

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**DIGESTIBILIDADE DE NUTRIENTES EM DIETAS COM
DIFERENTES FONTES E NÍVEIS PARA JUVENIS DE TILÁPIA-
DO-NILO**

Thiago Matias Torres do Nascimento
Zootecnista

JABOTICABAL – SÃO PAULO – BRASIL
Fevereiro de 2011

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**DIGESTIBILIDADE DE NUTRIENTES EM DIETAS COM
DIFERENTES FONTES E NÍVEIS PARA JUVENIS DE TILÁPIA-
DO-NILO**

Thiago Matias Torres do Nascimento

Orientador: Prof. Dr. Dalton José Carneiro

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Zootecnia (Produção Animal).

JABOTICABAL – SÃO PAULO – BRASIL
Fevereiro de 2011

N244d Nascimento, Thiago Matias Torres do
Digestibilidade de nutrientes em dietas com diferentes fontes e
níveis para juvenis de tilápia-do-nilo / Thiago Matias Torres do
Nascimento. -- Jaboticabal, 2011
vii, 61 f. : il. ; 28 cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista,
Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2011

Orientador: Dalton José Carneiro

Banca examinadora: Eduardo Gianini Abimorad, Marta Verardino
de Stéfani

Bibliografia

1. Aminoácidos. 2. Amido. 3. Óleo. 4. *Oreochromis niloticus*.
I. Título. II. Jaboticabal-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 639.3:043.2

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação –
Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação - UNESP, Câmpus de Jaboticabal.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

CAMPUS DE JABOTICABAL

FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS DE JABOTICABAL

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: DIGESTIBILIDADE DE NUTRIENTES EM DIETAS COM DIFERENTES FONTES E NÍVEIS PARA JUVENIS DE TILÁPIA-DO-NILO

AUTOR: THIAGO MATIAS TORRES DO NASCIMENTO

ORIENTADOR: Prof. Dr. DALTON JOSE CARNEIRO

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de MESTRE EM ZOOTECNIA, pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. DALTON JOSE CARNEIRO

Departamento de Zootecnia / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal

Prof. Dr. EDUARDO GIANINI ABIMORAD

Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios / Polo Regional Noroeste Paulista / Votuporanga/SP

Profa. Dra. MARTA VERARDINO DE STEFANI

Departamento de Zootecnia / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal

Data da realização: 25 de fevereiro de 2011.

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

THIAGO MATIAS TORRES DO NASCIMENTO – nascido em 27 de novembro de 1985, na cidade de São Paulo (SP), filho de Arthur José Augusto do Nascimento e Esmeralda Matias Torres, ingressou no curso de Zootecnia da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias/UNESP – *Campus* de Jaboticabal em março de 2004, onde foi bolsista do Programa de Ensino Tutorial (PET-Zootecnia), graduando-se em dezembro de 2008. Em março de 2009, ingressou no Curso de Pós-Graduação em Zootecnia, em nível de Mestrado, Área de Concentração Nutrição e Alimentação Animal, na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias/UNESP – *Campus* de Jaboticabal, sob orientação do Prof. Dr. Dalton José Carneiro, onde foi bolsista pela Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP).

*Á Deus, por estar sempre presente,
colocando pessoas especiais na minha
vida e mostrando o melhor caminho
para que os meus objetivos sejam
alcançados.*

Dedico

*À minha mãe Esmeralda e ao meu
padrasto Victor, por acreditarem em
mim e não medirem esforços em prol de
meus estudos.*

Com orgulho, ofereço.

AGRADECIMENTOS

À toda minha família, pelo suporte afetivo, financeiro e emocional ao longo desses anos;

À minha namorada, Carol, pela paciência, amor, amizade e renúncias;

À minha irmã, Nathália, por me servir de exemplo de perseverança;

Ao orientador Prof. Dr. Dalton José Carneiro, pela confiança, amizade e dedicação na formação de seus orientandos;

Aos professores Dr. Luiz Edivaldo Pezzato e Dra. Maria Cristina Thomaz, pelas contribuições feitas durante o exame geral de qualificação;

Aos membros da banca Dr. Eduardo Gianini Abimorad e Profa. Dra Marta Verardino de Stéfani, pela disponibilidade, sugestões e valiosas palavras durante a defesa;

À Profa. Dra. Jane Maria Bertocco Ezequiel, pela disponibilização do laboratório;

À FAPESP (Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo) pela concessão da bolsa de estudos e ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) pela concessão do auxílio financeiro a este projeto;

À Corn Products Brasil pela doação de ingrediente;

À Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias/UNESP, ao programa de Pós-graduação em Zootecnia, ao Departamento de Zootecnia e ao Centro de Aquicultura, pela oportunidade de realização do curso e desenvolvimento da pesquisa;

Aos colegas do laboratório e aos funcionários e colegas do CAUNESP, pela ajuda, apoio e dedicação na condução do experimento;

Aos amigos da ZOO 04 que até hoje estão presentes no meu dia a dia;

Às meninas da Rep. Axa vask's, pela amizade;

Aos amigos Everton, Giovani e Luciano, pela companhia, amizade, apoio e contribuição neste trabalho;

Às pessoas que de uma forma ou de outra contribuíram com este trabalho.

Muito obrigado a todos vocês.

SUMÁRIO

	Páginas
LISTA DE TABELAS	v
LISTA DE FIGURAS	vi
RESUMO	vii
SUMMARY	ix
1. Introdução	01
2. Objetivo	03
3. Objetivos específicos.....	03
4. Revisão bibliográfica	04
4.1. A espécie	04
4.2. Digestibilidade de nutrientes	05
4.3. Ingredientes	07
4.3.1. Amidos de milho cru e geleificado.....	07
4.3.2. Óleos de soja e de vísceras de frango	09
4.3.3. Lisina e metionina	10
4.3.4. Farinha de peixe	11
5. Material e métodos	13
5.1. – Material biológico e instalações	13
5.2. – Dietas experimentais	13
5.3. – Manejo e coleta de fezes	19
5.4. – Análises laboratoriais	19
5.5. – Delineamento experimental	21
5.6. – Análises estatísticas	21
6. Resultados e discussão	22
6.1. Ensaio I – Níveis e processamentos de amido	22
6.2. Ensaio II – Níveis e fontes de óleo	27
6.3. Ensaio III – Níveis e fontes de lisina	32
6.4. Ensaio VI – Níveis e fontes de metionina	38
7. Conclusões	44
8. Referências bibliográficas	45

LISTA DE TABELAS

TABELAS	Páginas
1. Formulação e composição da dieta referência.....	14
2. Formulação e composição das dietas teste do ensaio I.....	16
3. Formulação e composição das dietas teste do ensaio II.....	16
4. Formulação e composição das dietas teste do ensaio III.....	17
5. Formulação e composição das dietas teste do ensaio IV.....	18
6. Valores de F e médias dos coeficientes de digestibilidade aparente da proteína bruta (CD_{PB}), da energia bruta (CD_{EB}), do extrato etéreo (CD_{EE}) e do amido (CD_{DA}) de dietas-teste e os coeficientes de digestibilidade do ingrediente amido (CD_{AM}) para tilápia-do-nilo contendo diferentes níveis e processamentos de amidos.....	23
7. Valores de F e médias dos coeficientes de digestibilidade aparente da proteína bruta (CD_{PB}), da energia bruta (CD_{EB}) e do extrato etéreo (CD_{EE}) de dietas-teste para tilápia-do-nilo contendo diferentes níveis e fontes de óleo.....	28
8. Médias dos coeficientes de digestibilidade aparente do extrato etéreo (CD_{EE}) do ingrediente para tilápia-do-nilo contendo diferentes níveis e fontes de óleo.....	30
9. Valores de F e médias dos coeficientes de digestibilidade aparente da lisina (CD_{LIS}) de dietas-teste para tilápia-do-nilo contendo diferentes níveis e fontes de lisina.....	33
10. Médias dos coeficientes de digestibilidade aparente da lisina (CD_{LIS}) do ingrediente para tilápia-do-nilo contendo diferentes níveis e fontes de lisina.....	36
11. Valores de F e médias dos coeficientes de digestibilidade aparente da metionina (CD_{MET}) de dietas-teste para tilápia-do-nilo contendo diferentes níveis e fontes de metionina.....	39
12. Médias dos coeficientes de digestibilidade aparente da metionina (CD_{MET}) do ingrediente para tilápia-do-nilo contendo diferentes níveis e fontes de metionina.....	40

LISTA DE FIGURAS

FIGURAS	Páginas
1. Estrutura química da amilose (a) e amilopectina (b).....	08
2. Coeficientes de digestibilidade aparente do amido das dietas-teste em função dos diferentes níveis de adição de amido.....	24
3. Coeficientes de digestibilidade aparente do amido (ingrediente) em função dos diferentes níveis de amido adicionados nas dietas.....	24
4. Coeficientes de digestibilidade aparente do extrato etéreo de dietas contendo diferentes níveis de adição de óleo.....	29
5. Regressão linear do extrato etéreo digestível para diferentes níveis de adição do óleo de soja.....	30
6. Regressão linear do extrato etéreo digestível para diferentes níveis de adição do óleo de vísceras de frango.....	31
7. Coeficientes de digestibilidade aparente da lisina de dietas contendo diferentes níveis de adição de lisina.....	34
8. Regressão linear da lisina digestível para diferentes níveis de adição da lisina sintética.....	36
9. Regressão linear da lisina digestível para diferentes níveis de adição da lisina da farinha de peixe.....	37
10. Regressão linear da metionina digestível para diferentes níveis de adição da metionina sintética.....	41
11. Regressão linear da metionina digestível para diferentes níveis de adição da metionina da farinha de peixe.....	41

DIGESTIBILIDADE DE NUTRIENTES EM DIETAS COM DIFERENTES FONTES E NÍVEIS PARA JUVENIS DE TILÁPIA-DO-NILO

RESUMO – O estudo avaliou a influência da adição de diferentes níveis e fontes de nutrientes, sobre os coeficientes de digestibilidade aparente da proteína bruta, amido, extrato etéreo, aminoácidos e energia bruta em dietas para juvenis de tilápia-do-nilo. Foram utilizados 432 juvenis ($96,4 \pm 20,4$ g), distribuídos em 36 tanques experimentais de 430 litros de capacidade. As dietas-teste foram elaboradas utilizando-se uma dieta de referência acrescida do ingrediente em proporções variáveis de acordo com cada nível, tendo como marcador o óxido crômio-III a 1%. As coletas de fezes foram realizadas de acordo com o sistema de Guelph modificado. O trabalho foi dividido em quatro ensaios (I, II, III e IV), de modo que cada um deles foi composto por oito dietas, variando duas fontes ou processamentos e quatro níveis de adição nas dietas-teste. O delineamento experimental adotado em cada ensaio foi inteiramente casualizado, com oito tratamentos em esquema fatorial 2×4 (duas fontes ou processamentos e quatro níveis de inclusão) com quatro repetições. No ensaio I utilizou-se duas formas de amido, cru ou geleificado, adicionado em 10, 20, 30 e 40% nas dietas, no II duas fontes de óleo, soja ou vísceras de frango, adicionado em 3, 6, 9 e 12% nas dietas, no III duas fontes de lisina, sintética L-Lisina 78 ou proveniente da farinha de peixe, adicionado em 1,06; 1,59; 2,12 e 2,64% nas dietas e no IV duas fontes de metionina, sintética DL-metionina 98 ou proveniente da farinha de peixe, adicionado em 0,40; 0,60; 0,80 e 1,0% nas dietas. Com o aumento do nível de inclusão do amido, os coeficientes de digestibilidade da energia bruta (CD_{EB}), do amido da dieta (CD_{DA}) e do ingrediente amido (CD_{Am}) diminuíram. Através das equações de regressão foi possível determinar o nível de 25,32% e o nível de 27,87%, como os níveis que proporcionaram maior digestibilidade do amido da dieta e do ingrediente, respectivamente. O ingrediente amido quando geleificado teve uma maior digestibilidade da energia da dieta e também do amido da dieta e do ingrediente. Com o aumento dos níveis de óleo nas dietas, os coeficientes de digestibilidade do extrato

etéreo (CD_{EE}) das dietas e também dos ingredientes diminuíram. O óleo de soja proporcionou maior CD_{EE} nas dietas em relação ao óleo de vísceras de frango e também nos ingredientes para os níveis de inclusão 9 e 12%. Os coeficientes de digestibilidade da lisina (CD_{LIS}) das dietas apresentaram efeito linear positivo para níveis de lisina. A lisina sintética obteve um maior CD_{LIS} quando comparada com a lisina proveniente da farinha de peixe. Os coeficientes de digestibilidade da metionina (CD_{MET}) das dietas também aumentaram com a elevação dos níveis de metionina, com exceção do nível 0,60%. A metionina sintética proporcionou um maior CD_{MET} quando comparada com a metionina proveniente da farinha de peixe.

Palavras-chave: Aminoácidos, amido, dietas, nutrição, óleo, *Oreochromis niloticus*.

DIGESTIBILITY OF NUTRIENTS IN DIETS WITH DIFFERENT LEVELS AND SOURCES FOR NILE TILAPIA JUVENILES

SUMMARY- This study evaluated the effect of adding different levels and nutrient sources on apparent digestibility coefficients of crude protein, starch, lipid, gross energy and amino acids in diets for juvenile Nile tilapia. The experiment used 432 juveniles (96.4 ± 20.4 g) distributed into 36 experimental tanks of 430 liters capacity. The test diets were prepared using a reference diet plus an ingredient in varying proportions according to each level, using as marker chromium oxide-III 1%. Faecal sample collections were performed according to the modified Guelph system. The work itself was divided into four trials (I, II, III and IV), in such a way that each trial was made up of eight diets, varying two sources or processing method and four inclusion levels in the source diets. The experimental design was completely randomized in a 2x4 factorial (two sources or processes and four inclusion levels) with eight treatments and four repetitions. Trial I consisted of two types of starch, crude or gelled, added to the diets at the rates of 10, 20, 30 and 40%. Trial II used two sources of oil, soybeans and chicken viscera, added to diets at the rates of 3, 6, 9 and 12%. Trial III used two sources of lysine, a synthetic L-Lysine 78 or protein-bound lysine from fish meal, added to the diets at the rates of 1.06; 1.59; 2.12 and 2.64%. And finally trial IV, consisted of two sources of methionine, a synthetic DL-methionine 98 or protein-bound methionine from fish meal, that were added to the diets at the proportions of 0.40; 0.60; 0.80 and 1.0%. As starch inclusion levels increased, the digestibility coefficients of gross energy (AD_{GE}), starch (AD_{ST}) of the test diets, and the apparent digestibility coefficient of starch (AD_S) for ingredient decreased. The linear regression equations determined that both levels, 25.32 and 27.87%, resulted in higher digestibility of starch in the diet and of the ingredient, respectively. The gelled starch ingredient increased digestibility of energy of the diet as well as of the starch of the diet and ingredient. As the oil in the diets increased, apparent digestibility coefficients of lipid (AD_L) of diets and ingredients decreased. The soybean oil displayed the best AD_L in the diets compared to the oil

derived from chicken viscera as well as in the ingredients for the inclusion levels of 9 and 12%. The apparent digestibility coefficients of LYSine (AD_{LYS}) of the diets displayed a positive linear effect for lysine levels. Synthetic lysine displayed higher AD_{LYS} compared to the protein-bound lysine from fish meal. The apparent digestibility coefficients of methionine (AD_{MET}) of the diets also increased as methionine levels increased, with the exception of the 0.60% level. The synthetic methionine displayed a higher AD_{MET} compared to protein-bound methionine from fish meal.

Keywords: Amino acids, starch, diets, nutrition, oil, *Oreochromis niloticus*.

1.INTRODUÇÃO

A elevada demanda mundial por pescados tem favorecido o grande crescimento observado na piscicultura atualmente (FAO, 2010). Este crescimento será consolidado com o desenvolvimento de pesquisas que favoreçam programas alimentares mais eficientes, com a máxima digestibilidade dos nutrientes e da energia presentes nos alimentos.

Devido à grande produtividade, frente às inúmeras características favoráveis para criação comercial, a tilápia-do-nilo é uma das espécies com maior representatividade no crescimento da aquicultura no Brasil (FIGUEIREDO JÚNIOR e VALENTE JÚNIOR, 2008) e no mundo (FAO, 2010).

