

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
CENTRO DE AQUICULTURA DA UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL

**Digestibilidade aparente de ingredientes pela
tilápia-do-Nilo em tanques rede**

Leonardo Seiji Sato

Jaboticabal - SP

2016

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
CENTRO DE AQUICULTURA DA UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL

**Digestibilidade aparente de ingredientes pela
tilápia-do-Nilo em tanques rede**

Leonardo Seiji Sato

Orientadora: Profa. Dra. Margarida Maria Barros
Coorientador: Dr. Ademir Calvo Fernandes Junior

Dissertação apresentada ao Centro de
Aquicultura da UNESP, como parte das
exigências para obtenção do título de Mestre
em AQUICULTURA.

Jaboticabal - SP
2016

Sato, Leonardo Seiji
S253d Digestibilidade aparente de ingredientes pela tilápia-do-nilo em
tanques-rede / Leonardo Seiji Sato. — Jaboticabal 2016
54 p. : il. ; 28 cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Centro
de Aquicultura da Unesp
Orientadora: Margarida Maria Barros
Banca examinadora: Luiz Edivaldo Pezzato, Jose Roberto Sartori
Bibliografia

1. *Oreochromis niloticus* 2. digestibilidade 3. sistema de produção
intensivo . Jaboticabal- Centro de Aquicultura da Unesp

CDU 639.3.043

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

DEDICATÓRIA

*A **DEUS** por estar sempre ao meu lado, me guiando, dando paz, saúde e forças para que eu siga meu caminho.*

*Aos meus pais, **José e Tereza**, por sempre terem acreditado em mim, pelo amor, oportunidade, compreensão, incentivo, verdadeiro exemplo de caráter e honestidade que tenho em minha vida... Muito obrigado, amo muito vocês!*

*À minha namorada **Daniela**, pela amizade, cumplicidade e apoio nos momentos em que precisei. Obrigado, te amo!*

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço a Deus pela minha vida, por ter me dado uma família maravilhosa, pelo seu infinito amor que tens por mim sempre nos amparando nos momentos mais difíceis;

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, pela concessão da bolsa de estudos;

À minha orientadora, Profa. Dra. Margarida Maria Barros, pela oportunidade, ensinamentos, incentivo, amizade e exemplo profissional;

Ao meu co-orientador, Dr. Ademir Calvo Fernandes Junior, pela oportunidade, ensinamentos, incentivo, amizade e exemplo profissional;

Ao Prof. Dr. Luiz Edivaldo Pezzato pelos ensinamentos, incentivo amizade e exemplo profissional;

Ao Prof. Dr. Pedro de Magalhães Padilha pelos ensinamentos e ajuda nas análises;

À Prof. Dra. Maria Marcia Pereira Sartori pelos ensinamentos e ajuda nas análises estatísticas;

Ao Prof. Dr. Leonardo Susumu Takahashi, meu primeiro orientador, por acreditar em mim, pelas oportunidades, incentivo, amizade e exemplo profissional;

À toda equipe do Laboratório de Nutrição de Organismos Aquáticos – AquaNutri; Rafael Fogaça, Hinglidj, Guilherme, Igor, Renan, Rafael Lopes, Mariucha, Pedro, Caroline, Eric, entre outros que passaram pelo laboratório, agradeço pelo apoio, ajuda e amizade;

Aos professores e funcionários do Centro de Aquicultura da Unesp pelos ensinamentos e amizade;

À secretaria de pós-graduação, pela ajuda durante o curso;

À Gisele Setznagl do Laboratório de Bromatologia – FMVZ pela ajuda nas análises e pela amizade;

À família da Republica K-báret, por todos os anos vividos e irmãos ali formados.

Aos companheiros da republica DNA, pela amizade e convívio;

Ao Senhor Osmar, Neção e Senhora Sueli, pela ajuda na condução do experimento a campo.

SUMÁRIO

CAPÍTULO I	1
CONSIDERAÇÕES INICIAIS	2
TILÁPIA DO NILO (<i>OREOCHROMIS NILOTICUS</i>).....	4
DETERMINAÇÃO DA DIGESTIBILIDADE	5
FATORES QUE AFETAM A DIGESTIBILIDADE EM PEIXES.....	8
DIGESTIBILIDADE PELOS PEIXES CRIADOS EM TANQUES-REDE	11
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	13
CAPÍTULO II	20
DIGESTIBILIDADE APARENTE DE INGREDIENTES PELA TILÁPIA-DO-NILO EM SISTEMA INTENSIVO DE PRODUÇÃO.	21
RESUMO	21
ABSTRACT	22
INTRODUÇÃO.....	23
MATERIAL E MÉTODOS.....	24
LOCAL EXPERIMENTAL.....	24
ELABORAÇÃO DAS DIETAS EXPERIMENTAIS	24
ANIMAIS, INSTALAÇÕES E MANEJOS	25
COLETAS DE FEZES	26
ANÁLISES QUÍMICO-BROMATOLÓGICAS	27
DELINEAMENTO EXPERIMENTAL.....	29
RESULTADOS	29
INGREDIENTES ENERGÉTICOS	29
INGREDIENTES PROTEICOS	31
DISCUSSÃO	33
INGREDIENTES ENERGÉTICOS.....	33
INGREDIENTES PROTEICOS	39
CONCLUSÃO.....	41

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	42
TABELA 1. COMPOSIÇÃO PERCENTUAL DA DIETA REFERÊNCIA.....	47
TABELA 2. COMPOSIÇÃO QUÍMICA DOS ALIMENTOS UTILIZADOS NAS RAÇÕES EXPERIMENTAIS, COM BASE NA MATÉRIA SECA.....	48
TABELA 3. VALORES MÉDIOS DOS COEFICIENTES DE DIGESTIBILIDADE APARENTE, DA MATÉRIA SECA (MS), PROTEÍNA BRUTA (PB), ENERGIA BRUTA (EB), EXTRATO ETÉREO (EE), FÓSFORO (P) MAGNÉSIO (MG), MANGANÊS(MN) E ZINCO (ZN), PELA TILÁPIA-DO-NILO, ALIMENTADAS COM INGREDIENTES ENERGÉTICOS.....	49
TABELA 4. DESDOBRAMENTO DA INTERAÇÃO, FASE E INGREDIENTES, DOS COEFICIENTES DE DIGESTIBILIDADE APARENTE DA MATÉRIA SECA (MS), PROTEÍNA BRUTA (PB), ENERGIA BRUTA (EB) E EXTRATO ETÉREO (EE), PELA TILÁPIA-DO-NILO, ALIMENTADAS COM INGREDIENTES ENERGÉTICOS	50
TABELA 5. DESDOBRAMENTO DA INTERAÇÃO, FASE E INGREDIENTES, DOS COEFICIENTES DE DIGESTIBILIDADE APARENTE DOS MINERAIS MAGNÉSIO (MG) E MANGANÊS(MN), PELA TILÁPIA-DO-NILO, ALIMENTADAS COM INGREDIENTES ENERGÉTICOS	51
TABELA 6. VALORES MÉDIOS DOS COEFICIENTES DE DIGESTIBILIDADE APARENTE, DA MATÉRIA SECA (MS), PROTEÍNA BRUTA (PB), ENERGIA BRUTA (EB), EXTRATO ETÉREO (EE), FÓSFORO (P) MAGNÉSIO (MG), MANGANÊS(MN) E ZINCO (ZN), PELA TILÁPIA-DO-NILO, ALIMENTADAS COM INGREDIENTES PROTEICOS	52
TABELA 7. DESDOBRAMENTO DA INTERAÇÃO, FASE E INGREDIENTES, DOS COEFICIENTES DE DIGESTIBILIDADE APARENTE DA PROTEÍNA BRUTA (PB), EXTRATO ETÉREO (EE) E MINERAL FÓSFORO (P) PELA TILÁPIA-DO-NILO, ALIMENTADAS COM INGREDIENTES PROTEICOS	53

CAPÍTULO I

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A piscicultura é uma atividade em franca expansão e desenvolvimento, sendo alternativa para prover a crescente demanda por alimentos. Esta demanda por alimentos de qualidade e a necessidade de produção em alta escala de fontes proteicas faz da aquicultura uma das atividades em ascensão no Brasil, uma vez que os produtos gerados dispõem de características que os destacam entre os alimentos com potencial de produção em diferentes países.

O consumo per capita do pescado, brasileiro aumentou de quatro para nove kg/ano nos últimos oito anos, resultado de políticas e campanhas para incentivar o seu consumo (FAO, 2013). Entretanto, este encontra-se abaixo das recomendações dietéticas internacionais, com a frequência de duas vezes por semana, o equivalente a 12 kg/ano (LICHTENSTEIN et al., 2006). Para suprir a demanda de alimentos e aumentar o consumo per capita, é necessário investimentos no setor, uma vez que com o aumento de produção diminui-se o custo do pescado, tornando-o acessível para população.

Dentre os sistemas de produção da piscicultura, o sistema intensivo de criação de peixes em tanque-rede ganhou destaque no Brasil, devido às vantagens que apresenta sobre os sistemas convencionais de produção. No Brasil, o cultivo de peixes em tanques-rede é relativamente recente, tendo iniciado na década de 80. Essa atividade foi introduzida no país, para gerar emprego e renda, tendo crescido substancialmente nos últimos anos e como resultado de incentivos governamentais (ALVES & BACCARIN, 2007; AYROSA et al., 2008).

Com o aumento da intensificação do sistema de produção de peixes é importante ressaltar que, por se encontrarem confinados, o acesso por alimento natural é restrito, dependendo único e exclusivamente de ração balanceada para suprir suas exigências nutricionais (PEZZATO et al., 2001). Para isso, é vital a elaboração de estratégias que visem melhorar a criação em condições intensivas proporcionando desenvolvimento da espécie e para criação racional em larga escala.

Os gastos com rações em aquicultura variam entre 30 e 60% do custo total da produção, podendo atingir até 85% em sistemas intensivos. Dados da FAO (2013) demonstraram que a produção de rações para organismos aquáticos é a agroindústria de mais rápida expansão no mundo, com taxas de crescimento superiores a 30% ao ano.

Visando o aperfeiçoamento da formulação de rações é necessário a determinação das exigências nutricionais das diferentes espécies nas fases de desenvolvimento. Aliando o conhecimento e a utilização de nutrientes de forma estratégica pode-se diminuir o custo de produção, promover sustentabilidade e a viabilidade econômica para a atividade.

As rações utilizadas na produção aquícola, além de suprir as exigências nutricionais das espécies devem proporcionar quantidades mínimas de excedentes de nutrientes, minimizando impactos ambientais sobre os sistemas de criação e os ecossistemas aquáticos (VALENTI, 2000). Os princípios que regem o desenvolvimento de dietas com baixa carga poluente são caracterizados pela alta digestibilidade dos nutrientes, aceitabilidade da ração, pelo balanço adequado dos nutrientes, estabilidade do pélete e tamanho compatível com a capacidade de ingestão dos organismos aquáticos (MIDLEN & REDDING, 1998).

Os estudos de digestibilidade viabilizam a utilização de vários alimentos em dietas balanceadas para peixes (PEZZATO et al., 2002). Diversos fatores influenciam a digestibilidade, tais como a composição do alimento, o tipo de processamento e a metodologia utilizada variando de acordo a espécie e idade dos animais (SHCHYERBINA & KAZLAUSKYENYE 1971; WILSON & POE 1985; FERRARIS et al., 1986; TACON 1987; NEJI et al., 1993; WATANABE et al., 1996; ZHU et al., 2001; SORENSEN et al., 2002; BENDIKSEN et al., 2003; NRC 2011).

