha seguidos de mesma letra não diferem estatisticamente (Teste de Tukey, $p<0,05$).

* ns valores não significativos estatisticamente (Teste de Tukey, $p<0,05$).

Capítulo - IV

CONSIDERAÇÕES FINAIS

- a) O farelo de nabo forrageiro se apresenta como fonte protéica alternativa para compor a ração da tilápia-do-Nilo. Entretanto, seu preço deve ser considerado, uma vez que este se mostra com restrições de palatabilidade para a espécie;
- b) Embora o farelo de nabo forrageiro possa compor a dieta da tilápia-do-Nilo, em substituição de até 25,0% da proteína do farelo de soja, sem prejuízos ao desempenho produtivo e a composição química do filé, não se conhece sua ação sobre a homeostase orgânica dos peixes;
- c) Novas pesquisas devem ser realizadas no sentido de melhor conhecer essa fonte alternativa de proteína para os peixes tropicais.