A literatura apresenta resultados de muitos trabalhos que determinaram os coeficientes de digestibilidade aparente dos ingredientes para a tilápia-do-nilo (LUNDSTEDT, 1999; FURUYA et al., 2001; SAMPAIO et al., 2001; BOSCOLO et al., 2002; PEZZATO et al., 2002; MEURER et al., 2003; OLIVEIRA, 2006; FEDRIZI, 2009). Estes estudos permitiram identificar vários alimentos com composições químicas semelhantes, mas que apresentam diferentes valores para os coeficientes de digestibilidade dos nutrientes e da energia.

Estudos de nutrição já mostraram que podem existir grandes interações na absorção dos diferentes nutrientes. As exigências de proteína são afetadas pela quantidade e qualidade da energia dietética; portanto, níveis adequados de gordura ou de carboidratos na dieta podem suprir energia suficiente para que o animal não precise utilizar a proteína como fonte energética. (PAGE e ANDREWS, 1973; MACHADO et al., 2000; MARTINO et al., 2002; ABIMORAD e CARNEIRO, 2007).

As pesquisas têm demonstrado que ingredientes adicionados em diferentes níveis nas dietas podem apresentar coeficientes de digestibilidade diferentes (INABA et al., 1963; SINGH e NOSE, 1967; SAAD, 1989). Além disso, outros autores já relataram possíveis diferenças no aproveitamento dos aminoácidos sintéticos e dos aminoácidos

ligados às proteínas naturais (YAMADA, 1981; VIOLA et al., 1994; SCHUHMACHER et al., 1997; SEGOVIA-QUINTERO e REIGHT, 2004).

Entretanto, para a tilápia-do-nilo, não foram suficientemente estudadas as relações entre a digestibilidade dos ingredientes e o nível de inclusão destes alimentos nas dietas. Assim, as avaliações de diferentes níveis de inclusão dos ingredientes e diferentes fontes do mesmo nutriente, no estudo da digestibilidade para juvenis de tilápia podem aperfeiçoar as tabelas de digestibilidade, fornecer informações básicas para os estudos de exigências nutricionais, além de melhor compreensão da relação da composição da dieta com o aproveitamento dos ingredientes.

2.OBJETIVO

Este estudo teve como objetivo avaliar a influência da inclusão de diferentes níveis e fontes de nutrientes sobre os coeficientes de digestibilidade aparente da proteína bruta, amido, extrato etéreo, aminoácidos e energia bruta em dietas para juvenis de tilápia-do-nilo.

3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1 – Avaliar os níveis de inclusão dos ingredientes-teste que maximizem a digestibilidade de seus nutrientes.

2 – Relacionar a digestibilidade de nutrientes e energia de cada fator estudado com sua origem:

- o Aminoácidos sintéticos (metionina e lisina) e uma fonte rica dos aminoácidos em questão (farinha de peixe);
- o Fonte de lipídios (óleo de soja ou de vísceras de frango);
- o Processamento do amido (cru ou geleificado).

4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1. A espécie

Pertencente à família Cichlidae, subfamília Tilapiinae, tribo Tilapiini, a tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*) é originária da África, Israel e Jordânia, apresenta listras verticais de coloração metálica na nadadeira caudal, corpo curto e alto, cabeça e cauda pequenas e, quando alevinos, apresentam colorido metálico em tom verde azulado na cabeça (GALLI e TORLONI, 1986).

A tilápia-do-nilo possui grande capacidade adaptativa em condições de cultivo, especialmente em relação ao aspecto nutricional, apresentando amplo espectro alimentar (CARVALHO e FORESTI, 1996). A tilápia pode ser classificada como onívora, fitoplantofaga e herbívora, além de apresentar boa assimilação de alimentos artificiais, já que sua alimentação consiste em alimentos naturais, incluindo plâncton, folhas verdes, organismos bênticos, invertebrados aquáticos, larvas de peixes, detritos e matéria orgânica em decomposição (HUET, 1973).

O aumento de produção desta espécie deve-se às suas características favoráveis para criação, podendo ser citadas: altas taxas de crescimento (HASSANIEN et al., 2004), principalmente nos machos (TOGUYÉNI et al., 2002), adequada conversão alimentar aparente (KUBITZA, 2000), resistência a doenças (PLUMB, 1997; ARDJOSOEDIRO e RAMNARINE, 2002), tolerância a altas densidades (GALL e BAKAR, 1999) e baixas concentrações de oxigênio dissolvido (EL-SAYED e KAWANNA, 2004) e a facilidade de obtenção de larvas (FURUYA et al., 2003). Além disso, as tilápias possuem alta apreciação do consumidor ao sabor de sua carne, e a ausência de espinhos intramusculares em forma de “Y” no filé (FURUYA et al., 2003).

A temperatura ótima para cultivo de tilápia esta na faixa de 26 a 29°C, podendo suportar até temperaturas de 41°C e abaixo de 16°C, com certas mudanças desfavoráveis no comportamento e desenvolvimento do peixe. O nível de oxigênio aceitável para seu desenvolvimento está entre 2 e 3 mg/L podendo sobreviver com até

menos de 0,5 mg/L. As tilápias-do-nilo crescem bem em águas com pH neutro ou ligeiramente alcalinas. O aumento no índice de amônia na água, pode causar a morte do peixe por toxicidade, em função do valor do pH, que geralmente está relacionado a viveiros mal tamponados, com alcalinidade abaixo de 30 mg/L de CaCO_3 (VERA-CALDERÓN, 2003).

4.2. Digestibilidade de nutrientes

Em estudos de nutrição, os coeficientes de digestibilidade aparente são geralmente utilizados com o objetivo de determinar o valor nutricional dos alimentos (RODRIGUES, 1994). Segundo McGOOGAN e REIGH (1996), a digestibilidade do nutriente de um alimento depende, primeiramente, de sua composição química e da capacidade digestiva do animal. Para CHO (1987), a determinação da digestibilidade dos nutrientes de uma matéria prima é a primeira medida a ser tomada quando se pretende avaliar seu potencial de inclusão numa ração para peixes.

HIGUERA (1987) descreveu que o valor nutritivo de um alimento depende de seu conteúdo em nutrientes e da capacidade do animal de ingeri-los e absorve-los. O resultado desse processo varia em função da espécie, condições ambientais, quantidade e qualidade do nutriente, proporção relativa entre os nutrientes e dos processos tecnológicos a que o alimento tenha sido submetido. Segundo HEPHER (1988), a digestão do alimento depende de três fatores: diâmetro das partículas que constituem o alimento ingerido, pelos quais se torna susceptível à ação das enzimas digestivas; a atividade dessas enzimas e o tempo de exposição do alimento no sistema digestório.

A forma como os diferentes alimentos são aproveitados pelo animal varia de acordo com cada espécie, sendo essas variações quantificadas por meio do coeficiente de digestibilidade, que é representado pela capacidade do animal digerir os nutrientes e a energia contidos em um determinado alimento (ANDRIGUETO, 1999). Os primeiros estudos acerca da determinação dos coeficientes de digestibilidade dos alimentos pelos peixes, segundo HEPHER (1988), foram realizados por Homburger em 1877.

O conhecimento da digestibilidade das dietas é de extrema importância para o atendimento das exigências nutricionais de uma espécie. Sem os dados de digestibilidade dos nutrientes, não é possível saber se os nutrientes fornecidos realmente são aproveitados, podendo haver excesso de proteína ou de outro nutriente, incrementando os custos de produção e produzindo dietas pouco eficientes (GONÇALVES e CARNEIRO, 2003). Somente a partir de rações com altos coeficientes de digestibilidade, será possível a obtenção de melhores respostas de conversão alimentar, maximizando os lucros e, principalmente, minimizando o impacto ambiental que alguns desses ingredientes podem proporcionar (PEZZATO et al., 2002).

Segundo AUSTRENG (1978), para se determinar a digestibilidade aparente de rações para peixes, são utilizados marcadores, já que a coleta total é uma metodologia muito difícil de ser aplicada nestes animais, pois a urina e as excreções liberadas pelas brânquias não podem ser coletadas, uma vez que estão dissolvidas na água. Dentre os marcadores, o óxido de cromo-III (Cr_2O_3) apresenta-se como o mais utilizado e aceito em estudos de digestibilidade em peixes.

Com relação ao método utilizado na coleta de fezes para a determinação dos coeficientes de digestibilidade em peixes, CHO e BUREAU (1998) afirmaram que o sistema Guelph permite que os peixes sejam alimentados normalmente, sem a necessidade de manejá-los, permitindo a obtenção de determinações repetidas no tempo e avaliações da digestibilidade aparente de várias dietas, ao mesmo tempo em que são feitas observações da taxa de crescimento do animal.

Para determinação dos coeficientes de digestibilidade dos ingredientes, utiliza-se usualmente a metodologia de substituição que determina o coeficiente de digestibilidade por meio de fórmula descrita por REIGHT et al. (1990). Esta metodologia que consiste na inclusão de 30% do ingrediente a ser testado em dieta referência é muito utilizada e, ultimamente, muitos pesquisadores têm optado por ela. Porém, quando se utiliza ingredientes de baixa inclusão, esta metodologia torna-se ineficiente, já que de acordo com CAMPBELL et al. (1983), em ensaios de metabolismo, quando o nível de inclusão do ingrediente teste constitui pequena fração da dieta fornecida aos animais, a multiplicação do erro pode ser substancial.

Com isso, autores como HENN et al. (2006) utilizaram outra metodologia para determinação da digestibilidade de ingredientes de baixa inclusão, como os óleos por exemplo. Essa metodologia consiste na utilização de análises de regressão, tendo como variável independente (X) o percentual do nutriente adicionado à dieta e como variável dependente (Y) o percentual do nutriente digestível de cada dieta. A inclinação da reta corresponde ao coeficiente de digestibilidade aparente do nutriente para o ingrediente testado.

Vários estudos com espécies de peixes de clima tropical foram realizados com objetivo de determinação da digestibilidade de diversos ingredientes, dentre os quais podem ser citados os de: FURUYA et al. (2001); BOSCOLO et al. (2002); MEURER et al. (2003); ABIMORAD e CARNEIRO (2004). Nestes estudos os autores optaram por incluir 30% do ingrediente em uma dieta de referência, já que até então, não se sabia se o nível de inclusão do ingrediente alterava ou não sua digestibilidade.

4.3. Ingredientes

4.3.1. Amidos de milho cru e geleificado

O amido de milho é um dos principais polissacarídeos digestíveis utilizados nas rações comerciais para peixes (RAWLES e LOCHMANN, 2003). O amido é formado basicamente por dois polímeros: a amilose e a amilopectina (Figura 1). A amilose é uma molécula menor formada por cerca de duzentas a vinte mil unidades de α -D-glicose unidas por ligações glicosídicas $\alpha 1 \rightarrow 4$, formando uma cadeia helicoidal não ramificada. A amilopectina é um homopolissacarídeo de cadeia ramificada, formada por dois a cinco milhões de moléculas de α -D-glicose unidas por ligações glicosídicas $\alpha 1 \rightarrow 4$ e nos pontos de ramificação por ligações $\alpha 1 \rightarrow 6$ (LENINGER et al., 1993). A maior parte do amido está composto por 20-30% de amilose e 70-80% de amilopectina (GALLANT et al., 1992; INTERNATIONAL STARCH INSTITUTE, 2010).

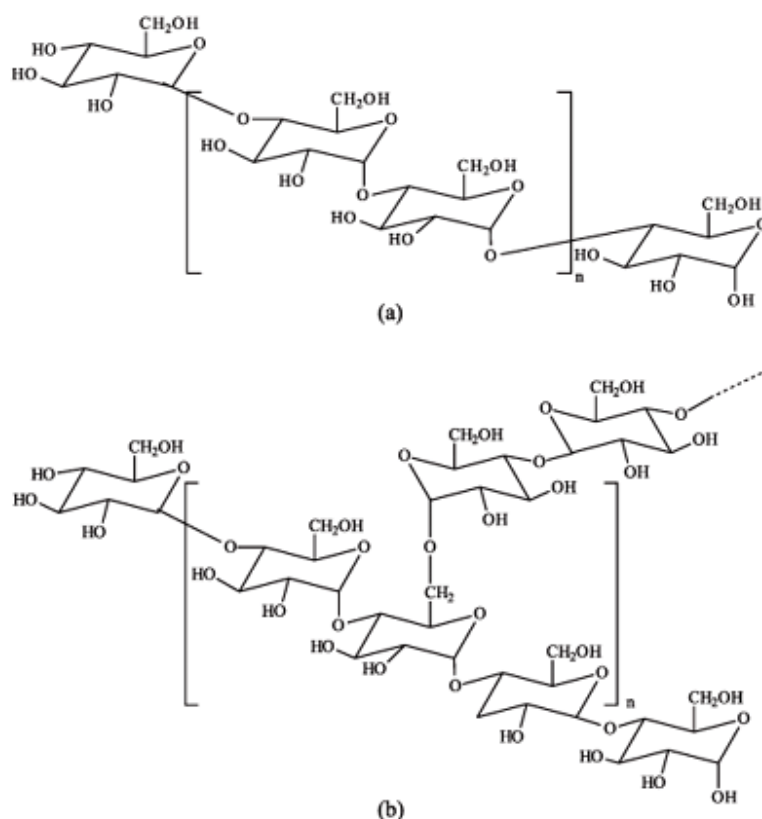


Figura 1 – Estrutura química da amilose (a) e amilopectina (b). (Adaptado de CORRADINI et al., 2005)

O INTERNATIONAL STARCH INSTITUTE (2010) definiu a amilose como a responsável pela propriedade geleificante do amido, enquanto que a amilopectina é indicada como a responsável por sua viscosidade. Segundo RAWLES e LOCHMANN (2003), essas diferenças estruturais que caracterizam os amidos podem estar associadas aos diferentes graus de digestão das fontes de carboidratos encontradas nos mamíferos e algumas espécies de peixes.

O processo de extrusão é muito eficiente para a expansão do amido das fontes alimentares (PFEFFER et al., 1991; BOOTH et al., 2000). Desta forma, o processamento aplicado ao amido, que inclui umidade e calor, provavelmente modifica sua digestão (KAUSHIK e OLIVA-TELES, 1985); este fato pode ser explicado pelo aumento da superfície de contato do alimento para ação das enzimas digestivas.

A extrusão propicia maior estabilidade em água e menor perda de nutrientes por lixiviação, comparadas às rações peletizadas (FEDRIZI, 2009). O amido não processado é insolúvel em temperatura ambiente e quando é aquecido em água, a temperatura mínima de 60°C ocorre alteração irreversível. Os grânulos de amido expandem com a entrada da água, a amilose solubiliza-se e as cadeias de amilopectina quebram-se facilmente (VAN SOEST, 1994), promovendo a ruptura da estrutura granular, hidratação e solubilização do amido. A esse processo dá-se o nome de geleificação do amido (BILIADERIS, 1991). Com a geleificação do amido, a digestibilidade do produto extrusado aumenta, além de facilitar o manejo (ALBUQUERQUE, 1985).

O aproveitamento do amido em peixes pode estar relacionado com sua origem botânica, relação amilose/amilopectina, forma física e o tipo de processamento do amido, assim como interações ocorridas entre esta substância e outros constituintes do alimento (BJÖRCK et al., 1989; GRANFELDT et al., 1993; BJÖRCK et al., 1994; SKRABANJA e KREFT, 1998). O processamento da dieta, que inclui moagem e calor, aumenta a eficiência de digestão do amido pelos peixes (KAUSHIK e OLIVA-TELES, 1985), enquanto que amidos crus, geralmente, apresentam baixa digestibilidade (WILSON, 1994).

4.3.2. Óleos de soja e de vísceras de frango

Os óleos e as gorduras são fontes energéticas facilmente encontradas no mercado e apresentam altas taxas de energia e considerável quantidade de ácidos graxos essenciais (STEFFENS, 1987; MEURER et al., 2002), de modo que o perfil corporal, em ácidos graxos, de muitas espécies reflete o da dieta (LEE et al., 2003; BENDIKSEN et al., 2003; BOSCOLO et al., 2005). Segundo SANCHES (2004), além dos níveis adequados de lipídeos, é fundamental o perfil de ácidos graxos essenciais na dieta para a promoção de bom desempenho dos peixes.

O óleo de soja está disponível no mercado com preços competitivos no Brasil, possui componentes ricos em colina e fosfolipídios, assim como antioxidantes e

vitamina E, que favorecem a digestibilidade e a conservação durante o armazenamento (MATEOS et al., 1996). É um óleo rico em ácido linoléico (TOGASHI et al., 2007).