Na literatura atual encontram-se diversos estudos de digestibilidade realizados com tilápias em condições laboratoriais, porém não encontra-se estudos com esta espécie em condições intensiva de criação, ação dos fatores estressores normalmente encontrados nessas condições de criação.

Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*)

As tilápias são naturais da África, Israel e Jordânia, devido seu alto potencial para a aquicultura tiveram sua distribuição expandida nos últimos cinquenta anos, e inicialmente, pelo fato de ser espécie apropriada para a piscicultura de subsistência nos países em desenvolvimento (LOVSHIN, 1997). A espécie *Oreochromis niloticus*, pertencente à família dos ciclídeos, é originária da bacia do rio Nilo, no Leste da África, encontrando-se amplamente disseminada nas regiões tropicais e subtropicais, como em Israel, no Sudeste Asiático (Indonésia, Filipinas e Formosa) e no Continente Americano (USA, México, Panamá e toda a América do Sul) (CARVALHO, 2006).

A tilápia-do-Nilo foi introduzida no Brasil, em 1971, no estado do Ceará, por meio do Departamento Nacional de Obras Contra a Seca, tendo como procedência à Costa do Marfim, África. Desde então a espécie vem sendo cultivada desde a bacia do rio Amazonas até o Rio Grande de Sul.

Esta espécie de peixe é facilmente reconhecível por apresentar listras verticais na nadadeira caudal, coloração metálica, corpo curto e alto, cabeça e cauda pequenas (GALLI & TORLONI, 1986). A tilápia é criada em diversos sistemas desde a cultura semi-intensiva como em cultivo intensivos em "raceways" e tanques-rede.

Adaptam-se bem em regiões tropicais e subtropicais onde as temperaturas da água variam entre 18 e 30°C; entretanto, são sensíveis a temperaturas abaixo de 12°C e acima de 42°C, podendo ser letais para estes peixes (LUND & FIGUEIRA, 1989). Por se tratar de uma espécie apropriada para a piscicultura de subsistência, nos países em desenvolvimento (LOVSHIN, 1997) e devido à sua importância na aquicultura, muitos aspectos da nutrição desta espécie foram estudados (DEGANI & REVACH, 1991).

Considerada uma das espécies que melhor se adapta, dentro de seus limites de tolerância a diferentes condições de qualidade da água, sendo também resistente a doenças, se comparada com outras espécies cultivadas (POPMA & LOVSHIN, 1995), possui a capacidade de se adaptar a diversos sistemas de cultivo. A espécie de tilápia preferida para o cultivo é a *Oreochromis niloticus*, por seu rápido crescimento e filé de coloração clara (LOVSHIN, 1997).

Destaca-se como peixe de potencial para aquicultura, pela sua rusticidade, crescimento rápido e adaptação ao confinamento (HAYASHI, 1995); por apresentar hábito alimentar onívoro e utilizar eficientemente os carboidratos da dieta (VIOLA & ARIELI, 1983; ANDERSON et al., 1984; DEGANI & REVACH, 1991; SHIAU, 1997). Apresenta fácil reprodução, carne branca de excelente qualidade, ótimo valor de mercado, baixos custos de produção e se adaptam aos sistemas de cultivo mais extensivos até os mais intensivos, podendo ser cultivadas em águas com salinidades elevadas e temperaturas baixas (OLIVEIRA et al., 2007).

Lahav & Ra'nan (1997) citaram que as vantagens da tilápia é o seu baixo custo relativo, principalmente quanto ao alevino, à alimentação e à qualidade da sua carne. Sobressai-se também por adequar-se à indústria de filetagem, devido à ausência de espinhas musculares em “Y”; ter ótima aceitação no mercado consumidor, pelas características organolépticas de seu filé e mostrar-se bastante apreciada nos pesque-pague.

Determinação da digestibilidade

O valor nutricional não está somente relacionado à composição química dos ingredientes, tendo relação direta com a quantidade do nutriente ou energia a ser absorvido ou utilizado pelo organismo animal. A composição química de um alimento pode dar a impressão deste ser excelente como fonte de nutrientes, mas será de baixo valor nutritivo se seus nutrientes não forem bem digeridos e absorvidos no trato gastrintestinal da espécie alvo (KOPRUCU & OZDEMIR, 2005).

As espécies animais devido a características fisiológicas e morfológicas possuem diferentes habilidades de aproveitamento dos nutrientes e energia contidos nos alimentos ingeridos. Essas diferenças podem ser quantificadas por meio da determinação dos coeficientes de digestibilidade, sendo a fração de nutrientes ou energia dos ingredientes ingeridos que não são excretados nas fezes (NRC, 2011). Portanto, quantificar os coeficientes de digestibilidade dos nutrientes dos ingredientes de uma ração permite otimizar a formulação de

rações, promovendo melhor aproveitamento de nutrientes, bem como, minimizar as perdas de nitrogênio e fósforo para o ambiente.

Segundo Irvin & Tabrett (2005) o conhecimento dos coeficientes de digestibilidade de ingredientes é pré-requisito, para o potencial do seu valor nutritivo para a formulação de dietas balanceadas com menor custo. Um ingrediente somente poderá ser utilizado com eficiência quando a digestibilidade dos nutrientes que o compõem for conhecida (HOSSAIN & JAUNCEY 1989).

Na piscicultura, para se obter melhor eficiência alimentar deve-se integrar vários fatores como as características fisiológicas, hábito alimentar e exigência nutricional da espécie em cultivo, considerando a composição química e a disponibilidade de nutrientes dos ingredientes selecionados para a confecção da ração. Segundo McGoogan & Gatlin (2003) as rações desenvolvidas para maximizar o crescimento dos peixes, agora devem atender a outras necessidades, como a sustentabilidade das criações, o que pode ser atingido pela otimização do uso dos nutrientes nas dietas, utilizando, para isso, adequado balanço entre a energia e a proteína. De acordo com Pezzato et al. (2002), somente a partir de rações com altos coeficientes de digestibilidade será possível obter melhores respostas de conversão alimentar, maximizar os lucros e, principalmente, minimizar o impacto ambiental que alguns desses ingredientes podem proporcionar.

Os métodos para determinação dos coeficientes de digestibilidade incluem o método direto, que envolve a coleta total de fezes, e o indireto em que a coleta de fezes é parcial, utilizando-se marcadores como substância referência. Como a separação das fezes com o meio aquático e com os resíduos de alimentos não digeridos é dificultado, o método direto não tem sido utilizado para determinação dos coeficientes de digestibilidade pelos peixes. Inicialmente, o método direto, envolvia filtragem de água, quantificação total das excretas e urina. Entretanto, o método não era exato, devido à contaminação de urina ou excreções liberadas pelas brânquias (DE SILVA & ANDERSON, 1995). O método direto foi citado por alguns autores como sendo trabalhoso ou impreciso (NOSE, 1960; NUNES, 1996).

Atualmente, se utiliza com maior frequência o método indireto que envolve o uso de marcadores inertes, dentre eles o mais usual é o óxido de crômio (Cr_2O_3). No método indireto, os coeficientes de digestibilidade aparente são estimados pela diferença de concentração do marcador e nutriente no alimento e nas fezes, de forma que a coleta total das fezes não é necessária, apenas uma amostra representativa permitindo que os peixes comam à vontade (NRC, 2011).

O uso de indicadores externos inertes possibilita a utilização de água corrente, uma vez que as perdas de fezes podem ser calculadas (KLONTZ, 1995). Esses marcadores apresentam várias aplicações em estudos nutricionais, possibilitando estimar a quantidade de alimento ou nutriente consumido, medir o tempo, bem como a taxa de passagem da ingesta pelo trato digestório e estimar o coeficiente de digestibilidade total ou parcial dos nutrientes dos alimentos (DE SILVA & ANDERSON, 1995).

A característica ideal de uma substância para ser caracterizada como indicador é ser completamente indigestível e não absorvível, não ter ação farmacológica e passar uniformemente no aparelho digestório, ter fácil e rápida determinação química e de preferência ser constituinte natural da dieta (GODDARD & McLEAN, 2001). Ainda, de acordo com os autores esse marcador deve ser incorporado à dieta de forma homogênea, ser higiênico e não causar danos ao ser humano e ao ambiente.

A utilização do óxido de crômio como marcador inerte foi proposto inicialmente em 1918 em estudos de digestibilidade com ruminantes, e em estudos com peixes, na década de 60 passando a ser o marcador mais utilizado em estudos de digestibilidade (FURUKAWA & TSUKAHARA, 1966; MORALES et al., 1999).

Cho et al. (1985) e Cho (1987) propuseram o Sistema Guelf para estudos de digestibilidade com peixes. Esse sistema consiste em um conjunto de aquários de 80 litros, interligados, com fluxo contínuo de água, fundo inclinado para facilitar a coleta de fezes por meio de uma coluna externa. Comparando-se o Sistema Guelf com a dissecação intestinal para estudo de digestibilidade em salmão Chinook (*Oncorhynchus tshawytscha*), Hajen et al. (1993) não encontraram diferenças significativas entre os valores obtidos pelos dois métodos.

Segundo Bonfim & Lanna (2004), a coleta das fezes no método indireto pode ser efetuada de duas maneiras: na primeira, as excretas podem ser obtidas diretamente de um cultivo com tanque ou aquário após a defecação (coleta com o peixe dentro da água); e na segunda as amostras podem ser coletadas diretamente do intestino posterior antes de serem defecadas pelo peixe (coleta com o peixe fora da água). Nos métodos indiretos são utilizados marcadores que podem ser internos ou externos ao alimento.

O maior problema relacionado às metodologias de coleta de fezes diretamente do intestino posterior dos peixes, é a possibilidade da digesta conter material endógeno em quantidades significativas, além da possibilidade de não serem completamente digeridas e absorvidas na parte final do trato gastrointestinal do animal (AUSTRENG, 1978), podendo muitas vezes subestimar os coeficientes de digestibilidade. Desta forma, dependendo a metodologia adotada, podem ocorrer variações nos resultados.

A coleta de fezes é o procedimento que exige maior atenção e precisão em experimentos de digestibilidade, independentemente, da escolha do método. Em trabalhos com a truta arco-íris, Smith et al. (1980) mostraram que significativa quantidade de nitrogênio fecal pode ser lixiviada na água antes da coleta, superestimando os coeficientes de digestibilidade. Portanto o conhecimento dos coeficientes de digestibilidade de um alimento e fatores que influenciam no seu aproveitamento pelos animais são de grande importância para a formulação precisa de dietas balanceadas, que maximizem o desempenho e a eficiência alimentar.

Fatores que afetam a digestibilidade em peixes

Vários são os fatores que influenciam os coeficientes de digestibilidade dos alimentos em peixes, tais como : a espécie do peixe, a salinidade, temperatura da água e outros (BOMFIM & LANNA, 2004).

Os diferentes hábitos alimentares dos peixes determinam diferenças anatômicas e fisiológicas no aparelho digestivo. Os peixes carnívoros apresentam intestino relativamente curto, com baixo coeficiente intestinal; os peixes onívoros

apresentam comprimentos intermediários de intestino; e os herbívoros têm intestino longo permitindo um maior tempo para os processos de digestão e absorção (CASTAGNOLLI, 1979; LOGATO, 1998; NRC, 2011).

Como os peixes são pecilotérmicos, a variação da temperatura afeta seu metabolismo. Consequentemente, o consumo de ração, os processos de digestão e absorção, a taxa de passagem e as atividades enzimáticas, podem ser umas das principais causas do elevado coeficiente de variação dos ensaios de digestibilidade em teleósteos (VIDAL JÚNIOR, 2004). O aumento da temperatura, dentro de uma faixa adequada para o desenvolvimento da espécie, resultou em aumento dos coeficientes de digestibilidade aparente nos alimentos (AZEVEDO et al., 1998; VIDAL JÚNIOR, 2004). Segundo Vidal Júnior (2004), isto pode ser atribuído à elevação da atividade enzimática no lúmen intestinal, apesar de ser observado também redução do tempo de trânsito intestinal e tempo de esvaziamento do tubo digestivo com a elevação da temperatura.

A salinidade exerce influencia direta nos coeficientes de digestibilidade, Ferraris, et al., (1986); Storebakken et al., (1998), atribuíram à elevação da taxa de passagem em ambientes salinos, em função das alterações nos processos osmorregulatórios dos peixes, reduzindo, o tempo de digestão e absorção dos alimentos.

Levando em consideração que a digestibilidade é influenciada pelos fatores do ambiente, fica evidente a importância de estudos em ambientes intensivos de criação, estes que não dispõem de ambientes controlados artificialmente.

Digestibilidade de ingredientes pelas tilápias

Os ingredientes proteicos ou energéticos de origem animal ou vegetal possuem diferentes coeficientes de digestibilidade, dependendo da capacidade digestiva dos peixes, a qual está diretamente relacionada ao seu hábito alimentar (BOMFIM & LANNA, 2004). As tilápias destacam-se nos estudos de digestibilidade de nutrientes e energia de fontes convencionais e alternativas de origem vegetal (FAGBENRO, 1998; PEZZATO et al., 2001), por tolerarem dietas

com elevados níveis de carboidratos (DEGANI & REVACH, 1991; NRC, 2011), fato atribuído as suas adaptações morfológicas e fisiológicas (KUBARIK, 1997).

Em estudo Pezzato et al. (2002) avaliaram a digestibilidade de diversos ingredientes pela tilápias-do-Nilo com peso de 100 gramas. Concluíram que entre os ingredientes classificados como energéticos, o milho, o milho extrusado, o farelo de trigo e o farelo de arroz apresentaram melhores coeficientes de digestibilidade (CDa) sendo esses valores para matéria seca (MS) (52,52; 68,87; 66,05 e 59,29%), para proteína bruta (PB) (91,66; 89,62; 91,13 e 94,86%), extrato etéreo (EE) (69,02; 81,24; 67,37 e 57,47%) e energia bruta (EB) (83,94; 62,89; 77,70 e 91,29%).

Dos classificados como proteicos vegetal, o glúten 60, farelo de soja e o glúten 21, seguidos do farelo de canola apresentaram melhores coeficientes de digestibilidade aparente sendo para MS (91,96; 71,04; 48,84 e 66,38%), PB (95,96; 91,56; 89,88 e 87,00%), EE (90,73; 82,67; 73,96 e 98,34%) e EB (72,99; 73,17; 66,79 e 74,79%). Entre os classificados como proteicos animal, a farinha de vísceras de aves, seguida da farinha de peixes apresentaram, destacadamente, melhor coeficiente de digestibilidade aparente sendo para MS (73,87 e 57,46%), PB (87,24 e 78,55), EE (95,10 e 80,12%) e EB (69,60 e 72,23%). Porém, os piores resultados foram proporcionados pela farinha de penas e pela farinha de sangue que apresentaram os seguintes valores de coeficiente de digestibilidade aparente para MS (37,39 e 53,30%), PB (29,12 e 50,69%), EE (70,16 e 89,36%) e EB (61,10 e 62,86%).

O peso, fase e idade dos animais exercem influência nas diferenças encontradas nos estudos de digestibilidade para uma mesma espécie e alimento utilizado. Quintero-Pinto (2008), trabalhando com tilápias-do-Nilo de 25; 250 e 500 g, encontraram diferenças na digestibilidade de alguns ingredientes, sendo que a farinha de peixe e farinha de vísceras de aves apresentaram maiores valores com o peso de 25 gramas tanto para MS (88,47 e 93,13%) e energia bruta (EB), (97,53 e 97,26%), porém utilizando ingredientes de origem vegetal encontrou maiores valores de digestibilidade para os peixes de 500 gramas, sendo que o glúten de milho e farelo de soja tiveram CDa para MS (86,81 e 73,84%) e EB (87,24 e 91,90%). Rajamani e Job (1976) trabalharam com *Tilapia mossambica*

(*Oreochromis mossambicus*) de 0,90; 9,0 e 37 gramas e observaram que a eficiência de absorção da dieta foi diretamente relacionada ao peso dos peixes.

Nos trabalhos realizados com tilápia-do-Nilo, Pezzato et al. (2002), Gonçalves et al. (2005) e Guimarães et al. (2008) utilizaram animais pesando 100 gramas e encontraram diferentes valores de digestibilidade da MS (55,52; 69,27 e 82,21%), PB (91,66; 91,01 e 72,86%) e EB (83,94; 75,75 e 67,37%) do milho, já Furuya (2001) e Boscolo et al. (2002) utilizaram tilápias-do-Nilo de 25,24 e 37,61 gramas de peso, respectivamente e encontraram diferenças para digestibilidade da MS (78,09 e 73,22%), PB (87,12 e 93,40%) e EB (82,63 e 76,63%) do milho. Isso demonstra que a digestibilidade de ingredientes pela tilápia, é dependente da fase em que esse animal se encontra e as características do ingrediente.

Nas tabelas de exigência nutricionais para tilápia atuais, não se encontram as exigências nutricionais ou o valor de digestibilidade de alimentos para as fases de criação da espécie, principalmente em tilápias em fase de terminação com 500 gramas ou mais. Esta fase que, compreende maior consumo de alimento pelos animais, maiores aporte energéticos e proteicos. Melhorias na nutrição nesta fase podem resultar, em maiores retornos e menores impactos ambientais.

Segundo Castagnolli (2010), de forma geral, ainda não estão definidas as exigências da tilápia em todas as fases do seu crescimento, portanto muito ainda está por ser feito. Na nutrição animal, é a eficiência no aporte da energia que viabiliza o aproveitamento dos ingredientes alimentares podendo proporcionar os rendimentos econômicos da atividade.

Digestibilidade pelos peixes criados em tanques-rede

Pouco são os estudos de digestibilidade em condições intensivas de produção, encontrados na literatura. Técnicas de coleta de fezes realizadas em laboratórios com salmão vêm sendo adaptadas para o uso em sistema intensivo.

Segundo Percival et al. (2001) na indústria comercial de salmão, muitos ingredientes são utilizados para peixes maiores que 1 kg criados em tanques-rede, porem há poucos estudos e técnicas para coleta de fezes desses animais,

sendo que pequenas melhorias alimentares nessa fase de produção podem melhorar o custo de produção e minimizar impactos ambientais. Os mesmos autores em estudo para validação de técnicas para coleta de fezes para determinação de digestibilidade aparente de salmão do Atlântico (*Salmo salar* L.) acima de 5 kg, testando três tipos de coletas de fezes dissecação, extrusão e sucção retal, e recomendaram a coleta por extrusão por apresentar melhores resultados.

Ng et al. (2004), em estudo utilizando salmão do Atlântico criados em tanque-redes, suplementados com óleo bruto de palma (10 e 25%) e submetidos a diferentes temperaturas ambientais (11 e 6 °C) determinaram melhores valores de digestibilidade MS (70,9 %) nos peixes alimentados com as dietas com 25 % de óleo, submetidos a temperatura de 11 °C. Isso demonstra que os fatores ambientais podem interferir na digestibilidade dos nutrientes da ração.

Na literatura atual não existe trabalhos de digestibilidade realizados com tilápia-do-Nilo em tanques-rede em condições intensivas. Com bases nos estudos realizados em laboratórios é possível a superestimação do aproveitamento de nutrientes pelos peixes isso por não considerarem os fatores estressores de um sistema intensivo.

Porém estes mesmos estudos permitem a adequação de técnicas que viabilizem a determinação dos coeficientes de digestibilidade de peixes, criados em produção intensiva, permitindo que futuramente os dados gerados auxiliem na formulação de dietas precisas.

Com base nessas informações, esta pesquisa se apresenta em capítulo intitulado: Capítulo II – **“Digestibilidade aparente de ingredientes pela tilápia-do-Nilo em sistema intensivo de produção”**, redigido de acordo com as normas do periódico Aquaculture Nutrition.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, R.C.P. ; BACCARIN, A.E. Efeito da produção de peixes em tanques-rede sobre sedimentação de material em suspensão e de nutrientes no córrego da Arribada (UHE Nova Avanhandava, baixo rio Tiête, SP). In NOGUEIRA, M.G., HENRY, R. ; JORCIN, A. (Eds.). **Ecologia de Reservatórios: impactos potenciais, ações de manejo e sistemas em cascata**. São Carlos, 329-347p, 2007.

ANDERSON, J.; JACKSON, A.J.; MATTY, A.J. et al. Effects of dietary carbohydrates and fiber on the tilapia, *Oreochromis niloticus* (Linn.). **Aquaculture**, v.13, p.265-272, 1984.

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

AYROSA, D.M.M.R.; FURLANETO, F.P.B. ; AYROSA, L.M.S. Regularização de projetos de piscicultura no estado de São Paulo. **Revista Tecnologia & Inovação Agropecuária**, vol. 1, no. 1, p. 33-41, 2008.

AZEVEDO, P.A.; CHO, C.I.; LEESON, S.; BUREAU, D.P. Effects of feeding level and water temperature on growth, nutrient and energy utilization and waste outputs of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Aquat. Living Resour**, v. 11, p.227-238, 1998.

BENDIKSEN, E.A., BERG, O.K., JOBLING, M., ARNESEN, A.M., MASOVAL, K. Digestibility, growth and nutrient utilization of Atlantic salmon (*Salmo salar*) in relation to temperature, feed fat content and oil source. **Aquaculture**, v. 224, p. 283-299, 2003.

BOMFIM, M.A.D. ; LANA, E.A.T. Fatores que afetam os coeficientes de digestibilidade nos alimentos para peixes. **Revista Eletrônica Nutritime**. v. 1, n. 1, p.20-30, 2004.

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**, v.13, n.2, p.539-545, 2002

CARVALHO, E.D. Avaliação dos impactos da piscicultura em tanques-rede nas represas dos grandes tributários do alto Paraná (Tietê e Paranapanema): o pescado, a ictiofauna agregada e as condições limnológicas. **Relatório Científico** (FAPESP). Botucatu, SP, p.46, 2006.

CASTAGNOLLI, N. **Fundamentos de nutrição de peixes**. Jaboticabal: Livroceres, p.107, 1979.

CASTAGNOLLI, N. **Tabela Brasileira para a Nutrição de Tilápias**. Toledo PR edição do autor, 2010.

CHO, C.Y. La energía en la nutrición de los peces. In: MONTEROS, J. E. de los; LABARTA, U. (Ed.). **Nutrición en acuicultura II**. Madrid: Comisión Asesora de Investigación Científica y Técnica, p.197-243, 1987.