O óleo de abatedouro avícola é um subproduto ou resíduo avícola proveniente do processamento industrial do frango, bastante utilizado nas fábricas de rações e nas indústrias de produtos alimentícios e de beleza. Possui rica composição lipídica, elevado teor energético (CHIU e GIOIELLI, 2000), além de baixo custo (RACANICCI et al., 2002).

A gordura de frango apresenta alta porcentagem de ácidos graxos insaturados e poliinsaturados. Em virtude do alto grau de insaturação, esta gordura é semilíquida à temperatura ambiente e seu baixo ponto de fusão está relacionado ao baixo conteúdo em ácidos graxos saturados (CHIU e GIOIELLI, 2000). Esta gordura possui odores naturais desejáveis, tornando-se adequada como ingrediente de alimentos e como base gordurosa na formulação de rações (ROCHA et al., 2008).

4.3.3. Lisina e metionina

Lisina e metionina são os aminoácidos mais limitantes em dietas para peixes de águas quentes (EL-SAIDY e GABER, 2002). A suplementação desses aminoácidos em dietas deficientes tem melhorado o crescimento de várias espécies de peixes como a carpa comum, *Cyprinus carpio* (VIOLA e LAHAV, 1991), bagre do canal, *Ictalurus punctatus* (ROBINSON e LI, 1994) e a tilápia-do-nilo, *Oreochromis niloticus* (EL-SAIDY e GABER, 2002).

Segundo D'MELLO (1994), nas últimas duas ou três décadas, o conhecimento da utilização dos aminoácidos em animais domésticos tem avançado significativamente, impulsionado pela grande importância para as indústrias, e certamente é resultado da produção comercial de lisina e metionina sintéticas. Estes aminoácidos essenciais, têm sido os mais estudados por serem os primeiros aminoácidos limitantes em fontes de proteína vegetal (VAN DER MEER e VERDEGEM, 1996; LOVELL, 1998; TACON e JACKSON, 1998).

Segundo FURUYA et al. (2004), as exigências da tilápia-do-nylo em lisina e metionina são 5,3% e 1,9% da proteína bruta, respectivamente. Dentre os aminoácidos essenciais, a lisina está presente em elevada proporção no tecido muscular dos peixes sendo exigida em altos níveis na dieta e é o aminoácido mais limitante nos ingredientes utilizados na formulação de rações (FOSTER e OGATA, 1998).

Níveis adequados de lisina melhoram consideravelmente a taxa de sobrevivência e crescimento dos peixes, além de prevenir mortes por erosões na nadadeira caudal e deformações nas nadadeiras dorsal, peitoral e ventral (HALVER, 1989).

Alguns autores afirmaram que o desenvolvimento dos peixes alimentados com aminoácidos sintéticos é inferior aos alimentados com aminoácidos ligados a proteína. De acordo com YAMADA (1981) e SCHUHMACHER et al. (1997), o menor desempenho obtido com peixes recebendo aminoácidos sintéticos pode ser atribuído à sua rápida absorção, com súbita elevação nos seus níveis plasmáticos, atingindo o pico anteriormente ao dos peixes alimentados com proteína intacta do alimento. Isto eleva o catabolismo e a excreção de compostos nitrogenados (CHEN et al., 1992; LIM, 1993).

De acordo com ZARATE e LOVELL (1997), os aminoácidos sintéticos podem ser perdidos por lixiviação, já que são altamente solúveis no meio aquático, em relação aos ligados à proteína. Essa lixiviação pode resultar em elevada eutrofização, já que o nitrogênio é considerado a principal fonte de poluição (RICHIE e BROWN, 1996).

4.3.4. Farinha de peixe

Dentre os alimentos de origem animal, a farinha de peixe é amplamente empregada na aquicultura, sendo a principal fonte protéica nas dietas para a maioria das espécies cultivadas, é excelente fonte de energia digestível, boa fonte de minerais essenciais, elementos traços e vitaminas essenciais (TACON, 1993).

A inclusão das fontes de proteína animal geralmente é responsável pelas melhoras nos parâmetros de desempenho produtivo e utilização do alimento pelos peixes, devido ao perfil adequado em aminoácidos e aumento nos teores de minerais disponíveis das rações (STOREBAKKEN et al., 1998; SUGIURA et al., 1998).

A farinha de peixe, pelo fato de apresentar elevado valor biológico, perfil adequado de aminoácidos essenciais, bons níveis de cálcio e fósforo e vitaminas lipo e hidrossolúveis, é considerada como alimento padrão para ensaios experimentais (TACON, 1993; PEZZATO, 1995; LOVELL, 1998).

No entanto, devido à escassez da farinha de peixe e ao aumento na demanda em função do crescimento na produção de animais, os nutricionistas têm tentado substituir parcial ou totalmente esta fonte por outros subprodutos animais ou vegetais (EL-SAYED, 1999).

5.MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi conduzido no Centro de Aquicultura da UNESP – Universidade Estadual Paulista, Câmpus de Jaboticabal, no Laboratório de Nutrição de Organismos Aquáticos.

5.1. Material Biológico e Instalações

Foram utilizados 432 juvenis de tilápia-do-nilo revertidos da linhagem tailandesa, provenientes de tanque escavado, com peso médio de $96,4 \pm 20,4$ gramas, divididos em 36 tanques experimentais de fibra de vidro com capacidade de 430 litros cada, com 12 peixes, sob aeração e abastecimento contínuos, por água proveniente de poço artesiano, com taxa de renovação de aproximadamente 3,5 vezes ao dia, $\text{pH} = 7,87 \pm 0,26$; oxigênio dissolvido = $4,0 \pm 0,60$ mg/L e temperatura = $28,32 \pm 0,80$ °C.

As coletas de fezes foram realizadas em 16 coletores de fibra de vidro, com aproximadamente 80 litros de capacidade, construídos de acordo com o sistema de Ghelph, modificado segundo ABIMORAD e CARNEIRO (2004), equipados com um sistema de circulação contínua de água.

Durante o ensaio, foram monitoradas semanalmente, as seguintes variáveis físico-químicas da água das caixas e dos coletores: pH, temperatura e oxigênio dissolvido, utilizando-se peagômetro da marca Corning pH-30 e oxímetro YSI 55. A cada dois dias realizou-se a sifonagem dos tanques para a retirada dos resíduos de alimento e fezes e a lavagem das pedras porosas, evitando-se entupimento e queda na oxigenação da água.

5.2. Dietas Experimentais

As dietas teste foram elaboradas utilizando-se uma dieta referência (Tabela 1) acrescida das fontes a serem estudadas em proporções variáveis de acordo com cada

ensaio, tendo como marcador o óxido de crômio-III incluído em 1%.

Tabela 1. Formulação e composição da dieta referência (valores com base na matéria natural).

Ingredientes	(%)
Farinha de Peixe	26,20
Farelo de Soja	19,20
Milho	25,15
Farelo de Trigo	22,00
Quirera de Arroz	4,00
Óleo de Soja	2,00
BHT, antioxidante	0,02
Fosfato Bicálcico	0,30
Calcário calcítico	0,50
Suplemento vitamínico e mineral ¹	0,50
Ascorbyl Palmitate (Roche)	0,03
Antifúngico (Filax)	0,10
Composição analisada:	
Matéria Seca (%)	96,10
Proteína Bruta (%)	30,99
Proteína Digestível (%) ²	25,71
Extrato Etéreo (%)	7,07
Energia Bruta (kcal/kg)	4517
Energia Digestível (kcal/kg) ²	2852
Fibra Bruta (%) ³	4,53
Matéria Mineral (%)	9,36
Extrato Não Nitrogenado (%) ³	44,15
Amido (%)	29,01
Cálcio (%) ³	1,90
Fósforo total (%) ³	0,94
Arginina (%)	2,39
Histidina (%)	0,82
Isoleucina (%)	1,46
Leucina (%)	2,53
Lisina (%)	2,28
Metionina (%)	0,54
Fenilalanina (%)	1,44
Treonina (%)	1,31
Valina (%)	1,60
A. Aspárico (%)	3,27
A. Glutâmico (%)	5,56
Alanina (%)	1,97
Cistina (%)	0,26
Glicina (%)	1,72
Serina (%)	1,42
Prolina (%)	1,63
Tirosina (%)	0,83

¹ Suplemento vitamínico e mineral: Vit. A - 3000 UI/kg; Vit. D₃ - 3000 UI/kg; Vit. E - 200 mg/kg; Vit. K - 6 mg/kg; Vit C - 350 mg/kg; Vit B₁₂ - 20 mcg/kg; Vit. B₁ - 6 mg/kg; Vit. B₂ - 8 mg/kg; Vit. B₆ - 3 mg/kg; Biotina (*Biotin*) - 0,10 mg/kg; Ácido fólico - 1 mg/kg; Ácido pantotêmico - 20 mg/kg; B.H.T. - 125 mg/kg; Colina - 150 mg/kg; Niacina - 100 mg/kg; Fe - 100 mg/kg; Cu - 10 mg/kg; Mn - 70 mg/kg; I - 5 mg/kg; Se - 0,15 mg/kg e Zn - 150 mg/kg.

²Valores analisados com base nos coeficientes de digestibilidade determinados no presente trabalho.

³Valores calculados segundo ROSTAGNO et al. (2005).

O trabalho foi dividido em quatro ensaios (Tabelas 2, 3, 4 e 5), nos ensaios com lisina e metionina utilizou-se o Caulim como inerte. Cada um dos quatro ensaios foi composto por oito dietas, variando duas fontes ou processamentos e quatro níveis de adição nas dietas-teste, como pode ser observado a seguir:

Ensaio	Níveis de inclusão na dieta-teste	Ingredientes a serem incluídos na dieta-teste
I – Fontes de amido	10; 20; 30 ou 40%	Amido
		Amido geleificado
II – Fontes de óleo	3; 6; 9 ou 12%	Óleo de soja
		Óleo de vísceras de frango
III – Fontes de lisina	1,06; 1,59; 2,12 ou 2,64%	L – Lisina 78
		Lisina da farinha de peixe
IV – Fontes de metionina	0,4; 0,6; 0,8 ou 1%	DL – Metionina 98
		Metionina da farinha de peixe

Para confecção das dietas, os ingredientes foram moídos em moinho martelo, com peneira de porosidade padrão de 0,50 mm de diâmetro, sendo posteriormente misturados manualmente, umedecidos com aproximadamente 30% de água e peletizados em moedor de carne. Os grânulos foram desidratados em estufa dotada de ventilação forçada à 55°C por 24 horas. Posteriormente, estes péletes foram fracionados para facilitar a ingestão pelos peixes.

Tabela 2. Formulação e composição das dietas teste do ensaio I (valores com base na matéria natural).

Ingredientes	Amido cru				Amido geleificado			
	10%	20%	30%	40%	10%	20%	30%	40%
Dieta referência (%)	89,0	79,0	69,0	59,0	89,0	79,0	69,0	59,0
Óxido de cromo - III (%)	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Amido cru (%)	10,0	20,0	30,0	40,0	-	-	-	-
Amido geleificado (%)	-	-	-	-	10,0	20,0	30,0	40,0
Composição analisada:								
Matéria Seca (%)	96,72	93,78	97,21	94,63	97,46	95,54	95,91	95,85
Amido (%)	38,93	44,55	53,93	59,35	37,09	41,85	45,79	48,14
Proteína Bruta (%)	30,97	26,35	23,77	19,90	30,73	25,54	22,71	19,20
Extrato Etéreo (%)	6,93	5,72	5,03	4,69	6,88	5,92	5,45	4,73
Energia Bruta (kcal/kg)	4442	4238	4325	4151	4423	4292	4345	4213
Fibra Bruta (%) ²	4,03	3,58	3,13	2,67	4,03	3,58	3,13	2,67
Matéria Mineral (%)	9,78	8,80	8,47	7,32	10,96	9,09	8,39	7,46
Extrato Não Nitrogenado (%) ²	45,01	49,33	56,81	60,05	44,86	51,41	56,23	61,79

²Valores calculados segundo ROSTAGNO et al. (2005).

Tabela 3. Formulação e composição das dietas teste do ensaio II (valores com base na matéria natural).

Ingredientes	Óleo de soja				Óleo de vísceras de frango			
	3%	6%	9%	12%	3%	6%	9%	12%
Dieta referência (%)	96,0	93,0	90,0	87,0	96,0	93,0	90,0	87,0
Óxido de cromo - III (%)	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Óleo Soja (%)	3,0	6,0	9,0	12,0	-	-	-	-
Óleo de Vísceras de Frango (%)	-	-	-	-	3,0	6,0	9,0	12,0
Composição analisada:								
Matéria Seca (%)	95,88	96,62	97,01	96,28	97,09	96,71	96,29	96,44
Proteína Bruta (%)	32,81	31,32	30,90	29,45	32,79	31,16	31,41	29,56
Extrato Etéreo (%)	10,88	13,37	14,98	18,80	10,82	12,73	17,11	17,08
Energia Bruta (kcal/kg)	4556	4720	4857	4987	4644	4759	4902	4986
Fibra Bruta (%) ²	4,35	4,21	4,08	3,94	4,35	4,21	4,08	3,94
Matéria Mineral (%)	10,05	10,09	9,87	9,32	9,43	8,93	7,59	7,45
Extrato Não Nitrogenado (%) ²	37,79	37,63	37,18	34,77	39,70	39,68	36,10	38,41

²Valores calculados segundo ROSTAGNO et al. (2005).

Tabela 4. Formulação e composição das dietas teste do ensaio III (valores com base na matéria natural).

Ingredientes	L - Lisina 78				Lisina da Farinha de Peixe			
	1,06%	1,59%	2,12%	2,64%	1,06%	1,59%	2,12%	2,64%
Dieta referência (%)	95,50	95,50	95,50	95,50	80,72	71,60	62,47	53,35
Óxido de crômio - III (%)	1,00	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
L - Lisina 78 (%)	1,30	1,96	2,61	3,25	-	-	-	-
Farinha de peixe (%)	-	-	-	-	18,28	27,40	36,53	45,65
Caulim (%)	2,20	1,54	0,89	0,25	-	-	-	-
Composição analisada:								
Matéria Seca (%)	96,60	96,45	95,91	95,76	96,80	97,77	97,14	96,59
Proteína Bruta (%)	34,01	35,08	34,92	35,16	41,85	45,43	48,96	51,91
Extrato Etéreo (%)	6,12	6,20	6,56	7,56	8,15	7,75	8,36	8,61
Energia Bruta (kcal/kg)	4425	4458	4468	4499	4588	4611	4625	4637
Fibra Bruta (%) ²	4,33	4,33	4,33	4,33	3,66	3,24	2,83	2,42
Matéria Mineral (%)	9,84	9,28	8,60	7,86	9,73	10,40	11,06	11,42
Extrato Não Nitrogenado (%) ²	42,30	41,56	41,50	40,85	33,41	30,95	25,93	22,23
Arginina (%)	2,28	2,28	2,28	2,28	2,93	3,20	3,48	3,76
Histidina (%)	0,78	0,78	0,78	0,78	1,03	1,15	1,26	1,37
Isoleucina (%)	1,39	1,39	1,39	1,39	1,76	1,91	2,07	2,22
Leucina (%)	2,42	2,42	2,42	2,42	2,97	3,20	3,43	3,66
Lisina (%)	3,23	3,77	4,30	4,82	2,90	3,22	3,54	3,86
Metionina (%)	0,52	0,52	0,52	0,52	0,84	0,99	1,14	1,29
Fenilalanina (%)	1,38	1,38	1,38	1,38	1,67	1,79	1,92	2,04
Treonina (%)	1,25	1,25	1,25	1,25	1,60	1,76	1,91	2,06
Valina (%)	1,53	1,53	1,53	1,53	3,02	2,86	2,70	2,53
A. Aspárico (%)	3,12	3,12	3,12	3,12	5,59	5,33	5,06	4,80
A. Glutâmico (%)	5,31	5,31	5,31	5,31	8,50	8,16	7,82	7,48
Alanina (%)	1,88	1,88	1,88	1,88	4,05	3,81	3,57	3,34
Cistina (%)	0,25	0,25	0,25	0,25	0,53	0,50	0,47	0,44
Glicina (%)	1,64	1,64	1,64	1,64	3,55	3,34	3,13	2,92
Serina (%)	1,36	1,36	1,36	1,36	2,40	2,29	2,17	2,06
Prolina (%)	1,56	1,56	1,56	1,56	2,40	2,32	2,23	2,14
Tirosina (%)	0,79	0,79	0,79	0,79	2,06	1,92	1,78	1,64

²Valores calculados segundo ROSTAGNO et al. (2005).