CHO, C.Y.; COWEY, C.B.; WATANABE, T. **Finfish nutrition on Asia**: methodological approaches to research and development. Ottawa: International Development Research Center, p.154, 1985

DE SILVA, S.; ANDERSON, T.A. **Fish nutrition in aquaculture**. 1 ed. London Sena S. De Silva ; Trevor A. Anderson, 1995. Ed. Chapman & Hall, London, 1995.

DEGANI, G. ; REVACH, A. Digestive capabilities of three commensal fish species: carp, *Cyprinus carpio* L., tilápia, *Oreochromis aureus* x *O. niloticus*, and African catfish, *Clarias gariepinus* (Burchell, 1882). **Aquaculture and Fisheries Management**, v.22, p.397-403, 1991.

FAGBENRO, O. Apparent digestibility of various legumes seed meals in Nile tilapia diets. **Aquaculture. Internacional.**, v. 6, p.83-87, 1998.

FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATIONS OF THE UNITED NATIONS. **The State of Fisheries World and Aquaculture 2013**. FAO Fisheries and Aquaculture Department, Rome, p.209, 2013.

FERRARIS, R.P.; CATACUTAN, M.R.; MABELIN, R.L.; JAZUL, A.P. Digestibility in milk fish, *Chanos chanos* (Forsskal): effects of protein source, fish size and salinity. **Aquaculture**, v.59, p.93-105, 1986.

FURUKAWA, A. ; TSUKAHARA, H. On the acid digestion method for the determination of Chromic Oxide as an index substance in the study of digestibility of fish feed. **Bulletin of the Japanese Society Scientific Fisheries**, v. 32, n 6, p.502-506, 1976.

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

GALLI, L. F. ; TORLONI, C. E. C. **Criação de peixes. 3. ed.** São Paulo: Nobel, p.118, 1986.

GODDARD, J.S. ; McLEAN, E. Acid-insoluble ash as an inert reference material for digestibility studies in tilapia *Oreochromis aureus*. **Aquaculture**, v. 194, p. 93-98, 2001.

GONÇALVES, G.S.; PEZZATO, L.E.; BARROS, M.M. et al. Efeito da suplementação de fitase sobre a disponibilidade aparente de nutrientes em alimentos vegetais pela tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.6, p.2155-2163, 2005.

GUIMARÃES, I.G.; PEZZATO, L.E.; BARROS, M.M. et al. Nutrient digestibility of several grain products and by-products in extruded diets for Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. **Journal of the Aquaculture Society**, v.39, p.781-789, 2008

HAJEN, W.E.; HIGGS, D.A.; BEAMES, R.M.; DOSANJH, B.S. Digestibility of various feedstuffs by post-juvenile chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*) in sea water. 2. Measurement of digestibility. **Aquaculture**, Amsterdam, v.112, p.333-348, 1993.

HALVER, J.E. **Fish nutrition**. San Diego Academic Press. 2 ed. 798p, 1989.

HAYASHI, C. Breves considerações sobre as tilápias. In: RIBEIRO, R.P.; HAYASHI, C; FURUYA, W.M. (Eds.). **Curso de piscicultura – criação racional de tilápias**. 1.ed. Maringá, p.4, 1995.

HOSSAIN, M.A. ; JAUNCEY, K. Studies on the protein, energy and amino acids digestibility of fish meal, mustard oilcake, linseed and sesame meal for common

- carp (*Cyprinus carpio*). **Aquaculture**, v.83, p.59-72, 1989.
- IRVIN S.J.; TABRETT S.J. A novel method of collecting fecal samples from spiny lobsters. **Aquaculture** v.243, p.269-272, 2005.
- KLONTZ, G.W. Care of fish in biological research. **Journal of Animal Science**, v.73, n.11, p.3485-3492, 1995.
- KOPRUCU, K.; OZDEMIR, Y. Apparent digestibility of selected feed ingredients for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Aquaculture**, v.250, p.308-316, 2005.
- KUBARIK, J. Tilapia on highly flexible diets. **Feed International**, v. 6, p.16-18, 1997.
- LAHAV, A.; RA'NAN, Z. Salinity tolerance of genetically produced tilapia (*Oreochromis*) hybrids. **Aquaculture**, v.49, p.160-165, 1997.
- LICHTENSTEIN, A.H.; APPEL, L.J.; BRANDS M.; CARNETHON, M.; DANIELS, S.; FRANCH, H.A.; FRANKLIN, B.; KRIS-ETHERTON, P.; HARRIS, W.S.; HOWARD, B.; KARANJA, N. **Diet and lifestyle recommendations revision 2006**: a scientific statement from the American Heart Association Nutrition Committee, p.82–96, 2006.
- LOGATO, P.V.R. **Anatomia funcional e fisiologia dos peixes de água doce**. Lavras, MG: UFLA/FAEPE, p.108, 1998
- LOVSHIN, L.L. Tilapia farming; a growing worldwide aquaculture industry. SIMPÓSIO SOBRE MANEJO E NUTRIÇÃO DE PEIXES, 1997, Piracicaba. **Anais**. Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários "Luís de Queiroz", p.137-164, 1997.
- LUND, V. X. ; FIGUEIRA, M. L. O. **Criação de tilápias**. São Paulo: Livraria Nobel, p.63, 1989.
- MCGOOGAN, B.B.; GATLIN, D.M. Dietary manipulations affecting growth and nitrogenous waste production of red drum, *Sciaenops ocellatus*. II. Effects of energy level and nutrient density at various feeding rates. **Aquaculture**, v.182, p.271-285, 2003.
- MIDLEN, A.; REDDING, T. **Environmental Management for Aquaculture**. Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 223p. 1998.

MORALES, A.E.; CARDENETE, G.; SANZ, A. et al. Re-evaluation of crude fibre and acidinsoluble ash as inert markers, alternative to chromic oxide, in digestibility studies with rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Aquaculture**, v. 179, p. 71-79, 1999.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. **Nutrient requirements of fish. Washington**: National Academy of Science, 2011.

NEJI, H., NAIMI, N., LALLIER, R., DE LA NOUE, J. Relationships between feeding, hypoxia, digestibility and experimental furunculosis in rainbow trout. Ed. **INRA**, Paris, (Les Colloques, nº61), 186-197, 1993.

NG, W. K.; SIGHOLT, T.; BELL, J. G. The influence of environmental temperature on the apparent nutrient and fatty acid digestibility in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) fed finishing diets containing different blends of fish oil, rapeseed oil and palm oil. **Aquaculture**, v.35, p.1228-1237, 2004.

NOSE, T. On the digestion of food protein by goldfish (*Carassius auratus*) L.) and rainbow trout (*Salmo irideus* G.). **Bull. Freshw. Fish. Res. Lab.**, Tokyo, v.10, p.11 22, 1960.

NUNES, C.S. Avaliação do valor nutricional de fontes de proteína. II – Metodologia in vivo aplicável aos animais monogástricos e aos teleósteos. **Revista Portuguesa Ciências Veterinárias**, v.91, n.519, p.144-151, 1996.

OLIVEIRA, G.R.; LOGATO, P.V.R.; FREITAS, R.T.F. et al. Digestibilidade de nutrientes em ração com complexo enzimático para tilápia-do-nilo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.6, p.1945-1952, 2007.

PERCIVAL, S.B., LEE, P.S., CARTER, C.G. Validation of a technique for determining apparent digestibility in large (up to 5 kg/ Atlantic salmon) *Salmo salar* L./ in seacages. **Aquaculture**, v.201, p.315-327, 2001.

PEZZATO, L. E.; CASTAGNOLLI, N.; ROSSI, F. **Nutrição de alimentação de peixes**. Viçosa: Editora Aprenda Fácil, 2001.

PEZZATO, L.E.; MIRANDA, E.C.; BARROS, M.M. et al. Digestibilidade aparente de ingredientes pela tilápia do nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.4, p.1595-1604, 2002.

POPMA, T.; LOVSHIN, L.L.; Worldwide prospects for commercial production of tilapia. International Center for Aquaculture and Aquatics Environments. **Department of Fisheries and Allied Aquacultures**. Auburn University, Alabama, 1995.

QUINTERO-PINTO, L.G. Exigência dietária e disponibilidade de fontes de fósforo para tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). Botucatu, SP. 2008, p. 85 (**Tese Doutorado em Zootecnia**) – Universidade estadual Paulista, 2008.

RAJAMANI, M. AND JOB, S.V. Food utilization by *Tilapia mossambica* (Peters): function of size. **Hydrobiologia**, v.50, p.71-74, 1976.

SHCHYERBINA, M.A.; KAZLAUSKYENYE, O.P. Temperature regime of water and digestibility of nutrients by *Cyprinus carpio*. **Hidrobiology**, 7, 33-49, 1971.

SHIAU, S.Y. Utilization of carbohydrates in warmwater fish - with particular reference to tilapia, *Oreochromis niloticus* x *O. aureus*. **Aquaculture**, v.151, p.79-96, 1997.

SMITH, R.R.; PETERSON, M.C.; ALLRED, A.C. The effect of leaching on apparent digestion coefficients indetermining digestibility and metabolizable energy of feedstuffs for salmonids. **Progressive Fish Culturist**, v. 33, p. 132-134, 1980.

SORENSEN, M., LJOKJEL, K., STOREBAKKEN, T., et al. Apparent digestibility of protein, amino acids and energy in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed a fish meal based diet extruded at different temperatures. **Aquaculture**, 211, 215-225, 2002.

STOREBAKKEN, T.; SHEARER, K.D.; REFSTIE, S.; LAGOCKI, S.; McCOOL, J. Interactions between salinity, dietary carbohydrate source and carbohydrate concentration on the digestibility of macronutrients and energy in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Aquaculture** v.163, p.347-359, 1998.

TACON, A.G.J. Nutrition and Feeding of Farmed Fish and Shrimp. **A Training manual** 1. The essential nutrients. FAO, 1987.

VALENTI, W.C. **Aquicultura no Brasil; bases para um desenvolvimento sustentável**. Brasília: CNPq/Ministério da Ciência e Tecnologia, p.399, 2000.

VIDAL JÚNIOR, M.V.; DONZELE, J.L.; ANDRADE, D.R.; SANTOS, L.C. Determinação da digestibilidade da matéria seca e da proteína bruta do fubá de milho e do farelo de soja para tambaqui (*Colossoma macropomum*), utilizando-se técnicas com uso de indicadores internos e externos. **Rev. Bras. Zootec.** 33, 2193–2200, 2004.

VIOLA, S.; ARIELI, Y. Evaluation of different grains as ingredients in complete feeds for carp and tilapia in intensive culture. **Israel Journal Aquaculture**, v.35, p.38-43, 1983.

WATANABE, T., TAKEUCHI, T., SATOH, S., KIRON, V. Digestible energy: methodological influences and a mode of calculation. **Fisheries Science**, 62, 2, 288-292, 1996.

WILSON, R.P.; POE, W.E. Apparent digestibility protein and energy coefficients of common feed ingredients for channel catfish. **Progressive Fish Culturist**, p. 154-158, 1985.

ZHU, S., CHEN, S., HARDY, R.W., BARROWS, F.T. Digestibility, growth and excretion response of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) to feeds of different ingredient particle sizes. **Aquaculture Research**, 32, 885-893, 2001.

CAPÍTULO II

DIGESTIBILIDADE APARENTE DE INGREDIENTES PELA TILÁPIA-DO-NILO EM SISTEMA INTENSIVO DE PRODUÇÃO.