Tabela 5. Formulação e composição das dietas teste do ensaio IV (valores com base na matéria natural).

Ingredientes	DL - Metionina 98				Metionina da Farinha de Peixe			
	0,40%	0,60%	0,80%	1,00%	0,40%	0,60%	0,80%	1,00%
Dieta referência (%)	95,50	95,50	95,50	95,50	80,72	71,60	62,47	53,35
Óxido de cromo - III (%)	1,00	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
DL - Metionina 98 (%)	0,40	0,60	0,80	1,00	-	-	-	-
Farinha de peixe (%)	-	-	-	-	18,28	27,40	36,53	45,65
Caulim (%)	3,10	2,90	2,70	2,50	-	-	-	-
Composição analisada:								
Matéria Seca (%)	95,60	94,55	94,43	95,00	96,80	97,77	97,14	96,59
Proteína Bruta (%)	32,55	32,18	33,07	32,63	41,85	45,43	48,96	51,91
Extrato Etéreo (%)	7,50	7,25	7,34	7,54	8,15	7,75	8,36	8,61
Energia Bruta (kcal/kg)	4322	4283	4297	4344	4588	4611	4625	4637
Fibra Bruta (%) ²	4,33	4,33	4,33	4,33	3,66	3,24	2,83	2,42
Matéria Mineral (%)	9,98	9,75	9,70	9,38	9,73	10,40	11,06	11,42
Extrato Não Nitrogenado (%) ²	41,24	41,04	39,99	41,12	33,41	30,95	25,93	22,23
Arginina (%)	2,28	2,28	2,28	2,28	2,93	3,20	3,48	3,76
Histidina (%)	0,78	0,78	0,78	0,78	1,03	1,15	1,26	1,37
Isoleucina (%)	1,39	1,39	1,39	1,39	1,76	1,91	2,07	2,22
Leucina (%)	2,42	2,42	2,42	2,42	2,97	3,20	3,43	3,66
Lisina (%)	2,18	2,18	2,18	2,18	2,90	3,22	3,54	3,86
Metionina (%)	0,91	1,11	1,31	1,51	0,84	0,99	1,14	1,29
Fenilalanina (%)	1,38	1,38	1,38	1,38	1,67	1,79	1,92	2,04
Treonina (%)	1,25	1,25	1,25	1,25	1,60	1,76	1,91	2,06
Valina (%)	1,53	1,53	1,53	1,53	3,02	2,86	2,70	2,53
A. Aspárico (%)	3,12	3,12	3,12	3,12	5,59	5,33	5,06	4,80
A. Glutâmico (%)	5,31	5,31	5,31	5,31	8,50	8,16	7,82	7,48
Alanina (%)	1,88	1,88	1,88	1,88	4,05	3,81	3,57	3,34
Cistina (%)	0,25	0,25	0,25	0,25	0,53	0,50	0,47	0,44
Glicina (%)	1,64	1,64	1,64	1,64	3,55	3,34	3,13	2,92
Serina (%)	1,36	1,36	1,36	1,36	2,40	2,29	2,17	2,06
Prolina (%)	1,56	1,56	1,56	1,56	2,40	2,32	2,23	2,14
Tirosina (%)	0,79	0,79	0,79	0,79	2,06	1,92	1,78	1,64

²Valores calculados segundo ROSTAGNO et al. (2005).

5.3. Manejo e Coleta de Fezes

As determinações dos coeficientes de digestibilidade da energia, proteína, gordura, aminoácidos e amido das dietas e dos alimentos foram realizados pelo método de coleta parcial de excretas, utilizando-se o óxido de cromo-III como marcador inerte.

Após o período de adaptação de 15 dias, durante o qual os peixes receberam somente a dieta referência, foi feita uma coleta inicial de fezes; em seguida, iniciou-se o arraçoamento com as dietas-teste, que foram fornecidas durante cinco dias, até a saciedade aparente, duas vezes ao dia (com exceção do dia anterior à coleta, quando os animais foram alimentados três vezes).

Na manhã do sexto dia de alimentação, os peixes foram alimentados e transferidos imediatamente para os coletores, onde as fezes foram coletadas com intervalos de 30 minutos. As fezes foram armazenadas em freezer até que a quantidade fosse suficiente para as determinações das concentrações de marcador, proteína bruta, amido, extrato etéreo, aminoácidos e energia bruta.

Terminada a fase de coleta, as amostras foram liofilizadas. Posteriormente retirou-se eventuais escamas e as amostras foram moídas em micro moinho e armazenadas em freezer (-18°C) até a realização das análises laboratoriais.

5.4. Análises Laboratoriais

As concentrações de óxido de cromo-III das fezes e das rações foram determinadas por digestão nitro-perclórica, de acordo com a metodologia descrita por FURUKAWA e TSUKAHARA (1966), o extrato etéreo pelo método de hidrólise ácida, ambos no Laboratório de Nutrição de Organismos Aquáticos do CAUNESP. As análises de energia bruta (bomba calorimétrica de Parr) e proteína bruta através do LECO FP 528 nitrogen analyzer (LECO Instruments, St Joseph, Michigan, USA), foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da Unesp, Câmpus de Jaboticabal. As análises de aminoácidos totais foram realizadas por hidrólise ácida e cromatografia de troca iônica (HPLC), no Laboratório de Fontes

Proteínas da Faculdade de Engenharia de Alimentos/UNICAMP. As análises de amido foram realizadas pelo método de HENDRIX (1993) para a extração, e ácido dinitrosalicínico (DNSA) para leitura colorimétrica (MILLER, 1959), no Laboratório de Ingredientes e Gases Poluentes (LIGAP) da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da Unesp, Câmpus de Jaboticabal.

A partir da análise quantitativa do marcador e de posse dos valores dos nutrientes presentes nas dietas e nas fezes, os coeficientes de digestibilidade aparente das rações (CDA) foram estimados conforme NOSE (1966):

$$CDA = 100 - \left[100 \left(\frac{\% \text{ de marcador na dieta}}{\% \text{ de marcador nas fezes}} \times \frac{\% \text{ de nutrientes nas fezes}}{\% \text{ de nutrientes na dieta}} \right) \right]$$

De acordo com CAMPBELL et al. (1983), em ensaios de digestibilidade, quando o nível de inclusão do ingrediente teste constitui pequena fração da dieta fornecida aos animais, pode-se superestimar os coeficientes de digestibilidade. Desta forma, com o objetivo de minimizar os erros, utilizou-se dois métodos para o cálculo da digestibilidade dos ingredientes.

Para os alimentos de baixa inclusão como os óleos e os aminoácidos (ensaios II, III e IV) aplicou-se o método do aminoácido ou extrato etéreo digestível (HENN et al., 2006), o qual é feito por meio de análises de regressão, tendo como variável independente (X) o percentual de aminoácido ou extrato etéreo adicionado às dietas e como variável dependente (Y) o percentual de aminoácido digestível ou extrato etéreo digestível presentes nas dietas. A inclinação da reta corresponde ao coeficiente de digestibilidade aparente do nutriente para o ingrediente-teste. Para realizar as análises de regressão, no cálculo da digestibilidade dos ingredientes através deste método, optou-se em dividir os níveis de dois em dois, já que são necessários no mínimo três pontos para projeção da reta de regressão.

Para o amido (ensaio I) que foi incluído na dieta referência em níveis mais elevados, adotou-se a equação descrita por REIGHT et al. (1990), a qual permite o cálculo do coeficiente de digestibilidade para cada nível de inclusão separadamente:

$$CDA(\%) = (100 / X) \times [teste - (Y / 100 \times referência)]$$

X = Porcentagem de inclusão do ingrediente na dieta teste.

Y = Porcentagem de dieta referência.

Teste = Digestibilidade aparente do nutriente presente na dieta teste.

Referência = Digestibilidade aparente do nutriente presente na dieta referência.

5.5. Delineamento Experimental

O delineamento experimental adotado em cada um dos quatro ensaios foi inteiramente casualizado com oito tratamentos em esquema fatorial 2x4 (duas formas ou processamentos dos ingredientes e quatro níveis de inclusão), com quatro repetições.

5.6. Análises Estatísticas

Os dados foram previamente submetidos aos testes de normalidade e de homogeneidade da variância. As médias dos tratamentos (fontes ou processamentos) foram comparadas pelo teste de Tukey. Os níveis de inclusão foram submetidos à análise de regressão; quando não foram encontradas regressões significativas, adotou-se o teste de Tukey. As análises estatísticas foram realizadas utilizando-se o software SAS versão 9.0 ao nível de 5% de significância.

6.RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1. Ensaio I – Níveis e processamentos de amido em dietas para tilápia-do-nilo

Os coeficientes de digestibilidade aparente da proteína bruta (CD_{PB}), da energia bruta (CD_{EB}), do extrato etéreo (CD_{EE}) e do amido das dietas-teste (CD_{DA}) e os coeficientes de digestibilidade do ingrediente amido (CD_{AM}), em diferentes níveis de adição, com dois processamentos, estão apresentados na Tabela 6. Observou-se que as diferenças foram significativas para os efeitos de níveis e de processamentos, para as médias de CD_{EB} , CD_{DA} e CD_{AM} . Não houve interação ($p>0,05$) entre os níveis e os processamentos para os parâmetros avaliados.

As médias de CD_{EB} diminuíram ($p<0,05$) quando utilizou-se o nível de adição do amido de 40%. Embora as médias de CD_{PB} e CD_{EE} não tenham diferido estatisticamente, tanto para os níveis, quanto para os processamentos, houve aparente diminuição numérica com a elevação dos níveis. Em relação ao processamento, o amido geleificado apresentou maiores ($p<0,05$) CD_{EB} , CD_{DA} e CD_{AM} quando comparado com o amido crú.

Os parâmetros foram submetidos a análises de regressão; porém, somente os CD_{DA} e CD_{AM} apresentaram efeitos lineares platô significativos. Através das equações (figuras 2 e 3) foi possível determinar o nível de 25,32% (55,08% de ENN na dieta) e o nível de 27,87% (56,45% de ENN na dieta), como os níveis que proporcionaram maior digestibilidade do amido da dieta-teste e do ingrediente, respectivamente.

Tabela 6 – Valores de F e médias dos coeficientes de digestibilidade aparente da proteína bruta (CD_{PB}), da energia bruta (CD_{EB}), do extrato etéreo (CD_{EE}) e do amido (CD_{DA}) de dietas-teste e os coeficientes de digestibilidade do ingrediente amido (CD_{AM}) para tilápia-do-nilo contendo diferentes níveis e processamentos de amidos.

Estatística	Parâmetros avaliados, %				
	Dietas-teste				Ingrediente
	CD _{PB}	CD _{EB}	CD _{EE}	CD _{DA} ¹	CD _{Am} ²
Médias para níveis de adição de amido:					
10 %	83,29	64,16 ^a	77,31	73,47	62,98
20 %	82,95	63,68 ^a	76,31	72,93	66,56
30 %	82,28	62,09 ^a	75,11	69,92	65,62
40 %	81,63	57,76 ^b	73,82	60,31	36,96
Médias para:					
Amido Crú	83,07	59,04 ^b	75,91	65,87 ^b	49,69 ^b
Amido Geleificado	82,00	64,80 ^a	75,37	72,99 ^a	63,13 ^a
CV (%)	2,08	4,80	4,15	6,04	25,01
Valores de F para:					
Efeito dos níveis de amido (N)	1,49 ^{NS}	7,69 *	1,84 ^{NS}	13,21*	6,87 *
Efeito dos processamentos do amido (P)	3,07 ^{NS}	30,07 *	0,24 ^{NS}	19,12*	4,79 *
Efeito da interação (N X P)	0,89 ^{NS}	4,22 ^{NS}	3,95 ^{NS}	2,85 ^{NS}	1,02 ^{NS}

¹ Efeito linear platô quadrático significativo: CD_{DA} ($y = 73,2026 - 0,0643 \cdot (25,3226 - x)^2$; $R^2 = 0,58$)

² Efeito linear platô quadrático significativo: CD_{Am} ($y = 65,0562 - 0,5733 \cdot (27,8750 - x)^2$; $R^2 = 0,45$)

^{a,b} - letras minúsculas diferentes na mesma coluna diferem pelo teste de Tukey ($p < 0,05$);

CV - coeficiente de variação;

NS - não significativo;

* - significativo.

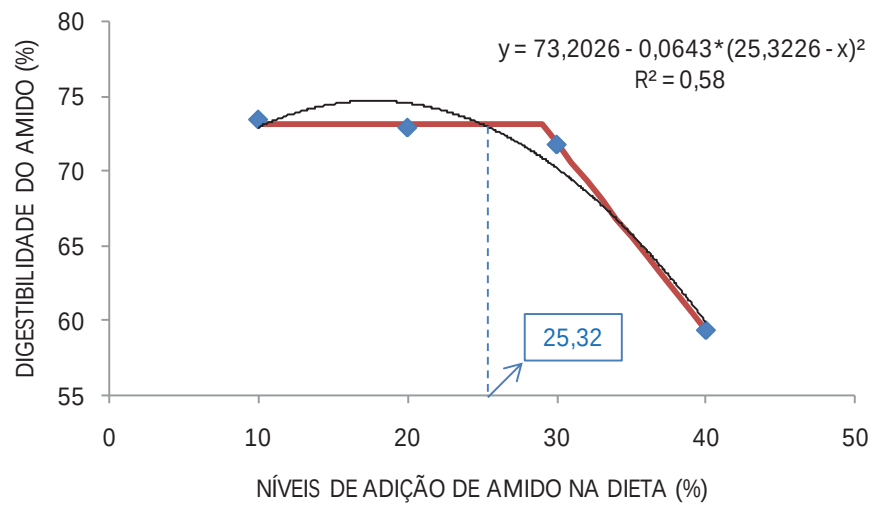


Figura 2 – Coeficientes de digestibilidade aparente do amido das dietas-teste em função dos diferentes níveis de adição de amido.

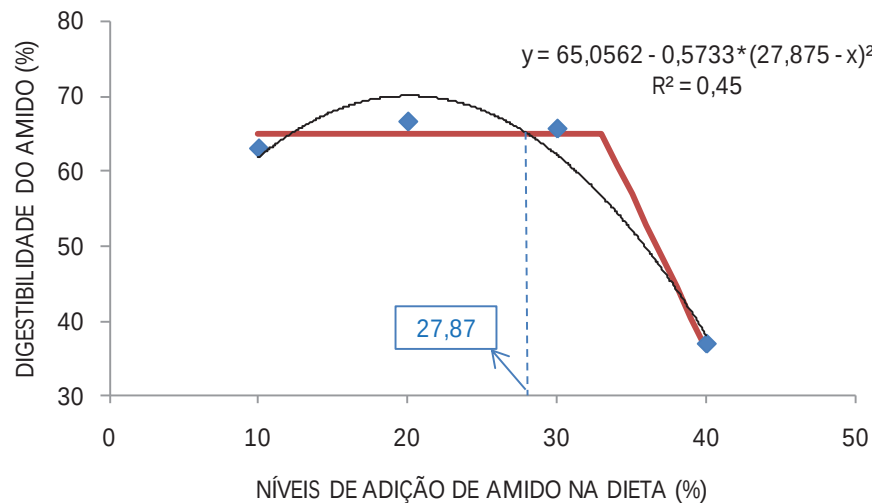


Figura 3 – Coeficientes de digestibilidade aparente do amido (ingrediente) em função dos diferentes níveis de amido adicionados nas dietas.

SAAD (1989), em estudo com bagre do canal, *Ictalurus punctatus*, avaliou a digestibilidade de dietas com diferentes níveis de inclusão de amido cru e de amido geleificado. Os níveis estudados foram 12,5; 25 e 50%. Para estes níveis o autor encontrou os coeficientes de digestibilidade do amido cru nas dietas de 72,8; 60,9 e 55,1%, respectivamente e coeficientes de digestibilidade do amido geleificado de 83,1; 78,3 e 66,5%, respectivamente. Estes coeficientes de digestibilidade encontrados pelo autor assemelham-se aos observados no presente trabalho, onde os níveis estudados de 10; 20; 30 e 40% de adição de amido na dieta representaram coeficientes de digestibilidade médios para o amido cru e amido geleificado de 73,47; 72,93; 69,92 e 60,31%, respectivamente. Estudos semelhantes foram realizados por INABA et al. (1963) e SINGH e NOSE (1967) com truta arco-íris; nestes, os autores também verificaram a diminuição na digestibilidade do amido com o aumento do nível de inclusão do ingrediente.

Embora trabalhos como o realizado por CAHU e ZAMBONINO-INFANTE (1994) tenham mostrado aumento na atividade da amilase com elevação da inclusão do amido na dieta, resultados de outros estudos (SAAD, 1989; INABA et al., 1963 e SINGH e NOSE, 1967), mostraram que esta elevação pode ser insuficiente, quando os níveis de amido são altos. Em ingestão excessiva, quantidades elevadas de amido alcançam o íleo, que através de mecanismos intrínsecos leva a interrupção na secreção de enzimas pancreáticas e intestinais, (MALJAARS et al., 2008). Desta forma é possível observar que embora o amido seja facilmente digerido por peixes onívoros (SHIAU e CHUANG, 1995), como a tilápia-do-nilo, existem limites de inclusão para otimizar o seu aproveitamento. No presente trabalho, embora não tenha sido feita quantificação enzimática, a redução da digestibilidade do amido com a elevação dos níveis de inclusão, pode estar associada à possível quantidade insuficiente da amilase. Desta forma parte desse amido foi eliminado nas fezes sem sofrer ação desta enzima, não sendo digerido.

Em relação ao processamento, diversos autores (PHILLIPS et al., 1948; SMITH, 1976; SMITH et al., 1980), relataram uma maior digestibilidade do amido geleificado em relação ao amido cru. Estes relatos condizem com os resultados encontrados no

presente trabalho, onde o amido geleificado também apresentou uma maior digestibilidade, uma vez que durante o processo de geleificação, os grânulos de amido absorvem água, incham, exudam parte da amilose e tornam – se mais suscetíveis à degradação enzimática, perdendo a birrefringência (ROONEY e PFLUGFELDER, 1986).

6.2. Ensaio II – Níveis e fontes de óleo em dietas para tilápia-do-nilo

Os coeficientes de digestibilidade de PB, EB e do EE das dietas-teste contendo diferentes níveis de adição de óleos de duas fontes estão representados na Tabela 7. Observou-se diferenças significativas para os efeitos dos níveis e das fontes de óleo, apenas para os CD_{EE} . Não houve interação ($p>0,05$) entre os efeitos dos níveis e das fontes para os parâmetros avaliados.

Os coeficientes de digestibilidade aparente do extrato etéreo diminuíram ($p<0,05$) à medida que aumentaram os níveis de adição de óleo. O óleo de soja proporcionou maior ($p<0,05$) CD_{EE} das dietas em relação ao óleo de vísceras de frango (78,38 e 75,91%, respectivamente). Todos os parâmetros foram submetidos a análises de regressão; porém, somente o coeficiente de digestibilidade do extrato etéreo apresentou efeito linear decrescente significativo (Figura 4).

Poucos trabalhos foram realizados com o objetivo de analisar o efeito do nível de inclusão de óleos na digestibilidade dos nutrientes para peixes, bem como as diferentes fontes de gorduras. LANNA et al. (2004) estudaram o efeito da inclusão de 0 e 10% de óleo de soja em dietas para tilápia-do-nilo; os autores observaram que o nível de 10% apresentou coeficientes de digestibilidade aparente do extrato etéreo maiores em comparação ao nível de 0% (97,45 e 83,58%, respectivamente). Estes resultados foram contrários aos observados no presente trabalho, uma vez que ao aumentar os níveis de inclusão do óleo, independentemente da fonte, os coeficientes de digestibilidade do extrato etéreo das dietas diminuíram linearmente. Estas diferenças podem ser explicadas, uma vez que no trabalho de LANNA et al. (2004), o nível 0, não continha adição de óleo, apenas o extrato etéreo proveniente dos ingredientes que compunham a dieta, e segundo BOSCOLO et al. (2002) a digestibilidade da gordura proveniente dos óleo é superior em relação dos demais ingredientes, devido a sua maior disponibilidade.

Tabela 7 – Valores de F e médias dos coeficientes de digestibilidade aparente da proteína bruta (CD_{PB}), da energia bruta (CD_{EB}) e do extrato etéreo (CD_{EE}) de dietas-teste para tilápia-do-nilo contendo diferentes níveis e fontes de óleo.

Estatística	Parâmetros avaliados, %		
	CD _{PB}	CD _{EB}	CD _{EE} ¹
Médias para níveis de adição de óleo:			
3 %	81,47	66,37	81,73
6 %	82,08	65,61	78,56
9 %	83,44	64,56	75,74
12 %	82,74	62,35	72,54
Médias para:			
Óleo de Soja	82,07	63,85	78,38 ^a
Óleo de Vísceras de Frango	82,79	65,60	75,91 ^b
CV (%)	3,63	6,13	2,85
Valores de F para:			
Efeito dos níveis de óleo (N)	0,64 ^{NS}	1,55 ^{NS}	25,45 *
Efeito das fontes de óleo (F)	0,46 ^{NS}	1,55 ^{NS}	10,15 *
Efeito da Interação (N X F)	0,79 ^{NS}	1,61 ^{NS}	2,00 ^{NS}

¹ Efeito linear significativo: CD_{EE} ($y = -1,297x + 86,149$; $R^2 = 0,60$)

^{a,b} - letras minúsculas diferentes na mesma coluna diferem pelo teste de Tukey ($p < 0,05$);

CV - coeficiente de variação;

NS - não significativo;

* - significativo .

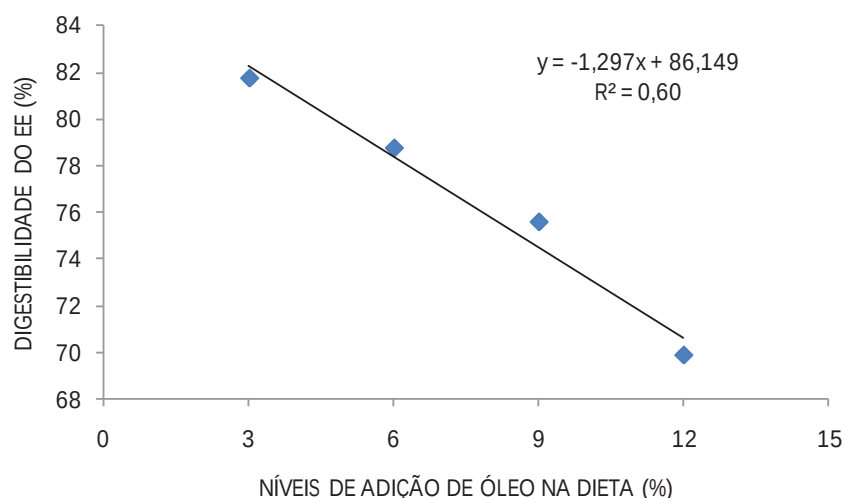


Figura 4 – Coeficientes de digestibilidade aparente do extrato etéreo de dietas contendo diferentes níveis de adição de óleo.

Neste mesmo estudo, LANNA et al. (2004) observaram que os coeficientes de digestibilidade da proteína das dietas que tiveram os níveis de óleo aumentados, não foram influenciadas, permanecendo igual para os dois níveis; o mesmo ocorreu no presente trabalho, onde as dietas acrescidas de 3, 6, 9 e 12% de óleo não causaram efeito deletério e nem positivo sobre os CD_{PB} e CD_{EB} . Já para ABIMORAD e CARNEIRO, em estudo com pacu, observaram que quando aumentou-se o nível de 4 para 8% de extrato etéreo nas dietas, os coeficientes de digestibilidade da proteína bruta diminuíram.

MEURER et al. (2002) estudaram níveis de 3 a 12% de lipídeos na alimentação de juvenis de tilápia-do-nilo e observaram que ocorreu uma redução linear da conversão alimentar conforme os níveis de lipídeos aumentaram, demonstrando que altos níveis de lipídeos diminuem o aproveitamento do alimento por esta espécie, o que implica em uma maior excreção de material fecal para o meio, com conseqüente aumento da carga poluente; estes resultados condizem com os encontrados no presente estudo, uma vez que ao aumentar os níveis de óleo, diminuiu-se o aproveitamento do extrato etéreo.

Na Tabela 8 são apresentadas as médias dos CD_{EE} para o ingrediente em diferentes níveis de adição e duas fontes. Para estas variáveis, não foi possível realizar análises estatísticas para comparar os níveis e as fontes, uma vez que utilizou-se o método da gordura digestível (HENN et al., 2006), onde o CD_{EE} para cada ingrediente-teste foi calculado por meio de análises de regressão (Figuras 5 e 6), tendo como variável independente (X), o percentual de extrato etéreo adicionado à dieta, e como variável dependente (Y), o percentual de extrato etéreo digestível da dieta. A inclinação da reta correspondeu ao CD_{EE} do ingrediente testado.

Tabela 8 – Médias dos coeficientes de digestibilidade aparente do extrato etéreo (CD_{EE}) do ingrediente para tilápia-do-nilo contendo diferentes níveis e fontes de óleo.

Níveis de adição de óleo (%)	CD_{EE} , %	
	Óleo de Soja	Óleo de Visc. de Frango
3 e 6	85,53	85,82
9 e 12	76,76	68,95

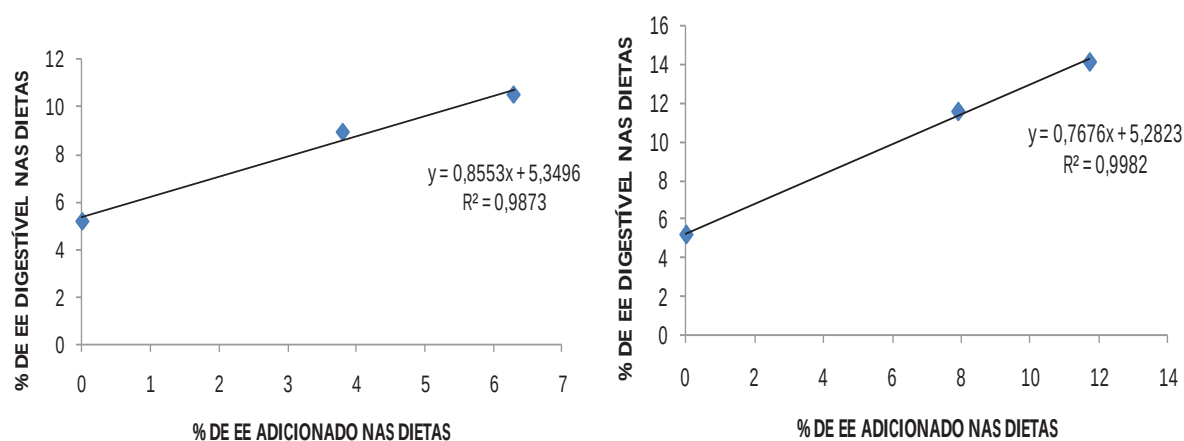


Figura 5 – Regressão linear do extrato etéreo digestível para diferentes níveis de adição do óleo de soja.

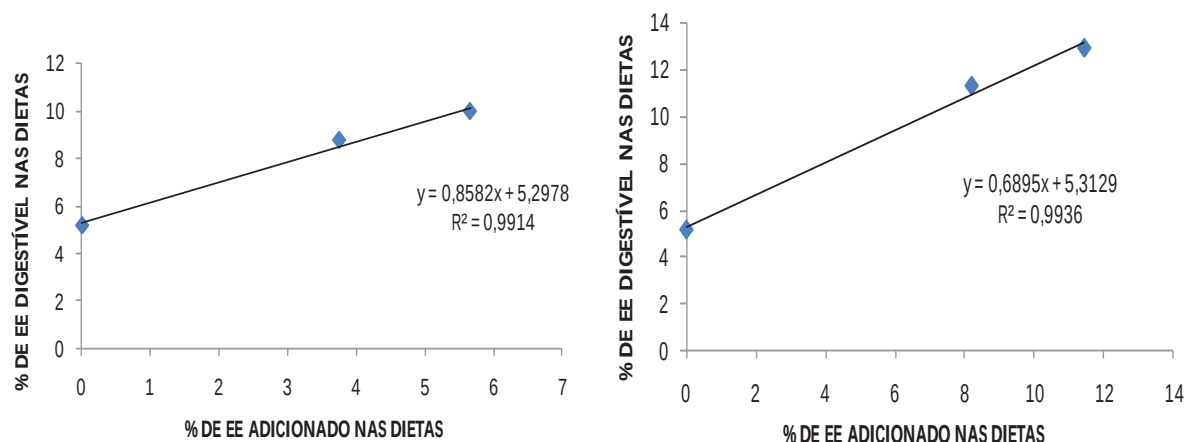


Figura 6 – Regressão linear do extrato etéreo digestível para diferentes níveis de adição do óleo de vísceras de frango.

Optou-se em dividir os níveis em 3%; 6% e 9%; 12%, já que com esse método não é possível compará-los individualmente. Os CD_{EE} das duas fontes foram parecidos, embora quando adicionado em níveis mais elevados, o óleo de vísceras de frango apresentou menor CD_{EE} em comparação ao óleo de soja. Para as duas fontes, as médias de CD_{EE} diminuíram à medida em que o nível de adição aumentou.

Para peixes não foi possível encontrar na literatura trabalhos que comparassem a digestibilidade do óleo de soja com o óleo de vísceras de frango. JUNQUEIRA et al. (2005), em estudo de fontes lipídicas para aves, encontraram coeficientes de digestibilidade maiores para o óleo de soja, em comparação ao óleo de vísceras de frango (93,25 e 84,54%, respectivamente). Os resultados obtidos no presente estudo para os níveis de 9 e 12% de inclusão estão de acordo com os obtidos por JUNQUEIRA et al. (2005), uma vez que para estes níveis o óleo de soja proporcionou um maior aproveitamento do nutriente, provavelmente pelo seu perfil mais adequado de ácidos graxos para a espécie.

6.3. Ensaio III – Níveis e fontes de lisina em dietas para tilápia-do-nilo

Na Tabela 9 são apresentados os coeficientes de digestibilidade aparente da lisina (CD_{LIS}) das dietas-teste contendo diferentes níveis de adição de duas fontes de lisina. Observou-se diferenças significativas para os níveis de lisina nas dietas e também entre as fontes. Não houve interação ($p>0,05$) entre os níveis e as fontes para o CD_{LIS} das dietas.

Os CD_{LIS} das dietas aumentaram ($p<0,05$) à medida em que o nível de adição de lisina aumentou. A fonte sintética apresentou CD_{LIS} das dietas maiores ($p<0,05$), em relação à fonte natural, oriunda da farinha de peixe. As médias dos CD_{LIS} foram submetidas a análises de regressão, as quais apresentaram efeito linear crescente significativo (Figura 7).

Trabalhos realizados com tilápia-do-nilo, para avaliar o melhor nível de lisina em dietas foram realizados por diversos autores, entre eles, FURUYA et al. (2006) e TAKISHITA et al. (2009), BOMFIM et al. (2010). Em todos os trabalhos, os autores encontraram melhora linear na conversão alimentar com a elevação dos níveis de lisina digestível na dieta. Estes resultados assemelham-se com os encontrados no presente estudo. Embora tenham verificado apenas a conversão alimentar, é possível relacioná-la com a digestibilidade, uma vez que para se ter uma boa conversão alimentar é necessário que a digestibilidade tenha sido elevada.

Tabela 9 – Valores de F e médias dos coeficientes de digestibilidade aparente da lisina (CD_{LIS}) de dietas-teste para tilápia-do-nilo contendo diferentes níveis e fontes de lisina.