RESUMO

Esta pesquisa teve como objetivo avaliar a digestibilidade aparente de ingredientes pela tilápia-do-Nilo em sistema de produção intensivo, em duas fases, crescimento e terminação. O coeficiente de digestibilidade aparente foi determinado pelo método indireto, utilizando óxido de cromo 0,1 % (Cr_2O_3). O experimento foi realizado na Piscicultura Fernandes, Palmital, SP, reservatório de canoas II, rio Paranapanema. Foram utilizadas tilápias-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*) de pesos, 60 e 500 g e, posteriormente, estocados em 24 tanques redes de 1,0m³. O delineamento experimental foi inteiramente casualizados em esquema fatorial (3x2), três tratamentos (milho, farelo de trigo e farelo de arroz ou farinha de vísceras de aves, farinha de carne e ossos e farelo de soja) e dois pesos (50 e 500g), com seis repetições cada. Determinou-se os coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca, proteína bruta, energia bruta e extrato etéreo, assim como a disponibilidade aparente fósforo, magnésio, zinco e manganês. Dentre os ingredientes energéticos o milho apresentou os melhores valores, seguido do farelo de arroz e farelo de trigo. Entre os ingredientes proteicos a farinha de vísceras de aves apresentou os melhores valores, seguido do farelo de soja, e a farinha de carne e ossos apresentou os menores valores. O estudo demonstrou que o coeficiente de digestibilidade aparente pode ser influenciado conforme a fase do animal, sendo que o milho, farelo de arroz e farinha de vísceras de aves, apresentaram melhores coeficientes de digestibilidade para os peixes de 500g, enquanto o farelo de trigo os melhores coeficientes para os peixes de 50g.

Palavraschave: *Oreochromis niloticus*, digestibilidade, sistema intensivo de produção, fase do peixes.

APPARENT DIGESTIBILITY OF INGREDIENTS BY NILE TILAPIA IN INTENSIVE PRODUCTION SYSTEM

Abstract

The aim of this study was to evaluate the apparent digestibility of ingredients for Nile tilapia in intensive production system, in two fish sizes, growing and finishing. The experiment was conducted in fish farming Fernandes, Palmital, SP, canoas II reservoir, Paranapanema River. Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) 60-500 g, were stocked in 24 tanks 1.0 m³ net cage. Apparent digestibility coefficient was determined by an indirect method, using 0.1 % chromic oxide (Cr₂O₃) as marker. The experimental design was completely randomized in a factorial arrangement (3x2), three treatments (corn, wheat meddlings and rice bran or poultry meal, meat and bone meal and soybean meal) and two fish sizes (50-500g) with six replicates each. The apparent digestibility coefficients (ADC) of dry matter, crude protein, gross energy, lipids, and the apparent availability of phosphorus, magnesium, zinc, and manganese were determined. Among the energetic ingredients corn showed the highest values, followed by rice bran and wheat meddlings. Among the protein ingredients poultry meal showed the highest values, than soybean meal and meat and bone meal. This study demonstrated that the apparent digestibility coefficient can be influenced by fish size, since corn, rice bran and poultry meal, showed the highest digestibility coefficients for 500 g fish, however wheat meddlings showed the highest coefficient for 50 g fish.

Key Words: *Oreochromis niloticus*, digestibility, intensive production system, fish size.

INTRODUÇÃO

A indústria de alimentos para peixes objetiva a produção de rações balanceadas de boa qualidade com mínimo custo. Os responsáveis pela formulação de rações procuram utilizar alimentos que se mostrem com qualidade, economicamente viáveis e disponíveis durante a maior parte do ano (Pezzato *et al.* 2004). Em sistemas intensivos, as rações são a principal ou exclusiva fonte de nutrientes para os peixes, representando até 70% dos custos de produção (Lovell 1998).

O atendimento das exigências nutricionais, por meio do uso de dietas, é facilitado com a formulação com base em nutrientes e energia digestíveis. O termo digestibilidade é utilizado para nutrientes que estão sujeitos aos processos digestíveis, sendo que a biodisponibilidade dos nutrientes tem sido definida como a proporção na qual o nutriente ingerido de determinada fonte é absorvido na forma a qual poderá ser utilizado pelo metabolismo animal (NRC, 2011).

Desta forma, o conhecimento dos coeficientes de digestibilidade aparentes de alimentos é o primeiro passo para avaliar o valor nutritivo dos alimentos para a formulação de dietas balanceadas de menor custo e com menores impactos ambientais. Muitos fatores influenciam os coeficientes de digestibilidade, tais como: temperatura da água (Shchymbina & Kazlauskienyte 1971; Bendiksen *et al.* 2003), concentração de oxigênio dissolvido na água (Neiji *et al.* 1993), idade dos peixes (Ferraris *et al.* 1986; Watanabe *et al.* 1996), composição dos alimentos (Tacon 1987; NRC 2011), grau de moagem (Zhu *et al.* 2001), peletização ou extrusão (Wilson & Poe 1985; Sorensen *et al.* 2002).

Pouco são os estudos de digestibilidade em condições intensivas de produção, encontrados na literatura. Técnicas de coleta de fezes realizadas em laboratórios com salmão do Atlântico (*Salmo salar* L.) vêm sendo adaptadas para o uso em sistema intensivo (Percival *et al.* 2001). Este mesmo autor cita que na indústria comercial de salmão, muitos ingredientes são utilizados para peixes maiores que 1 kg criados em tanques-rede, porém há poucos estudos e técnicas para coleta de fezes desses animais, sendo que pequenas melhorias alimentares

nessa fase de produção podem minimizar o custo de produção e os impactos ambientais.

Na literatura atual não existem estudos de digestibilidade realizados com a tilápia-do-Nilo em sistemas de produção intensivos e em diferentes fases de criação, com diferentes tamanhos. Com bases nos estudos realizados em laboratórios é possível a superestimação do aproveitamento de nutrientes pelos peixes, isso por não considerarem os fatores estressores de um sistema intensivo.

Segundo Castagnolli (2010), de forma geral, ainda não estão definidas as exigências da tilápia-do-Nilo e a digestibilidade dos alimentos em todas as fases do seu crescimento, portanto pesquisas necessitam serem desenvolvidas. Na nutrição animal, é a eficiência no aporte da energia que viabiliza o aproveitamento dos ingredientes alimentares podendo proporcionar os rendimentos econômicos da atividade.

Com base nessas informações esse estudo teve por objetivo determinar os coeficientes de digestibilidade aparente pela tilápia-do-Nilo, de nutrientes e energia de alguns alimentos proteicos e energéticos em sistemas intensivos de produção, na fase de crescimento e terminação.

MATERIAL E MÉTODOS

Local Experimental

O experimento foi realizado na Piscicultura Fernandes – Palmital/SP (latitude 22°56'41,47", longitude 50°10'39,06"), Reservatório de Canoas II, Rio Paranapanema, de 05 de Janeiro a 05 de Março de 2015.

Elaboração das Dietas Experimentais

A determinação da digestibilidade dos ingredientes foi realizada pelo método indireto de coleta de fezes utilizando 0,1% de óxido de crômio-III (Cr_2O_3) como indicador, adicionado à dieta referência (Tabela 1). As dietas teste foram

compostas por 69,9 % da dieta referência e 30 % dos alimentos avaliados e 0,1 % de óxido de cromo III.

Os alimentos utilizados (Tabela 2) para determinação de coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) foram obtidos da indústria (Agromix Nutrição Animal) e escolhidos com base na disponibilidade, frequência de utilização em rações, composição química e resultados já obtidos em avaliações nutricionais de desempenho para a tilápia-do- Nilo.

Os ingredientes foram moídos de forma a apresentar diâmetro inferior a 0,71mm. Posteriormente foram homogeneizadas, acrescidas de 23,0 % de água a 70 °C e a mistura foi extrusada a temperatura de 90 – 120 °C em extrusora laboratorial de rosca simples (Exteec® - Ribeirão Preto/SP/Brasil), apresentando grânulos próximos a 4,0 mm e 6,0 mm (diâmetro geométrico médio). As rações foram secas em estufa de circulação forçada de ar à 55 °C por 18 horas e armazenadas em câmara fria a 4,0°C.

Animais, Instalações e Manejos

Foram utilizados juvenis de tilápia-do-Nilo da linhagem Supreme, da Piscicultura Fernandes – Palmital/SP. Os animais foram aclimatados as condições experimentais por aproximadamente 20 dias antes do início do experimento em tanques-rede (TR) de 6 m³ para os peixes de 60 g (crescimento) e 18 m³ para os peixes de 500 g (terminação) e receberam ração comercial de 32% de proteína bruta três vezes por dia.

Após os 20 dias, os peixes foram estocados em 24 TR de 1,0m³, distribuídos em uma linha no rio, na densidade de 100 peixes de 60 gramas e 50 peixes de 500 gramas por TR. Os peixes foram alimentados com as dietas experimentais e referência por quatro dias, até a saciedade aparente, em três tratos diários (8-h, 11-h e 14-h) durante quatro dias, ao final do quarto dia os peixes, foram transferidos para os tanques de coleta de fezes.

Após a transferência dos peixes para os tanques de coleta de fezes, foram realizadas reposições de novos peixes nos TR, de forma a atender o número de seis repetições para cada tratamento, utilizando 4.200 peixes de 60 gramas e

2.100 peixes de 500 gramas. Os peixes retirados dos tanques de coletas de fezes eram descartados.

Diariamente foi mensurada a temperatura da água e semanalmente, o pH, e teor de oxigênio dissolvido utilizando-se sonda YSI 556® dentro e fora dos TR. Para as possíveis diferenças desses parâmetros quanto a distribuição dos TR na linha foram determinados três pontos (início, meio e final) da linha, para coleta dos dados. Os resultados obtidos de qualidade de água foram 24,5-26,5°C; 6,8-7,2 e 7,6-8,0 mg L⁻¹, respectivamente, demonstrando pouca ou nenhuma diferença dentro/fora dos TR e nos pontos adotados. A qualidade da água se manteve na faixa ideal de conforto para a espécie 25°C.

Coletas de fezes

Os peixes foram alimentados três vezes ao dia, com as dietas experimentais e referência, durante quatro dias, no final do quarto dia os peixes foram transferidos para os tanques de coleta de fezes (TF).

Para coleta de fezes foram utilizados seis tanques de decantação adaptados de aproximadamente 1 m³, de estrutura de ferro, com grades de 2,5 cm² e fundo piramidal. As grades laterais foram revestidas com tela de nylon de 1,0 x 2,5 m (tela mosquiteiro) de forma a impedir a entrada de sujeira e perda de fezes. Para a coleta das fezes, foram utilizados canos PVCs de uma polegada, unidos a registros PVCs de uma polegada.

Os TF foram distribuídos em três estruturas de ferro de 2 m com boias flutuantes nas laterais, essas posicionadas no centro de manejo da piscicultura. Finalizada cada período de coleta de fezes os TF eram higienizados, com máquina de alta pressão de 1650 libras (Wap®) preparando-os para nova coleta (repetição).

As transferências dos peixes foram realizadas diariamente às 5-h, por meio de puça, para os TF, onde permaneciam até a coleta de fezes no dia seguinte. As coletas de fezes foram realizadas diariamente às 8-h, os TF eram levantados parcialmente para fora da água por guincho de coluna elétrico, para retirada dos peixes, em seguida totalmente para coleta das amostras de fezes.