Estatística:	Parâmetro avaliado, %
	CD_{LIS}^1
Médias para níveis de adição de lisina:	
1,06 %	91,69
1,59 %	91,78
2,12 %	93,26
2,64 %	93,94
Médias para:	
L-Lisina 78	93,41 ^a
Lisina da Farinha de Peixe	91,93 ^b
CV (%)	1,50
Valores de F para:	
Efeito dos níveis de lisina (N)	5,10 *
Efeito das fontes de lisina (F)	9,04 *
Efeito da Interação (N X F)	2,75 ^{NS}

¹ Efeito linear significativo: CD_{LIS} ($y = 1,6074x + 89,815$; $R^2 = 0,27$)

^{a,b} - letras minúsculas diferentes na mesma coluna diferem pelo teste de Tukey ($p < 0,05$);

CV - coeficiente de variação;

NS - não significativo;

* - significativo pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

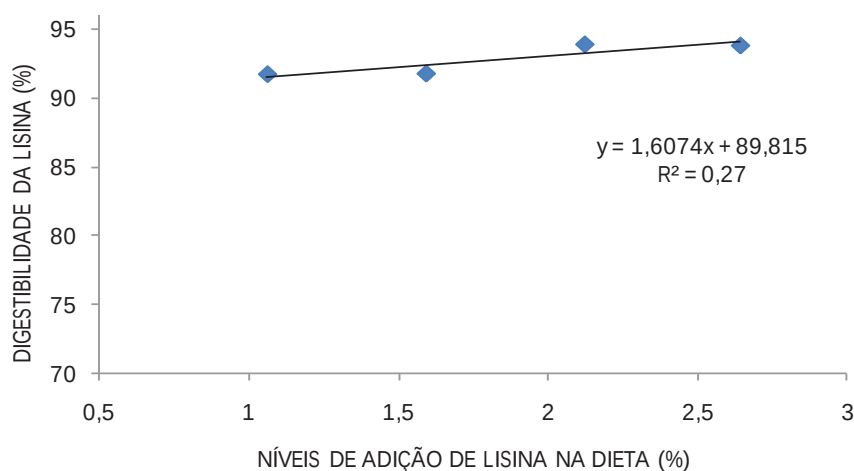


Figura 7 – Coeficientes de digestibilidade aparente da lisina de dietas contendo diferentes níveis de adição de lisina.

Na Tabela 10 são apresentados os coeficientes de digestibilidade aparente da lisina do ingrediente em diferentes níveis de adição com duas fontes. Para estas variáveis não foi possível realizar análises estatísticas para comparar os níveis e as fontes, já que o método utilizado foi similar ao utilizado na determinação do coeficiente de digestibilidade aparente da gordura dos óleos (HENN et al., 2006), no ensaio anterior. Neste método, intitulado de método da lisina digestível, o CD_{LIS} para cada ingrediente-teste foi calculado por meio de análises de regressão (Figuras 8 e 9), tendo como variável independente (X), o percentual de lisina adicionada à dieta, e como variável dependente (Y), o percentual de lisina digestível da dieta. A inclinação da reta correspondeu ao CD_{LIS} do ingrediente testado.

Optou-se em dividir os níveis em 1,06%; 1,59% e 2,12%; 2,64%, já que com esse método não é possível compará-los individualmente. Os CD_{LIS} das duas fontes apresentaram diferenças elevadas, sendo que a lisina sintética possui um CD_{LIS} maior em relação à lisina oriunda da farinha de peixe. Para as duas fontes, o CD_{LIS} aumentou à medida que o nível de adição foi elevado.

FURUYA et al. (2001) estudaram os coeficientes de digestibilidade de alguns ingredientes para tilápia-do-nilo, entre eles a farinha de peixe, e encontraram 82,55% de digestibilidade para lisina proveniente deste ingrediente; no presente trabalho, os

coeficientes foram de 88,72 e 94,31%, para os níveis de 1,06; 1,59 e 2,12; 2,64%, respectivamente. FURUYA et al. (2001) utilizaram uma dieta referência purificada, diferente do presente trabalho, onde optou-se por uma dieta prática, os níveis de proteína bruta das farinhas de peixe estudadas nos dois trabalhos também foram diferentes, já que FURUYA et al. (2001) optaram por uma farinha de peixe com um menor nível protéico (53,22%).

Além disso, pode haver correlação do coeficiente de digestibilidade da lisina com a composição de aminoácidos presentes nos ingredientes, uma vez que a absorção de um aminoácido pode estar ligado a presença de outros (FURUYA et al., 2006). Desta forma, ao comparar trabalhos que utilizem farinhas de peixes diferentes, bem como dietas referências purificadas e não práticas, os resultados dos coeficientes de digestibilidade dos aminoácidos podem ser alterados.

VIOLA et al. (1994) sugeriram que a tilápia é uma das espécies que não utiliza de forma tão eficiente os aminoácidos sintéticos quanto as proteínas dietéticas intactas, ao contrário do observado no presente trabalho, uma vez que a digestibilidade dos aminoácidos sintéticos foram superiores aos dos aminoácidos ligados a proteína. De acordo com YAMADA (1981) e SCHUHMACHER et al. (1997), o menor desempenho obtido com peixes recebendo aminoácidos sintéticos pode ser atribuído à sua rápida absorção. Esse fato pode consequentemente levar à maior taxa de catabolismo desses aminoácidos (BALDISSEROTTO, 2002), sendo estes direcionados preferencialmente para o metabolismo energético do que para a síntese de proteínas (LI e ROBINSON, 1998), reduzindo assim a eficiência de sua utilização.

De acordo com ZARATE e LOVELL (1997), os aminoácidos sintéticos podem ser perdidos por lixiviação, já que são altamente solúveis no meio aquático, em relação aos ligados à proteína. Essa lixiviação pode resultar em elevada eutrofização, já que o nitrogênio é considerado a principal fonte de poluição (RICHE e BROWN, 1996) e também mascarar os coeficientes de digestibilidade encontrados para as fontes sintéticas.

As exigências de lisina para tilápia-do-nilo encontradas na literatura variam, com recomendações de 1,40 a 1,80% de lisina total (BOMFIM et al., 2010), desta forma

observou-se que mesmo apresentando dietas com níveis acima dos recomendados na literatura, foi possível obter coeficientes de digestibilidade variando de 88,72 a 98,16 % de acordo com a fonte e com os níveis estudados, o que denota a boa absorção deste aminoácido pela espécie.

Tabela 10 – Médias dos coeficientes de digestibilidade aparente da lisina (CD_{LIS}) do ingrediente para tilápia-do-nilo contendo diferentes níveis e fontes de lisina.

Níveis de adição de lisina (%)	CD_{LIS} , %	
	L-Lisina 78	Lisina da Far. de Peixe
1,06 e 1,59	91,77	88,72
2,12 e 2,64	98,16	94,31

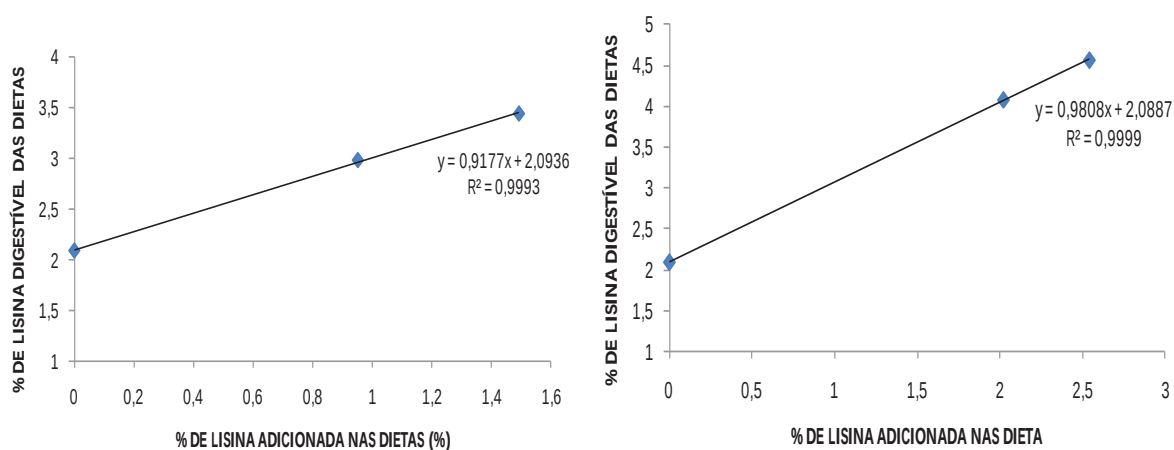


Figura 8 – Regressão linear da lisina digestível para diferentes níveis de adição da lisina sintética.

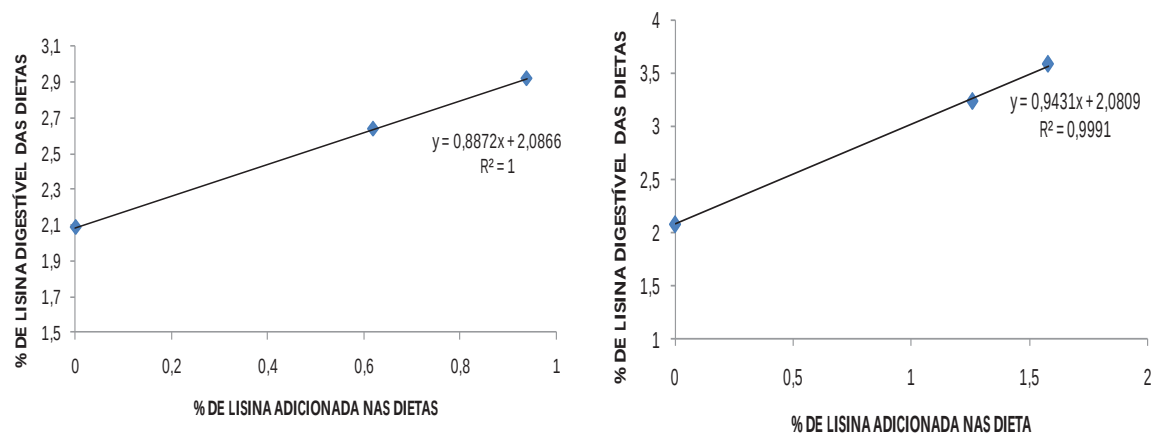


Figura 9 – Regressão linear da lisina digestível para diferentes níveis de adição da lisina da farinha de peixe.

6.4. Ensaio IV – Níveis e fontes de metionina em dietas para tilápia-do-nilo

Os coeficientes de digestibilidade aparente da metionina (CD_{MET}) das dietas-teste contendo diferentes níveis de adição de duas fontes de metionina são apresentados na Tabela 11. Foram observadas diferenças significativas para os efeitos dos níveis de metionina nas dietas e também entre as fontes. Não houve interação ($p>0,05$) entre os níveis e as fontes para o CD_{MET} das dietas.

Os CD_{MET} das dietas aumentaram ($p<0,05$) à medida em que o nível de adição de metionina aumentou, com exceção do nível 0,6%, que apresentou o menor CD_{MET} . A fonte sintética apresentou CD_{MET} das dietas maiores ($p<0,05$), em relação à fonte natural, oriunda da farinha de peixe. As médias do CD_{MET} foram submetidas a análises de regressão, que não apresentaram efeitos significativos.

Os estudos da necessidade de suplementação com lisina e/ou metionina em dietas práticas com diferentes níveis de proteína são contraditórios para algumas espécies de peixes, pois o benefício (SHIAU et al., 1988; KUBITZA, 1990; BURTLE e CAI, 1995; ZARATE e LOVELL, 1997) ou não (SHIAU et al., 1989; LI e ROBINSON, 1998; WEBSTER et al., 2000) desta suplementação depende principalmente de fatores, como o hábito alimentar das espécies.

Na literatura não foi possível encontrar trabalhos pertinentes que relacionassem níveis de inclusão de metionina com a digestibilidade deste aminoácido; porém, alguns trabalhos foram realizados para avaliar o efeito da suplementação dietética da metionina sobre o desempenho da tilápia-do-nilo. BOMBARDELLI et al. (2003), concluíram que, na fase inicial de criação, a suplementação dietética do aminoácido sintético DL-metionina não influenciou o desempenho dos animais alimentados com rações contendo níveis acima de 0,56% de metionina total. Da mesma forma GRACIANO et al. (2010) observaram que a suplementação de dietas com metionina não afetou o desempenho da tilápia-do-nilo.

Para FURUYA et al. (2004), níveis elevados de metionina (acima de 0,54% da dieta) podem piorar a conversão alimentar da tilápia-do-nilo; já no presente trabalho observou-se a melhora dos coeficientes de digestibilidade com o aumento dos níveis de

adição de metionina, sendo o nível de 1,0%, o que proporcionou o melhor coeficiente de digestibilidade para espécie. Estes resultados contradizem os encontrados por FURUYA et al. (2004), já que para se obter uma boa conversão alimentar é necessário que a digestibilidade seja elevada. Da mesma forma, COYLE et al. (2000) pesquisaram as exigências do peixe carnívoro “black bass”, *Micropterus salmoides*, alimentado com dietas suplementadas com 1% de metionina e concluíram que com a suplementação, a conversão alimentar foi significativamente melhor que para as demais dietas.

Tabela 11 – Valores de F e médias dos coeficientes de digestibilidade aparente da metionina (CD_{MET}) de dietas-teste para tilápia-do-nilo contendo diferentes níveis e fontes de metionina.

Estatística	Parâmetro avaliado, %
	CD_{MET}
Médias para níveis de adição de Metionina:	
0,40 %	89,21 ^{ab}
0,60 %	88,36 ^b
0,80 %	90,40 ^{ab}
1,00 %	92,14 ^a
Médias para:	
DL-Metionina 98	92,52 ^a
Metionina da Farinha de Peixe	87,54 ^b
CV (%)	2,72
Valores de F para:	
Efeito dos níveis de metionina (N)	3,60 [*]
Efeito das fontes de metionina (F)	33,20 [*]
Efeito da Interação (N X F)	0,82 ^{NS}

^{a,b} - letras minúsculas diferentes na mesma coluna diferem pelo teste de Tukey ($p < 0,05$);

CV - coeficiente de variação;

NS - não significativo;

* - significativo.

Os coeficientes médios de digestibilidade aparente da metionina para o ingrediente em diferentes níveis de adição e as duas fontes são apresentados na Tabela 12. Para estas variáveis, não foi possível realizar análises estatísticas para comparar os níveis e as fontes, já que o método utilizado foi similar ao utilizado na determinação dos melhores coeficientes de digestibilidade aparente da gordura das duas fontes de óleo e de lisina das diferentes fontes de aminoácidos, nos ensaios anteriores (HENN et al., 2006). Neste método, intitulado de método da metionina digestível, o CD_{MET} para cada ingrediente-teste foi calculado por meio de análises de regressão (Figuras 10 e 11), tendo como variável independente (X), o percentual de metionina adicionada à dieta, e como variável dependente (Y), o percentual de metionina digestível da dieta. A inclinação da reta correspondeu ao CD_{MET} do ingrediente testado.

Os níveis testados foram divididos em 0,4%; 0,6% e 0,8%; 1%, já que com esse método não é possível compará-los individualmente. A metionina sintética possui CD_{MET} maior em relação à metionina oriunda da farinha de peixe. Para as duas fontes, o CD_{MET} elevou-se à medida em que o nível de adição aumentou.

Tabela 12 – Médias dos coeficientes de digestibilidade aparente da metionina (CD_{MET}) do ingrediente para tilápia-do-nilo contendo diferentes níveis e fontes de metionina.

Níveis de adição de metionina (%)	CD_{MET} , %	
	DL-Metionina 98	Metionina da Far. de Peixe
0,4 e 0,6	96,69	90,82
0,8 e 1,0	101,14	92,90

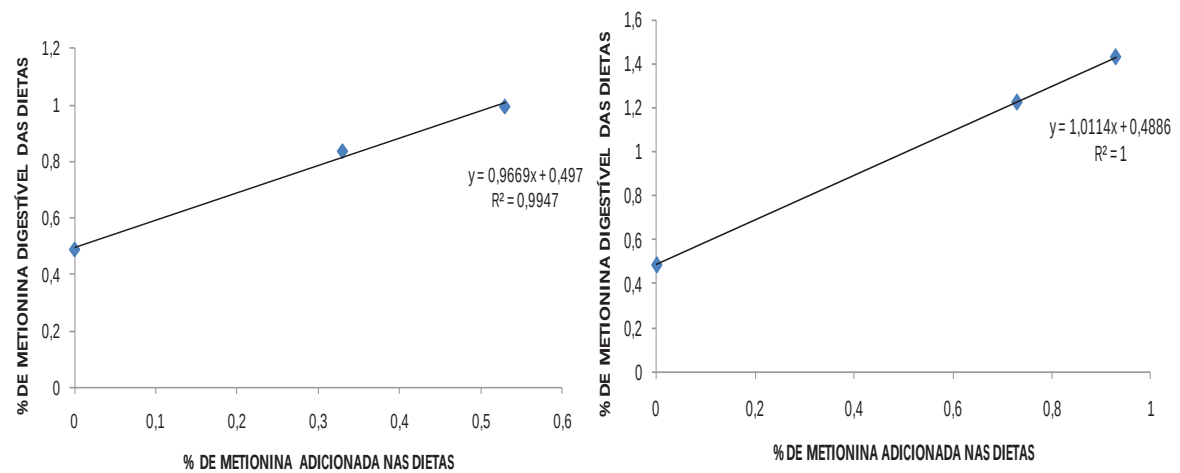


Figura 10 – Regressão linear da metionina digestível para diferentes níveis de adição da metionina sintética.

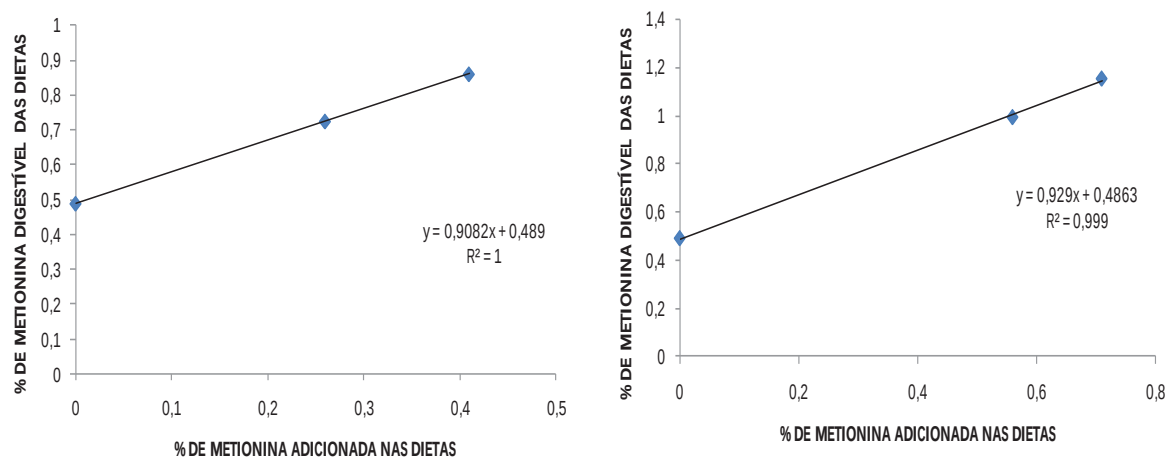


Figura 11 – Regressão linear da metionina digestível para diferentes níveis de adição da metionina da farinha de peixe.

No presente trabalho foram determinados os coeficientes de digestibilidade para metionina proveniente da farinha de peixe, para os níveis de 0,4; 0,6 e 0,8; 1,0% (90,82 e 92,90%, respectivamente). Resultados semelhantes foram encontrados por FURUYA et al. (2001), onde o coeficiente de digestibilidade da metionina da farinha de peixe foi de 91,61%. Embora a farinha de peixe e a dieta de referência, utilizadas pelos autores tenham sido diferentes, já que FURUYA et al. (2001) optaram por uma dieta purificada, pode-se observar em ambos os trabalhos a boa digestibilidade deste aminoácido ligado a proteína da farinha de peixe.

Da mesma forma que no ensaio anterior com lisina, a fonte sintética de metionina apresentou um coeficiente de digestibilidade maior do que a fonte natural (farinha de peixe), independente dos níveis de adição. Esses resultados são diferentes dos de VIOLA et al. (1994), uma vez que os autores sugeriram que a tilápia é uma das espécies que pode não utilizar de forma tão eficiente os aminoácidos sintéticos quanto as proteínas dietéticas intactas. Para SEGOVIA-QUINTERO e REIGH (2004), a ineficiência quanto à utilização de aminoácidos sintéticos livres, presentes na dieta, pode ser atribuída a sua rápida absorção em relação aos aminoácidos provenientes das proteínas digeridas.

De acordo com ZARATE e LOVELL (1997), os aminoácidos sintéticos podem ser perdidos por lixiviação, já que são altamente solúveis no meio aquático, em relação aos ligados à proteína. Essa lixiviação pode resultar em elevada eutrofização, já que o nitrogênio é considerado a principal fonte de poluição (RICHELIE e BROWN, 1996) e também mascarar os coeficientes de digestibilidade encontrados para as fontes sintéticas. Este fato pode explicar o coeficiente de digestibilidade para metionina sintética nos níveis de adição 0,8 e 1,0% terem sido superiores a 100%, no presente trabalho.

Segundo FURUYA et al. (2004), a exigência de metionina para juvenis de tilápia-do-nilo alimentadas com dietas práticas é de 0,54%. Desta forma, neste ensaio, observou-se que mesmo apresentando dietas com níveis acima dos recomendados na literatura, foi possível obter coeficientes de digestibilidade variando de 90,82 a 101,14%

de acordo com a fonte e com os níveis estudados, o que denota a boa assimilação deste aminoácido pela espécie, até mesmo quando fornecido em níveis elevados.

7.CONCLUSÕES

Para a espécie e condições experimentais estudadas:

- Os níveis de adição de todas as fontes estudadas interferiram nos coeficientes de digestibilidade dos nutrientes e da energia;
- Com a elevação dos níveis de inclusão do amido nas dietas, os coeficientes de digestibilidade da energia bruta e do amido diminuíram;
- Níveis de óleo elevados diminuíram os coeficientes de digestibilidade do extrato etéreo das dietas;
- O aumento dos níveis de metionina ou lisina nas dietas favoreceram a digestibilidade destes aminoácidos;
- A geleificação do amido proporcionou maiores coeficientes de digestibilidade da energia e do amido das dietas;
- O óleo de soja, quando utilizado em níveis elevados (9 e 12%) apresentou coeficientes de digestibilidade maiores que os de óleo de vísceras de frango;
- A tilápia-do-nilo digere de forma mais eficiente as fontes sintéticas de lisina e metionina em relação a estes aminoácidos, quando provenientes da farinha de peixe.

8.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIMORAD, E. G.; CARNEIRO, D. J. Digestibility and performance of pacu (*Piaractus mesopotamicus*) juveniles - fed diets containing different protein, lipid and carbohydrate levels. **Aquaculture Nutrition**, New Jersey, v. 13, p. 1–9, 2007.

ABIMORAD, E. G.; CARNEIRO, D. J. Métodos de coletas de fezes e determinação dos coeficientes de digestibilidade da fração protéica e da energia dos alimentos para o pacu, *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg, 1887). **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 33, n. 5, p. 1101-1109, 2004.

ALBUQUERQUE, C. A. N. **Desempenho de um extrusor nacional com base na caracterização física e físico-química de produtos extrusados de milho**. 1985. 148 f. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras, 1985.

ANDRIGUETO, J. M. **Nutrição animal**. São Paulo: Nobel, 1999. 395 p.

ARDJOSOEDIRO, I.; RAMNARINE I. W. The influence of turbidity on growth, feed conversion and survivorship of the Jamaica red tilapia strain. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 212, p.159–165, 2002.

AUSTRENG, E. Digestibility determination in fish using chromic oxide marking and analysis of contents from different segments of gastrointestinal tract. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 13, p. 265-272, 1978.

BALDISSEROTO, B. **Fisiologia de peixes aplicada à piscicultura**. Santa Maria: UFSM, 2002. 212p.

BENDIKESEN, E. A.; ARNESEN, A. M.; JOBING, M. Effects of dietary fatty acid profile and fat content on smolting and seawater performance in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). **Aquaculture**, Amsterdam, v.225, p.149-163, 2003.

BILIADERIS, C. J. The structure and interactions of starch with food constituents. **Canadian Journal of Physiology and Pharmacology**, Ottawa, v. 69, p. 60-78, 1991.

BJÖRCK, I., GRANFELDT, Y., LILJEBERG, H., TOVAR, J., ASP, N.G. Food properties affecting the digestion and absorption of carbohydrates. **American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, v. 59, p. 699-705, 1994.

BJÖRK, I.; GUNNARSSON, A.; OSTERGARD, K. A study of native and chemically modified potato starch. **Starch/Stärke**, Weinheim, v. 41, p.128-134,1989.

BOMBARDELLI, R. A.; BOSCOLO, W. R.; MATTOS, B. O.; SANCHES, E. A.; SYPERRECK, M. A.; FEIDEN A.; REIS, M. R. Suplementação de metionina sintética em rações para a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus* L.) durante a fase de reversão sexual. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 27, n. 4, p. 541-546, 2003.

BOMFIM, M. A. D.; LANNA, E. A. T.; DONZELE, J. L.; QUADROS, M.; RIBEIRO, F. B.; SOUZA, E M. P. Níveis de lisina, com base no conceito de proteína ideal, em rações para alevinos de tilápia-do-nilo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 39, p.1- 8, 2010.

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

BOSCOLO, W. R.; HAYASHI, C.; MEURER, F. Digestibilidade aparente da energia e nutrientes de alimentos convencionais e alternativos para a tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*, L.). **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 31, n. 2, p. 539-545, 2002.

BOSCOLO, W. R.; SIGNOR, A.; FEIDEN, A.; BOMBARDELLI, R. A.; SIGNOR, A. A.; REIDEL, A. Energia digestível para larvas de tilápia-do-Nilo *Oreochromis niloticus* na fase de reversão sexual. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.34, n.6, p.1813-1818, 2005.

BURTLE, G. J.; CAI, Y. J. Additional methionine supplementation required in soybean meal/corn-based diets for channel catfish. **UGA Animal e Dairy Science**, Athens, p.2-10, 1995.

CAHU, C. L.; ZAMBONINO-INFANTE, J. L. Early weaning of sea bass *Dicentrarchus labrax* larvae with a compound diet: effect on digestive enzymes. **Comparative Biochemistry Physiology**, Oxford, v. 109, n. 2, p. 213-222, 1994.

CAMPBELL, G. L.; CAMPBELL, L. D.; BLAIR, R. Calculation of metabolizable energy for ingredients incorporated at low levels into a reference diet. **Poultry Science**, Champaign, v.62, n.5, p.705-707, 1983.

CARVALHO, E. D.; FORESTI, F. Reversão de sexo em tilápia-do-Nilo, *Oreochromis niloticus* TREWAVAS, 1983, induzida por 17-alfa-metiltestosterona: proporção de sexo e histologia das gônadas. **Revista Brasileira de Biologia**, São Carlos, v. 56, n. 2, p. 249 - 262, 1996.

CHEN, H. Y.; LEU, Y. T.; ROELANTS, I. Effective supplementation of arginine in diets of juvenile marine shrimp, *Penaeus monodon*. **Aquaculture**, Amsterdam, v.108, p.87-95, 1992.

CHIU, M. C.; GIOIELLI, L. A. Propriedades físico-químicas das misturas de gordura abdominal de frango, suas estearinas e gordura de toucinho. **Revista Brasileira de Ciência Farmacêutica**, São Paulo, v.36, p.41, 2000.

CHO, C. H. La energia en la nutrición de los peces. In: ESPINOSA DE LOS MONTEROS, J.; LABARTA, U. **Nutrición en Acuicultura II**. Madrid, p. 197-237, 1987.

CHO, C. Y.; BUREAU, D. Development of bioenergetic models and the Fish-PrFEQ software to estimate production, feeding ration, and waste output in aquaculture. **Aquatic Living Resources**, Mont Rouge, v. 11, n. 1, p. 199–210, 1998.

CORRADINI, E.; LOTTI, C.; MEDEIROS, E. S. Estudo Comparativo de Amidos Termoplásticos Derivados do Milho com Diferentes Teores de Amilose. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, São Carlos, v. 15, n. 4, p. 268-273, 2005.

COYLE, S. D.; TIDWELL, J. H.; WEBSTER, C. D. Response of largemouth bass *Micropterus salmoides* to dietary supplementation of lysine, methionine, and highly unsaturated fatt acids. **Journal of the World Aquaculture Society**, Louisiana, v. 31, p. 89-95, 2000.

D'MELLO, J. P. F. Amino acid imbalances, antagonism and toxicities. In: _____. **Amino acids in farm animal nutrition**. Wallingford: CAB International, 1994. Cap. 4, p. 63-97.

EL-SAIDY, D. M. S. D; GABER, M. M. A. Complete replacement of fish meal by soybean meal with dietary L-lisyne supplementation for Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (L.) fingerlings. **The Journal of the World Aquaculture Society**, Louisiana, v. 33, p. 297-306, 2002.

EL-SAYED, A. F. M. Alternative dietary protein sources for farmed tilapia, *Oreochromis* spp. **Aquaculture**, Amsterdam, v.179, p.149-168, 1999.

EL-SAYED, A. M.; KAWANNA, M. Effects of photoperiod on the performance of farmed Nile tilapia *Oreochromis niloticus*: I. Growth, feed utilization efficiency and survival of fry and fingerlings. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 231, p.393–402, 2004.

FAO. Food and Agricultural Organization. **The state of world fisheries and aquaculture**: 2010. Rome: FAO, 1999. 197p.

FEDRIZI, L. F. B. **Digestibilidade de nutrientes, crescimento e variáveis metabólicas em tilápias-do-nilo alimentadas com fontes de carboidratos peletizadas, extrusadas ou cruas**. 2009. 166 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2009.

FIGUEIREDO JÚNIOR. C. A.; VALENTE JÚNIOR. A. S. Cultivo de tilápias no Brasil: origens e cenário atual. In: ANAIS DO XLVI CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, 46., 2008, Rio Branco. **Anais ... Rio Branco: Administração e Sociologia Rural**. Rio Branco. 2008.

FOSTER, I; OGATA, H. Lysine requirement of juvenile Japanese flounder *Paralichthys olivaceus* and juvenile red sea bream *Pargus major*. **Aquaculture**, Amsterdam, v.161, p.131-142, 1998.

FUKURAWA, A.; TSUKAHARA, H. On the acid digestion for the determination of chromic oxide as an index substance in the study of fish feed. **Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries**, Tokyo, v. 32, n. 6, p. 502-506, 1966.

FURUYA, W. M.; PEZZATO, L. E.; BARROS, M. M.; PEZZATO, A. C.; FURUYA, V. R. B.; MIRANDA, E. C. Use of ideal protein concept for precision formulation of amino acid levels in fish-meal-free diets for juvenile Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.). **Aquaculture Research**, Oxford, v. 35, p. 1110-1116, 2004.

FURUYA, W. M.; PEZZATO, L. E.; PEZZATO, A. C. ; BARROS, M. M.; MIRANDA, E. C. Coeficientes de digestibilidade e valores de aminoácidos digestíveis de alguns ingredientes para tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 30, n. 4, p. 1143-1149, 2001.

FURUYA, W. M.; SILVA, L. C.; HAYASHI, C.; FURLAN, A. C.; NEVES, P. R.; BOTARO, D.; SANTOS, V. G. Substituição do milho pela silagem de sorgo com alto e baixo teor de tanino em dietas para juvenis de tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 25, n. 2, p. 243-247, 2003.

FURUYA, W. M., SANTOS, V. G, SILVA, L. C. R., FURUYA, V. R. B e SAKAGUTI, E. S. Digestible lysine requirement of Nile tilapia juveniles. **Brazilian Journal of Animal Science**, Viçosa, v. 35, n. 9, p.37-942, 2006.

GALL, G. A. E.; BAKAR, Y. Stocking density and tank size in the design of breed improvement programs for body size of tilapia. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 173, p.197–205, 1999.

GALLANT, D. J.; BOUCHET, B.; BULÉON, A.; PÉREZ, S. Physical characteristics of starch granules and susceptibility to enzymatic degradation. **European Journal of Clinical Nutrition**, London, v. 46, suppl. 2, p. 3-16, 1992.

GALLI, L. F.; TORLONI, C. E. C., **Criação de peixes**. 3. ed. São Paulo: Nobel, 1986, 119p.

GONÇALVES, E. G.; CARNEIRO, D. J. Coeficientes de digestibilidade aparente da proteína e energia de alguns ingredientes utilizados em dietas para o pintado (*Pseudoplatystoma coruscans*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 32, n. 4, p. 779-786, 2003.

GRACIANO, T. S.; NATALI, M. R. M.; VIDAL, L. V. O.; MICHELATO, M.; RIGHETTI J. S.; FURUYA, W. M. Desempenho e morfologia hepática de juvenis de tilápia-do-nilo alimentados com dietas suplementadas com metionina e colina. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.45, n.7, p.737-743, 2010.

GRANFELDT, Y. E.; DREWS, A. W.; BJÖRCK, I. M. E. Starch bioavailability in arepas from ordinary or high amylose corn: concentration and gastrointestinal fate of resistant starch in rats. **Journal of Nutrition**, Bethesda, v.123, p.1676-84, 1993.

HALVER, J. E. **Fish Nutrition**. London: Academic Press, 1989. 798 p.