As amostras foram coletas em coletor de fezes, armazenadas em recipientes plásticos de 500-mL, identificados e posteriormente armazenadas em freezer a -20°C. O material coletado variou de 300-750-mL, por repetição. Os TF eram dotados de sistema de coleta de fezes por gravidade, possibilitando a obtenção do material para análise. As amostras de fezes foram descongeladas centrifugadas e posteriormente, secas em estufa de ventilação forçada a 55°C e moídas (Pezzato *et al.* 2004).

Análises químico-bromatológicas

As análises químico-bromatológicas, dos ingredientes testados, das rações e das fezes foram realizadas no Laboratório de Bromatologia da FMVZ e a dos minerais fosforo (P), magnésio (Mg), manganês (Mn) e Zinco (Zn) no Laboratório de Química e Bioquímica do Instituto de Biociências, UNESP, Câmpus de Botucatu, segundo as metodologias descritas pela Association of Official Analytical Chemists (AOAC 2000). As análises para determinação da concentração de crômio-III, nas fezes e nas rações, foram realizadas segundo Bremer Neto *et al.* (2005).

As análises para determinação da concentração de crômio, cálcio, magnésio, zinco, cobre, manganês nas fezes, nas rações e nos ingredientes foram realizadas a partir da mineralização ácida das amostras em tubos de ensaio, utilizando uma mistura ácida, composta por 3-mL de ácido nítrico (HNO₃) e 2-mL de ácido perclórico e posterior quantificação espectrometria de absorção atômica (Shimadzu Atomic Absorption spectrophotometers AA6800). A determinação do fósforo (P) total foi realizada pelo método de azul de molibdênio com utilização de Bi (II) como catalisador (Markzent 1976)

A digestibilidade aparente de proteína bruta, matéria seca, extrato etéreo, energia bruta e a disponibilidade aparente dos minerais da ração referência e experimentais foram calculadas segundo Nose (1966).

$$CDA_{(\%)} = 100 - \left[100 \left(\frac{\%Cr_2O_3d}{\%Cr_2O_3f} \right) \times \left(\frac{\%Nf}{\%Nd} \right) \right]$$

Em que:

$CDA_{(%)}$ = Coeficiente de digestibilidade aparente (%);

$\%Cr_2O_3d$ = porcentagem de óxido de cromo na dieta;

$\%Cr_2O_3f$ = porcentagem de óxido de cromo nas fezes;

$\%Nd$ = porcentagem de nutrientes ou energia na dieta;

$\%Nf$ = porcentagem de nutrientes ou energia nas fezes.

A média da porcentagem recuperada de óxido de cromo nas dietas foi de 0,097% e nas fezes foi de 0,36%, ocorrendo poucas perdas do marcador, durante o processamento das rações, e acúmulo nas fezes não ocorrendo perdas, demonstrando a eficiência da metodologia.

A digestibilidade aparente da proteína bruta, matéria seca, extrato etéreo e energia bruta e as disponibilidades aparentes dos minerais dos alimentos estudados foram calculadas de acordo com metodologia descrita por Cho & Slinger (1979), baseada na proporção da mistura dieta referência e alimentos testes, de acordo com a fórmula:

$$CDA_{(N)} = \frac{(CDA_{DT} - CDA_{DR} \times R)}{T}$$

Em que:

$CDA_{(N)}$ = coeficiente de digestibilidade aparente da matéria seca, da proteína ou da matéria orgânica do alimento estudado;

CDA_{DT} = coeficiente de digestibilidade aparente da matéria seca, da proteína ou da matéria orgânica na dieta teste;

CDA_{DR} = coeficiente de digestibilidade aparente da matéria seca, da proteína ou da matéria orgânica na dieta referência;

R = proporção da dieta referência;

T = proporção da dieta teste.

Delineamento Experimental

O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado, em esquema fatorial 3x2, três ingredientes (milho, farelo de arroz e farelo de trigo ou farelo de soja, farinha de vísceras de aves e farinha de carne e ossos) e duas fases (crescimento e terminação) com seis repetições cada. Os dados foram submetidos ao proc glm do SAS e quando significativos foram submetidos ao teste de Tukey ($P < 0,05$)

RESULTADOS

A Tabela 2 representa os valores de composição química dos alimentos utilizados nas rações experimentais, com base na matéria seca.

Ingredientes Energéticos

Os valores médios dos coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) da matéria seca, proteína bruta, energia bruta, extrato etéreo, fósforo, magnésio, manganês e zinco dos ingredientes energéticos, estão representados na Tabela 3. Observou-se diferença significativa ($P < 0,05$) entre os ingredientes em todas as variáveis, entre as fases na matéria seca, proteína bruta, energia bruta extrato etéreo e manganês e interações significativas para matéria seca, proteína bruta energia bruta extrato etéreo magnésio e manganês. Na Tabela 4 estão representados os desdobramentos das interações fase e ingrediente para matéria seca, proteína bruta, energia e extrato etéreo.

Para o CDA da matéria seca os peixes na fase de crescimento não apresentaram diferenças significativas, entre os três ingredientes. Entretanto para os peixes na fase de terminação, houve diferenças ($P < 0,001$) entre os CDA, sendo que os peixes alimentados com milho (73,97%), demonstrando melhores valores que o farelo de arroz (61,51%) e farelo de trigo (46,73%).

Houve interação ($P < 0,001$) entre fase e ingredientes, para os CDA da matéria seca, para os três ingredientes, os peixes alimentados com o milho e farelo de arroz aproveitaram melhor estes alimentos na fase de terminação enquanto que, para o farelo de trigo ocorre diminuição.

Foram observadas diferenças ($P < 0,001$) para os CDA da proteína bruta nos peixes na fase de crescimento, demonstrando maiores valores para os peixes alimentados com o farelo de trigo (87,93%) comparando-se aos alimentados com milho (72,72 %) e farelo de arroz (72,44%). Não houve diferenças significativas entre os ingredientes nos CDA dos peixes na fase de terminação. Entretanto houve interação, para o milho e farelo de arroz, tendo melhores valores de CDA na fase de terminação.

Para o CDA da energia bruta houve diferenças ($P < 0,001$), em ambas as fases. Os peixes alimentados com o milho (63,57%) e (76,23%), apresentaram melhores valores de CDA, que o farelo de arroz (63,24%) e (65,73%) e farelo de trigo (56,96%) e (53,79%). A interação foi significativa apenas para os peixes alimentados com milho apresentando melhores valores de CDA na fase de terminação.

Houve diferenças ($P < 0,001$) no CDA do extrato etéreo, nos peixes na fase de crescimento e terminação. Os peixes alimentados com o milho (78,14%) e (90,41%), apresentaram melhores valores de CDA, que os alimentados com farelo de arroz (61,70%) e (63,41%) e farelo de trigo (67,08%) e (62,11%). Houve interação significativa para os peixes alimentados com milho e farelo de trigo, apresentando melhores valores de CDA para os peixes alimentados com milho na fase de terminação, enquanto para o trigo melhores valores para fase de crescimento.

Os desdobramentos das interações fase e ingredientes para os minerais, fósforo, magnésio, manganês e zinco dos ingredientes energéticos estão

representados na Tabela 5. Para o fósforo houve diferenças ($P<0,001$) para os peixes na fase de crescimento e terminação, sendo os melhores valores de CDA, para o milho (47,60%) e (49,55%) seguidos do farelo de trigo (42,64%) e (44,31%) e farelo de arroz (17,89) e (20,42%). Não houve interação ($P>0,05$) entre os tratamentos.

Os CDA apresentaram diferenças ($P<0,001$) para o mineral magnésio, com melhor disponibilidade para os peixes alimentados com milho (76,28%) e (86,72%), na fase de crescimento e terminação, seguidos pelos peixes alimentados com farelo de trigo (58,57%) e (55,93%) e farelo de arroz (50,22%) e (45,72%). A interação foi significativa, para os peixes alimentados com o milho e farelo de arroz.

Quanto aos CDA do mineral manganês, os peixes alimentados com farelo de trigo, apresentaram melhor disponibilidade (83,70%), não diferindo estatisticamente dos peixes alimentados com milho (79,25%), entretanto houve diferenças ($P<0,001$) quando comparados com o farelo de arroz (4,22%) na fase de crescimento. Na fase de terminação, os peixes alimentados com milho apresentaram melhores valores para CDA (93,15%) com diferenças significativas comparadas com o farelo de trigo (82,01%) e farelo de arroz (8,59%). Foi determinada interação ($P<0,002$) nos peixes alimentados com o milho, com melhores valores de CDA na fase de terminação.

O mineral zinco apresentou diferenças ($P<0,001$) entre as fases de crescimento e terminação. Os peixes alimentados com milho apresentaram maiores valores de CDA (60,34 e 71,43%), quando comparados com o farelo de trigo (37,37 e 36,37%). O farelo de arroz apresentou valores negativos para CDA. Não houve interação significativa entre os tratamentos.

Ingredientes Proteicos

Os valores médios dos coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) da matéria seca, proteína bruta, energia bruta, extrato etéreo, fosforo, magnésio, manganês e zinco dos ingredientes proteicos, estão representados na Tabela 6.

Houve diferenças ($P < 0,05$) entre os ingredientes em todas as variáveis, nas fases para proteína bruta, extrato etéreo e fósforo e determinaram interações significativas na proteína bruta, extrato etéreo e fósforo.

Na Tabela 7 estão representados os desdobramentos das interações fase e ingrediente para matéria seca, proteína bruta, energia e extrato etéreo. Para os CDA da matéria seca, houve diferenças ($P < 0,001$) nas fases de crescimento e terminação. O ingrediente que apresentou melhores valores foi à farinha de vísceras de aves (70,32 e 68,59%) seguido do farelo de soja (57,28 e 59,90%) e farinha de carne e ossos (46,95 e 51,11%). Não houve interação ($P > 0,05$) entre os tratamentos.

Houve diferença significativa ($P < 0,001$) nas fases de crescimento e terminação, para os CDA da proteína bruta. Os peixes alimentados com farelo de soja apresentaram maiores valores (92,68 e 93,90%), a farinha de vísceras de aves apresentou valores de 80,04 e 88,96 % e farinha de carne e ossos de 72,50 e 75,53%, a farinha de vísceras de aves apresentou interação ($P = 0,0512$), apresentado melhor aproveitamento da proteína na fase de terminação.

A energia bruta apresentou diferenças ($P < 0,0001$), com maiores valores de CDA para a farinha de vísceras de aves (85,04 e 89,37%) nas fases de crescimento e terminação, enquanto o farelo de soja (69,91 e 72,95%) e a farinha de carne e ossos (72,60 e 73,83%) não diferiram entre si. Não houve interação entre os tratamentos.

Quanto ao CDA do extrato etéreo houve diferença ($P < 0,006$), na fase de crescimento, sendo as farinhas de vísceras de aves e de carne e ossos (73,24) e (70,74%), com maiores valores, seguidos do farelo de soja com (68,96%). Na fase de terminação não houve diferenças entre a farinha de vísceras de aves (79,01%), farelo de soja (74,30%) e farinha de carne e ossos (75,49%). A interação foi significativa nos tratamentos com farinha de vísceras de aves e farelo de soja, apresentando maiores valores na fase de terminação.

Os desdobramentos das interações fase e ingredientes para os minerais, fósforo, magnésio, manganês e zinco dos ingredientes proteicos estão representados na Tabela 8. Foi observado diferença ($P < 0,001$) no CDA entre os ingredientes nas duas fases para o mineral fósforo, sendo a farinha de vísceras

de aves e farinha de carne e ossos os que apresentaram maior disponibilidade (45,24 e 54,63%) e (44,09 e 45,48%), em seguidos do farelo de soja (28,72 e 30,32%). Ocorreu interação ($P<0,02$) para a farinha de vísceras de aves, com maiores valores de CDA na fase de terminação.

Entre os CDA do mineral magnésio, a farinha de vísceras de aves (73,53 e 76,90%) diferiu ($P<0,001$) do farelo de soja (47,07 e 49,66%) e farinha de carne e ossos (46,58 e 46,95%) em ambas as fases, não houve interação significativa.

Para o mineral manganês foi observado diferenças significativas ($P<0,001$), entre os ingrediente. Os peixes alimentados com farinha de vísceras de aves e farinha de carne e ossos, apresentaram melhores valores de CDA, em ambas as fases (77,45 e 84,15%) e (78,94 e 88,16%), do que o farelo de soja (17,89 e 18,14%). Não houve interação para a variável manganês.

Para a variável CDA do zinco houve diferenças ($P<0,001$) entre os ingredientes. A farinha de vísceras de aves (65,89 e 60,64%) apresentou valores maiores comparados com a farinha de carne e ossos (26,89 e 16,64%). O farelo de soja apresentou valores negativos de CDA, não houve interação entre os tratamentos.

DISCUSSÃO

Ingredientes energéticos

Os valores de digestibilidade determinados neste estudo corroboram os da literatura, validando a metodologia utilizada em laboratório para sistema intensivo, em campo. As diferenças apresentadas nesse estudo em comparação com a literatura podem estar relacionadas a fatores como: condições inerentes ao sistema de produção e os laboratórios, as diferenças anatomofisiológicas entre as espécies, o método de coleta de fezes empregado e o processamento utilizado para a confecção das dietas. As diferenças nos valores de CDA dos nutrientes

para cada alimento, possivelmente estão relacionadas à composição química, origem, processamento e presença ou não de fatores antinutricionais.

Os ingredientes energéticos, com exceção do farelo de trigo apresentaram, de modo geral, melhores CDA na fase de terminação, comparado aos ingredientes proteicos. Possivelmente em função do hábito alimentar onívoro da tilápia-do-Nilo e sua anatomia, principalmente pelo intestino relativamente prolongado.

A interação significativa para o milho e farelo de arroz, entre fase e ingredientes demonstra aumento no CDA da matéria seca (MS), na fase de terminação. Segundo Ferraris *et al.* (1986) a digestibilidade dos alimentos pode aumentar com o tamanho dos peixes, principalmente onívoros e herbívoros, em razão do aumento relativo do comprimento do intestino, desta forma prolongando a digestão e o tempo da assimilação.

O alto teor de fibra bruta presente farelo de trigo pode ter determinado os menores valores de CDA da MS. Resultados semelhantes foram determinados por Lanna *et al.* (2004) em estudo de digestibilidade em ração com diferentes níveis de fibra bruta, sendo igualmente determinados menores valores de CDA para matéria seca, proteína bruta e extrato etéreo conforme o aumento da fibra bruta da dieta. O alto teor de fibra bruta pode resultar em maior velocidade de passagem e, conseqüentemente, menor aproveitamento do alimento (Madar & Thorne 1987). O melhor CDA da MS determinado na fase de crescimento pode, novamente, ser explicado pelo melhor desenvolvimento do intestino (Ferraris *et al.* 1986).

A interação significativa para o CDA da proteína bruta (PB) demonstra que na fase de terminação há melhora na digestibilidade dos ingredientes milho e farelo de arroz. Embora esses ingredientes sejam classificados como energéticos, estes resultados demonstram que, possivelmente, esta melhora esteja relacionada à necessidade em proteína, em função do crescimento do animal. Esses resultados diferem dos encontrados por Usmani & Jafri (2002), em estudo com bagre-Africano (*Clarias gariepinus*) na qual avaliaram a digestibilidade de ingredientes com três intervalos pesos (105 a 109, 780 a 830 e 1250 a 1300 g) os autores determinaram que conforme o aumento de peso dos peixes, menor o

CDA da proteína para o milho (88,0, 81,6 e 82,2%) e farelo de arroz (66,7, 60,1 e 59,6%). Neste mesmo estudo, os autores determinaram piora da digestibilidade da PB do farelo de trigo com peixes de maior tamanho, diferentemente deste estudo.

A interação significativa para o milho demonstra, maior aproveitamento da energia bruta (EB) na fase de terminação. Isso pode estar relacionado a energia de manutenção, uma vez que peixes maiores necessitam de maior aporte energético para as funções fisiológicas. Resultados semelhantes foram determinados por Watanabe et al. (1996) carpa capim (*Cyprinus carpio*) e truta arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*) com peso até 100 g. Contudo, apresentou elevações nestes coeficientes com o aumento subsequente do tamanho dos peixes.

A elevada capacidade de utilização dos carboidratos como fonte de energia, observada neste estudo, corroboram os resultados de Degani & Revach (1991) e, os apresentados no NRC (2011) de que as tilápias utilizam eficientemente dietas com níveis elevados de carboidratos. Kubarik (1997) atribuiu essa característica às adaptações morfológicas e fisiológicas da espécie.

Os resultados encontrados neste estudo para o CDA da MS, para o milho na fase de crescimento, peixes com 60 g, foi próximo ao encontrado por Pezzato et al. (2002) de 55,52%, porém menor que os encontrados por Gonçalves et al. (2005b e 2007) e Guimarães et al. (2008a) de 69,27 e 79,30% e 82,21%, para peixes de 100 g. O CDA obtido para os peixes na fase de terminação (500 g) foi próximo ao encontrado por Gonçalves et al. (2005b e 2007) 69,27 e 79,30% e Furuya et al. (2001a) de 78,09%, porém ambos utilizaram peixes entre 25-100 g. Os resultados de CDA da MS na fase de crescimento e terminação, para o farelo de arroz, estão próximos aos encontrados por Pezzato et al. (2002) e Guimaraes et al. (2008a) de 59,29 e 55,59%.

O farelo de trigo apresentou valores de CDA da MS, próximos aos encontrados por Guimarães et al. (2008a) de 45,88%, entretanto menores aos determinados por Gonçalves et al. (2005b e 2007) de 68,10 e 70,37%. Os alimentos de origem vegetal são eficientemente utilizados pela tilápia-do-Nilo; no entanto, o milho apresenta melhor coeficiente de digestibilidade aparente da

matéria seca do que ao farelo de trigo (Furuya *et al.* 2001), provavelmente em função da diferença na porcentagem de fibra bruta desses ingredientes, sendo maior para o farelo de trigo.

Para a variável CDA da PB, o milho apresentou valores próximos aos encontrados por Guimarães *et al.* (2008a) de 72,86%, Gonçalves *et al.* (2007) de 89,76% e Furuya *et al.* (2001b) de 87,12%. O CDA encontrado na fase de crescimento para o farelo de arroz foi superior ao encontrado por Guimarães *et al.* (2008a), que determinaram valores de 66,88% e inferior ao de Gonçalves *et al.* (2005b) 77,48% e Pezzato *et al.* (2002) de 94,96%.

Os resultados para o farelo de trigo estão próximos aos encontrados por Gonçalves *et al.* (2005b), porém são superiores aos encontrados por Guimarães *et al.* (2008a) de 66,04% e inferiores a Gonçalves *et al.* (2007) de 93,54%. O farelo de trigo apresentou melhores valores de CDA da PB, quando comparados com o milho e o farelo de arroz, isso pode estar relacionado com a maior porcentagem de PB neste ingrediente de 13,78% comparado à 7,4 e 9,9.

O milho foi o ingrediente que apresentou o melhor CDA para energia bruta (EB), nas fases de crescimento e terminação; esses valores estão próximos aos encontrados por Pezzato *et al.* (2002) de 83,94%, Furuya *et al.* (2001a) de 82,63% e Gonçalves *et al.* (2005b) de 86,15%. O CDA para o farelo de arroz foi superior ao encontrado por Guimarães *et al.* (2008a) de 57,58% e inferior ao descrito por Gonçalves *et al.* (2005b) de 78,95%. O mesmo ocorreu para o farelo de trigo, sendo superior ao de Guimarães *et al.* (2008a) de 48,94% e inferior a Boscolo *et al.* (2002), 68,81%; Pezzato *et al.* (2002) de 77,67% e Gonçalves (2005b e 2007) de 71,57 e 72,83%.

Quanto à fração extrato etéreo (EE), os CDA do milho estão superiores aos descritos por Pezzato *et al.* (2002) de (69,02%) e semelhante apresentado por Furuya *et al.* (2001b) de 91,16%. Comparando-se com outras espécies o coeficiente apresentado pelo milho foi inferior ao da carpa capim de 87,70% apresentado por Takeuchi *et al.* (1994) e superior ao encontrado com a carpa comum de 59,80% obtido por Hernández *et al.* (1997).

Os resultados para o farelo de arroz e farelo de trigo estão próximos aos descritos por Pezzato *et al.* (2002) de 57,47% para o farelo de arroz e 67,37%

para o farelo de trigo. O mesmo foi encontrado por Furuya *et al.* (2001b) de 67,33%, que descreveram que o baixo CDA do EE, do farelo de trigo, provavelmente está correlacionado com o efeito negativo dos fatores antinutricionais presentes neste ingrediente sobre a utilização dos lipídios. No caso do farelo de arroz integral o conteúdo de fibra e de polissacarídeos não amiláceos impedem que a energia contida na parede celular seja liberada para ser aproveitada, e as gorduras são menos aproveitadas devido à diminuição na emulsificação e desconjugação dos sais biliares (Campbell *et al.* 1983).

Quanto à disponibilidade P presente no milho foi semelhantes ao encontrado por Furuya *et al.* (2001a) de 45,08% e superiores ao encontrado por Guimarães *et al.* (2011) de 19,48%. Entretanto, o farelo de trigo apresentou valores superiores aos encontrados por esses mesmos autores de 29,51 e 1,18%. O farelo de arroz apresentou o menor valor de CDA do P, entretanto foi superior ao encontrado por Guimarães *et al.* (2011) de 3,25%. O pH estomacal de peixes como a tilápia-do-Nilo e a tilápia Mossambicus (*Oreochromis mossambicus*) é ao redor de 1,5 e 2,5, respectivamente (Hepher 1993) possibilitando o melhor aproveitamento das fontes de fósforo utilizadas, uma vez que o baixo pH favorece a solubilidade dos minerais tornando-os mais disponíveis (NRC 2011).

Apesar das dietas terem sido extrusadas, o processamento não influenciou na disponibilidade do fósforo no farelo de arroz, visto que esse ingrediente apresenta boa parte do seu conteúdo em P na forma de fitatos. Cheftel (1986) ressalta que, apesar de alguns estudos demonstrarem redução entre 15-35% no conteúdo de fitatos de alimentos extrusados, os estudos que consideram o efeito da extrusão sobre a disponibilidade de minerais ainda encontram-se escassos e contraditórios.

Para o Mg, os CDA do milho na fase de crescimento foram próximos aos encontrados por Gonçalves *et al.* (2005a) de 73,59%, que trabalharam com níveis de fitase na dietas de tilápias (100 g) entretanto, resultados superiores foram determinados na fase de terminação. Enquanto o farelo de trigo e farelo de arroz apresentaram menores valores aos descritos por esse mesmo autor de 82,14% e 62,90%.