HASSANIEN, H. A., ELNADY, M.; OBEIDA, A.; ITRIBY, H. Genetic diversity of Nile tilapia populations revealed by randomly amplified polymorphic DNA (RAPD). **Aquaculture Research**, Oxford, v. 35, p. 587-593, 2004.

HENDRIX, D. L. Rapid extraction and analysis of nonstructural carbohydrates in plant tissues. **Crop Science**, Madison, v.33, n.6, p.1306-1311,1993.

HENN, J. D.; RIBEIRO, A. M. L.; KESSLER, A. M. Comparação do valor nutritivo de farinhas de sangue e de farinhas de vísceras para suínos utilizando-se o método da proteína e gordura digestíveis e o método de substituição. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 35, n.4, p. 1366-1372, 2006.

HEPHER, B. **Nutrition of pond fishes**. Cambridge: Cambridge University Press. 1988. 388 p.

HIGUERA, M. Diseños y métodos experimentales de evaluación de dietas. In: MONTEROS, J. A. E. DE LOS, LABARTA, M. **Nutrición en Acuicultura II**. Madrid: Comisión Asesora de Investigación Científica y Técnica, 1987. p. 291-318.

HUET, M. **Traté de Piscicultura**. 4. ed. Belgium: Editions Charles de Wyngaert. Bruxelles, 1973. 697p.

INABA, D., OGINO, C., TAKAMATSU, C., UEDA, T. AND KUROKAWA, K., Digestibility of dietary components in fishes - II. Digestibility of dietary protein and starch in rainbow trout. **Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries**, Tokyo, v.29, p. 242-244. 1963.

INTERNATIONAL STARCH INSTITUTE. **Tapioca food starch**. Disponível em: <<http://www.starch.dk/isi/applic/tapiocafood.htm>>. Acesso em: 15 nov. 2010.

JUNQUEIRA, O. M.; ANDREOTTI, M. O.; ARAÚJO, L. F.; DUARTE, K. F.; CANCHERINI, L. C.; RODRIGUES, E. A. Valor Energético de Algumas Fontes Lipídicas Determinado com Frangos de Corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.34, n.6, p.2335-2339, 2005.

KAUSHIK, S. J., OLIVA-TELES, A. Effect of digestible energy on nitrogen and energy balance in rainbow trout. **Aquaculture**, Amsterdam, v.50, p.89-101, 1985.

KUBITZA, F. **Substituição total da farinha de peixe pelo farelo de soja em rações para alevinos de pacu (*Piaractus mesopotamicus* Holmberg, 1887), suplementados com metionina**. 1990. 80 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz - Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1990.

KUBITZA, F. **Tilápia: tecnologia e planejamento na produção comercial**. São Paulo: Degaspari, 2000. 289 p.

LANNA, E. A.; CECOM, P. R.; PEZZATO, L. P.; FURUYA, W. M.; BARROS, M. M.; BOMFIM, M. A. D. Digestibilidade aparente e transito intestinal em tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus*, em função da fibra bruta da dieta. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 33, p. 2186-2192. 2004.

LEE, S. M.; LEE, J. H.; KIM, K. D. Effect of dietary essential fatty acids on growth, body composition and blood chemistry of juvenile starry flounder (*Platichthys stellatus*). **Aquaculture**, Amsterdam, v.225, p.269-281, 2003.

LENINGER, A. L.; NELSON, D. L.; COX, M. M. Carbohydrates. In: _____. **Principles of biochemistry**. 2. ed. New York: Worth, 1993. p. 298 - 323.

LI, M. H.; ROBINSON, E. H. Effects of supplemental lysine and methionine in low protein diets on weight gain and body composition of young channel catfish *Ictalurus punctatus*. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 163, p. 297–307, 1998.

LIM, C. Effect of dietary pH on amino acid utilization by shrimp (*Penaeus vannamei*). **Aquaculture**, Amsterdam, v.114, p.293- 303, 1993.

LOVELL, T. **Nutrition and Feeding of Fish**. 2. ed. New York: Kluwer Academic, 1998. 267 p.

LUNDSTEDT, L. M. **Efeito da reversão sexual e de fontes protéicas no desempenho produtivo, digestibilidade aparente e morfologia do trato digestório da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*)**. 1999. 57 f. Dissertação (Mestrado em Aquicultura) – Centro de Aquicultura da Unesp, Jaboticabal, 1999.

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

MALJAARS, P. W.; PETERS, H. P.; MELA, D. J.; MASCLÉE, A. A. Ileal brake: a sensible food target for appetite control. A review. **Physiology Behavior**, Cincinnati, v. 95, p. 271–281, 2008.

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

MATEOS, G. G.; REBOLLAR, P. G.; MEDEL, P. Utilization de grasas y productos lipídicos em alimentación animal: grasas puras y mezclas. In: XII Curso de especialización, 1996, **Madrid Cursos...** Madrid: FEDNA. 1996. p. 3-21.

McGOOGAN, B. B.; REIGH, R. C. Apparent digestibility of selected ingredients in red drum (*Sciaenops ocellatus*) diets. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 141, n. 3-4, p. 233-244, 1996.

MEURER, F.; HAYASHI, C.; BOSCOLO, W. R. Digestibilidade aparente de alguns alimentos protéicos pela tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 32, n. 6, p. 1801-1809, 2003.

MEURER, F.; HAYASHI, C.; BOSCOLO, W. R.; SOARES, C. M. Lipídeos na alimentação de alevinos revertidos de tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus* L.). **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.31, n.2, p.566-573, 2002.

MILLER, G. L. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. **Analytical Chemistry**, Arlington v.31, n.3, p.426-428, 1959.

NOSE, T. Recent advances in the study of fish digestion in Japan. In: SYMPOSIUM ON FEEDING TROUT AND SALMON CULTURE, 7., 1966. Belgrade. **Proceedings...** Belgrade: EIFAC, 1966. p.17.

OLIVEIRA, G. R. **Digestibilidade de nutrientes em ração com complexo enzimático para tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*)**. 2006. 102 f. Dissertação de Mestrado - Universidade Federal de Lavras, Lavras, Minas Gerais. 2006.

PAGE, J. W.; ANDREWS, J. W. Interactions of dietary levels of protein and energy on channel catfish (*Ictalurus punctatus*). **Journal of Nutrition**, Bethesda, v.103, p.1339-1346, 1973.

PEZZATO, L. E.; MIRANDA, E. C.; BARROS, M. M.; PINTO, L. G. Q.; FURUYA, W. M.; PEZZATO, A. C. Digestibilidade aparente de ingredientes pela tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 31, n. 4, p. 1595-1604, 2002.

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

PFEFFER, E.; BECKMANN-TOUSSAINT, J.; HENRICHFREISE, B.; JANSEN, H. D. Effect of extrusion on efficiency of utilization of maize starch by rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Aquaculture**, Amsterdam, v. 96, p.293-303, 1991.

PHILLIPS, A. M.; TUNISON, A. V.; BROCKWAY, D. R. The utilization of carbohydrates by trout. **Fisheries Research Bulletin**, New York, v. 11, p.1 – 44, 1948.

PLUMB, J. A. Infectious diseases of tilapia. In: COSTA-PIERCE, B.A., RAKOCY, J.E. **Tilapia Aquaculture in the Americas, vol. 1**. Baton Rouge, Louisiana: World Aquaculture Society, 1997. p.212– 228.

RACANICCI, A. M. C.; MENTEN, J. F. M.; D'ARCI, M. R. Oxidação lipídica reduz o conteúdo de energia metabolizável do óleo de víceras de aves para frangos de corte na fase de crescimento. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 2002, Recife. **Anais...** Recife: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2002. (CD-ROM).

RAWLES, S.; LOCHMANN, R. Effects of amylopectin/amylase starch ratio on growth, body composition and glycemic response of sunshine bass *Morone chrysops* x *M. saxatilis*). **Journal of the World Aquaculture Society**. Louisiana, v. 34, p. 278-288, 2003.

RIGHT, R. C.; BRADEN, S. L.; CRAIG, R. J. Apparent digestibility coefficients for common feedstuffs in formulated diets for red swamp crayfish, *Procambarus clarkii*. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 84, p. 321-334, 1990.

RICHE, M.; BROWN, P. B. Availability of phosphorus from feedstuffs fed to rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. **Aquaculture**, Amsterdam, v.142, p.269-282, 1996.

ROBINSON, E. H.; LI, M. H. Use of plant protein in catfish feeds: replacement of soybean meal with cottonseed meal and replacement fish meal with soybean meal and cottonseed meal. **Journal of the World Aquaculture Society**, Louisiana, v. 25, p. 271-276. 1994

ROCHA, V. R. R. A.; DUTRA JÚNIOR, W. M.; RABELLO, C. B.; RAMALHO, R. P.; LUDKE, M. C. M. M.; SILVA, E. C. Substituição total do milho por sorgo e óleo de abatedouro avícola em dietas para frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, vol. 37, n.1, p. 95-102, 2008.

RODRIGUES, A. M. P. **Digestibility studies in fish: a review**. 1994. 30p. (Monografia) - Instituto de Zoologia Dr. Augusto Nobre, Porto, 1994.

ROONEY, L. W.; PFLUGFELDER, R. L. Factors affecting starch digestibility with special emphasis on sorghum and corn. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.63, p.1607-1623, 1986.

ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; DONZELE, J. L. ; GOMES, P. C. ; OLIVEIRA, R. F. ; LOPES, D. C.; FERREIRA, A. S. ; BARRETO, S. L. T. **Tabelas brasileiras para aves e suínos**: composição de alimentos e exigências nutricionais. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2005. 186p.

SAAD, C. R. B. Carbohydrate metabolism in channel catfish. 1989. 69 f. Tese (Doutorado) - Auburn University, Alabama, 1989.

SAMPAIO, F. G.; HISANO, H.; YAMAKI, R. A.; KLEEMANN, G. K.; PEZZATO, L. E.; BARROS, M. M. Digestibilidade aparente das farinhas de peixe nacional e importada e das farinhas de sangue tostada e spray-dried, pela tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus*. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 23, p. 891-896, 2001.

SANCHES, L. E. F. **Substituição do óleo de soja por óleo de tilápia e óleo de vísceras de aves em rações para alevinos de tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*)**. 2004. 79 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2004.

SCHUHMACHER, A.; WAX, C.; GROPP, J. M. Plasma amino acids in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed intact protein or a crystalline amino acid diet. **Aquaculture**, Amsterdam, v.151, p.15-28, 1997.

SEGOVIA-QUINTERO, M. A.; REIGH, R. C. Coating crystalline methionine with tripalmitin-polyvinyl alcohol slows its absorption in the intestine of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 238, p. 355-367, 2004.

SHIAU, S. Y.; CHUANG, L. Utilization of disaccharides by juvenile tilapia, *Oreochromis niloticus* x *O. aureus*. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 133, p. 249-256, 1995.

SHIAU, S. Y.; KWOK, C. C.; CHEN, C. J.; HONG, H. T.; HSIEH, H. B. Effects of dietary fibre on the intestinal absorption of dextrin, blood sugar level and growth of tilapia *Oreochromis niloticus* x *O. aureus*. **Journal of Fish Biology**, London, v. 34, n. 6, p. 929-935, 1989.

SHIAU, S. Y.; PAN, B. S.; CHEN, S.; YU, H. L.; LIN, S. L. Successful use of soybean meal with a methionine supplement to replace fish meal in diets fed to milkfish *Chanos chanos* Forskal. **The Journal of the World Aquaculture Society**, Louisiana, v. 19, p. 14-19, 1988.

SINGH, R. P.; NOSE, T. Digestibility of carbohydrates in young rainbow trout. **Bulletin Freshwater Fish Research**, Tokyo, v. 17, n. 1, p. 21-25, 1967.

SKRABANJA, V.; KREFT, I. Resistant starch formation following autoclaving of buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) groats an *in vitro* study. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 46 p. 2020-23, 1998.

SMITH, R. R. Metabolizable energy of feedstuffs for trout. **Feedstuffs**. v.148, p.16-21. 1976.

SMITH, R. R.; PETERSON, M. C.; ALLRED, A. C. The effect of leaching on apparent digestion coefficients in determining digestibility and metabolizable energy of feedstuffs for salmonids. **Progressive Fish-Culturist**, Warren, v. 42, p. 195 – 199, 1980.

STEFFENS, W. **Principios fundamentales de la alimentación de los peces**. Zaragoza: Acubia, 1987. 275 p.

STOREBAKKEN, K. D.; SHEARER, K. D.; ROEM, A. J. Availability of protein, phosphorus and other elements in fish meal, soy protein concentrate and phytase-treated soy-protein-concentratebased diets to Atlantic salmon, *Salmo salar*. **Aquaculture**, Amsterdam, v.161, n.3-4, p.365-379, 1998.

SUGIURA, S. H.; DONG, F. M.; RATHBONE, C. K.; HARDY, R. W. Apparent protein digestibility and mineral availabilities in various feed ingredients for salmonid feeds. **Aquaculture**, Amsterdam, v.159, n.2, p.177- 2021, 1998.

TACON, A. G. J. **Feed ingredients for warmwater fish: fish meal and other processed feedstuffs**. Rome: FAO Fisheries, 1993. 64p.

TACON, A. G. J.; JACKSON, A. J. Utilisation of convencional and unconventional protein sources in pratical fish feeds. In: COWEY, C. B.; MACKIE, A. M.; BELL, J. G. (Ed.). **Nutrition and Feeding in Fish**. Press, 1998. p. 119-145.

TAKISHITA, S. S.; LANNA, E. A. T.; DONZELE, J. L.; BOMFIM, M. A. D.; QUADROS, M.; SOUZA, M. P. Níveis de lisina digestível em rações para alevinos de tilápia-do-nilo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 38, p. 2099-2105, 2009.

TOGASHI, C. K.; FONSECA, J. B.; SOARES, R. T. R. N.; GASPAR, A.; DETMANN, E. Composição em ácidos graxos dos tecidos de frangos de corte alimentados com subprodutos de maracujá. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.6, p.2063-2068, 2007.

TOGUYENI, A.; FAUCONNEAU, B.; FOSTIER, A.; ABUCAY, J.; MAIR, G.; BAROILLER, J. F. Influence of sexual phenotype and genotype, and sex ratio on growth performances in tilapia, *Oreochromis niloticus*. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 207, p.249–261, 2002.

VAN DER MEER, M. B.; VERDEGEM, M. C. J. Comparasion of amino acid profiles of feeds and fish as a quick method for selection of feed ingredients: a case study for *Colossoma macropomum* (Cuvier). **Aquaculture Research**, Oxford, v. 27, p. 487-495, 1996.

VAN SOEST, P. J. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. In: SYMPOSIUM CARBOHYDRATE METODOLOGY, METABOLISM, AND NUTRITIONAL IMPLICATIONS IN DAIRY CATTLE, 10., 1994, Savoy. **Journal of Dairy Science**... Savoy, 1994. p. 3583-3597.

VERA-CALDERÓN, L. E. **Avaliação econômica da criação de tilápias (*Oreochromis spp.*) em tanque-rede: estudo de casos**. 2003. 87p. Dissertação (Mestrado) - Centro de Aquicultura, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, SP, 2003.

VIOLA, S.; ANGEONI, H.; LAHAV, E. Present limits of protein sparing by amino acid supplementation of practical carp and tilapia feeds. **Journal Aquaculture**, Haifa, v.46, p.203-211, 1994.

VIOLA, S.; LAHAV, E. Effects of lysine supplementation in practical carp feeds on total protein sparing and reduction of pollution. **The Israeli Journal of Aquaculture**, Bamidgeh, v. 43, p. 112-118, 1991.

WEBSTER, C. D.; TIU, L. G.; MORGAN, A. M.; GANNAM, A. L. Differences in growth in blue catfish *Ictalurus furcatus* and channel catfish *I. punctatus* fed low-protein diets with and without supplemental methionine and/or lysine. **The Journal of the World Aquaculture Society**, Louisiana, v. 31, p. 195-205, 2000.

WILSON, R. P. Utilization of dietary carbohydrate by fish. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 124, p. 67-80, 1994.

YAMADA, S. Plasma amino acid changes in rainbow trout force-fed casein and corresponding amino acid mixture. **Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries**, Tokyo, v.47, p.1035-1040, 1981.

ZARATE, D. D.; LOVELL, R. T. Free lysine (L-lysine.HCl) is utilized for growth less efficiently than protein-bound lysine (soybean meal) in practical diets by young channel catfish (*Ictalurus punctatus*). **Aquaculture**, Amsterdam, v.159, p.87-100, 1997.