Os resultados para o CDA de Mn encontrados nesse estudo, foram inferiores na fase de crescimento e próximos na fase de terminação para o milho aos descritos por Gonçalves *et al.* (2005a) de 95,27%. Resultados inferiores

foram encontrados por esse mesmo autor para o farelo de trigo de 39,32%, entretanto o farelo de arroz apresentou resultados próximos de 6,29%.

O manganês, assim como todo micronutriente, é exigido em baixas concentrações e possui essencialidade para diversas atividades metabólicas nos peixes (Lall 2002). Sua deficiência é capaz de promover em tilápia-do-Nilo crescimento reduzido e anormalidades esqueléticas (Yamamoto *et al.* 1983). Isso pode explicar a interação significativa desse mineral, com maiores valores de CDA na fase de terminação.

Quanto ao mineral Zn, o milho apresentou valores superiores ao de Gonçalves *et al.* (2005a) de 59,42%, porém o farelo de trigo apresentou valores próximos de 30,32%. Em relação ao farelo de arroz esse mesmo autor também encontrou valores negativos para CDA do Zn, que atribuiu à baixa disponibilidade de zinco nos alimentos de origem vegetal, em virtude do da presença do ácido fítico. Vale ressaltar que, em condições de não atendimento das exigências nutricionais, por meio da dieta, parte deste mineral pode ser mobilizado das reservas orgânicas e/ou da água (NRC, 2011).

Segundo Baker & Ammerman (1995), os dois fatores que mais afetam a disponibilidade do mineral zinco são os agentes quelantes e a interação entre minerais. O zinco é pouco disponível nos ingredientes vegetais para os peixes. Isso se deve à complexação do zinco com fatores antinutricionais presentes nesses alimentos, como anteriormente citado, principalmente com o ácido fítico (Liebert *et al.* 1993). Peixes e outros animais não ruminantes não possuem atividade suficiente de fitase, enzima responsável para a hidrólise do fitato.

O milho apresentou os melhores valores de CDA entre os ingredientes energéticos, seguido do farelo de arroz. O farelo de trigo apresentou os menores valores de CDA, isso pode estar relacionado à grande quantidade de polissacarídeos não amiláceos encontrados nesses ingredientes os quais proporcionam aumento da viscosidade do quimo no intestino, o que pode dificultar a ação de enzimas digestivas, aumentar da taxa de passagem, aumentar no número de microrganismos e, menor digestibilidade da gordura pela inativação dos sais biliares e aumento na secreção pancreática de enzimas (Campbell *et al.* 1983). O trigo contém grande quantidade de polissacarídeos não amiláceos, além de alguns cultivares conterem inibidores de tripsina e quimotripsina (Butolo 2002).

Ingredientes proteicos

Os resultados de CDA da MS determinados para a farinha de vísceras de aves na fase de crescimento estão próximos aos encontrados por Pezzato *et al.* (2002), de 73,87% peixes de 100 g, porém estão abaixo dos encontrados por Zhou & Yue (2012) com a tilápia híbrida *Oreochromis niloticus* X *Oreochromis aureus* de 91,2% para peixes de 8,7 g. Para fase de terminação o CDA da MS está abaixo do encontrado por Quinteiro Pinto (2008) de 84,27% peixes de 500g.

Furuya *et al.* (2001a), Pezzato *et al.* (2002) e Gonçalves *et al.* (2005b e 2007) determinaram valores superiores de 76,8%; 71,04% e 68,50 e 85,30% para o CDA da MS para o farelo de soja trabalhando com peixes entre 25 a 100g. Quinteiro Pinto (2008) também encontraram valores superiores com peixes de 500 g de 73,84%.

A farinha de carne e ossos apresentou valores semelhantes de CDA da MS aos encontrados por Pezzato *et al.* (2002) de 46,97%, porém foram inferiores aos descritos por Quinteiro Pinto (2008) de 66,73% peixes de 25g e 73,84% peixes de 500g e, Zhou & Yue (2012) de 71,9%.

O farelo de soja apresentou valores semelhantes aos determinados por Furuya *et al.* (2001b), Pezzato *et al.* (2002), Gonçalves *et al.* (2005b e 2007), Quinteiro Pinto *et al.* (2008), Guimarães *et al.* (2008a) e Zhou & Yue (2012), todos em média de 92,02%, para CDA da PB. Entretanto, Usmani & Jafri (2002) encontraram valores superiores (97,3; 99,1 e 99,4%) para bagre-Africano (*Clarias gariepinus*) em estudo que avaliaram a digestibilidade de ingredientes com peixes em três intervalos de pesos: 105 a 109, 780 a 830 e 1250 a 1300 g demonstrando maior capacidade de digestão da proteína para peixes maiores.

O CDA da PB da farinha de vísceras de aves foi similar aos os encontrado por Zhou & Yue (2012) de 80,6%, Pezzato *et al.* (2002) de 87,24% e Guimarães *et al.* (2008b) de 89,73%. A interação significativa demonstrou maior aproveitamento da PB da farinha de vísceras de aves nos peixes em fase de terminação. Esses resultados diferem dos encontrados por Quinteiro Pinto (2008), que não encontram diferenças entre o CDA conforme a fase dos peixes.

A farinha de carne e ossos apresentou os menores CDA da PB. Esses resultados estão semelhantes aos determinados por Pezzato *et al.* (2002) de

73,19%, Quintero Pinto (2008) de 87,14 e 88,60%, Guimarães *et al.* (2008b) de 78,44%, porém são superiores aos encontrados por Zhou & Yue (2012) de 63,9%.

O CDA da EB da farinha de vísceras de aves foi superior ao encontrado por Pezzato *et al.* (2002) de 69,60%, e próximo ao encontrado por Zhou & Yue (2012) de 90,2%. Quintero Pinto (2008) encontraram diferenças significativas para CDA da EB para esse mesmo ingredientes, conforme a fase dos peixes, demonstrando menores valores nos peixes maiores de 97,26 e 84,11%.

Para o farelo de soja os resultados foram próximos aos encontrados por Pezzato *et al.* (2002) de 73,17% e Gonçalves *et al.* (2005b) de 75,60%, entretanto são inferiores aos descritos por Gonçalves *et al.* (2007) de 84,12% e Zhou & Yue (2012) de 87,6%. A farinha de carne e ossos apresentou valores próximos aos encontrados por Pezzato *et al.* (2002) de 75,35%, superiores aos encontrados por Quintero Pinto (2008) de 52,42 e 60,80% e inferiores aos de Zhou & Yue (2012) de 83,9%.

Para a fração do EE, o CDA da farinha de vísceras de aves e do farelo de soja foram inferiores aos descritos por Pezzato *et al.* (2002) de 95,10 e 82,67% e por Zhou & Yue (2012) de 97,2 e 92,6%. Houve interação significativa para esses dois ingredientes demonstrando maior capacidade de digestão da fração lipídica na fase de terminação. Isso demonstra a eficiência da espécie em aproveitamento dos lipídios como fonte de energia e ácidos graxos (Sargent *et al.* 2002). A farinha de carne e ossos, apresentou resultado próximo ao descrito por Pezzato *et al.* (2002) de 77,46% e inferior ao encontrado por Zhou & Yue (2012) de 91,7%.

Quanto ao mineral P, o CDA da farinha de vísceras de aves foi próximo ao descrito Quintero Pinto (2008) de 45,94 e 46,60% e inferior ao descrito por Zhou & Yue (2012) de 62,8%. Foi observado interação significativa demonstrando maior CDA do P na fase de terminação. A farinha de carne e ossos apresentou valores próximos ao de Quintero Pinto (2008) de 43,11 e 43,77%, e inferiores aos de por Zhou & Yue (2012) de 58,0%.

O farelo de soja apresentou os menores valores de CDA do P, sendo semelhantes aos demonstrados por Gonçalves *et al.* (2005a) de 22,31%, porém abaixo dos encontrados por Furuya *et al.* (2001a) de 47,14%.

A farinha de vísceras de aves apresentou melhores valores de CDA para o mineral Mg. Os resultados estão semelhantes aos descritos por Quintero Pinto

(2008) de 76,52 e 74,25%. Entretanto, para a farinha de carne e ossos esses autores encontraram valores superiores de 79,89 e 75,62%.

O farelo de soja apresentou valores inferiores aos descritos por Gonçalves *et al.* (2005a) de 75,61% e Quintero Pinto (2008) de 66,52 e 69,72%. Quanto ao CDA do Mn o farelo de soja apresentou valores inferiores ao de Gonçalves *et al.* (2005a) de 21,55%, e valores negativos para o CDA do Zn diferindo desse mesmo autor de 48,00%.

Com base nos experimentos laboratoriais foi possível a adequação da técnica para a determinação de digestibilidade aparente de ingredientes em peixes criados em tanques-rede. Sendo que este fato pode ser considerado um avanço nas pesquisas sobre digestibilidade, tendo em vista a obtenção de dados que condizem com a realidade do sistema de produção intensivo. Desta forma será possível a formulação de dietas em diferentes fases de produção proporcionando melhorias na nutrição, custo e ambiente. Esta técnica possibilita, ainda, a utilização de peixes maiores, uma vez que nos laboratórios o espaço é reduzido, podendo ocasionar estresse por densidade nesses animais. O volume de fezes coletado é superior ao obtido em condições laboratoriais, para a realização das análises.

CONCLUSÃO

Dentre os ingredientes energéticos o milho apresentou melhor digestibilidade, seguido do farelo de arroz e farelo de trigo. Dentre os ingredientes proteicos, a farinha de vísceras apresentou melhor digestibilidade, seguida do farelo de soja, sendo que a farinha de carne e ossos apresentou menor digestibilidade.

O estudo confirmou que o coeficiente de digestibilidade aparente varia com o desenvolvimento do animal. A tilápia-do-Nilo na fase de terminação, peso médio de 500g, digeriu melhor o milho, farelo de arroz e farinha de vísceras de aves, enquanto o farelo de trigo demonstrou melhor digestibilidade na fase de crescimento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AOAC (2000) Official Methods of Analysis. Association of Official Agricultural Chemists, Washington
- Baker, D.H., Ammerman C.B. (1995) Zinc bioavailability. In: Ammerman, C.B.; Baker, D.H., Lewis, A.J. (Eds.) Bioavailability of nutrients for animals. London: Academic Press, 367-398.
- Bendiksen, E.A., Berg, O.K., Jobling, M., Arnesen, A.M., Masoval, K. (2003) Digestibility, growth and nutrient utilization of Atlantic salmon (*Salmo salar*) in relation to temperature, feed fat content and oil source. *Aquaculture*, 224, 283-299.
- Boscolo, W.R., Hayashi, C., Meurer, F. (2002) Digestibilidade aparente da energia e nutrientes de alimentos convencionais e alternativos para a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*, L.). *Revista Brasileira de Zootecnia*, 2, 539-545.
- Bremer-Neto, H., Graner, C.A.F., Pezzato, L.E. *et al.* (2005) The spectrophotometric method on the routine of 1,5- diphenylcarbazine was adjusted on chromium determination in feces, alter its utilization as a biological marker as chromium (III) oxide. *Ciência Rural*, 25, 691-697.
- Butolo, J. E. (2002) Qualidade de ingredientes na alimentação animal. CBNA, Campinas, 430.
- Campbell, G. L., Classen, H. L., Goldsmith, K. A. (1983) Effect of fat retention on the rachitogenic effect of rye fed to broiler chicks. *Poultry Science*, 62, 2218-2213.
- Castagnolli, N. (2010) Tabela Brasileira para a Nutrição de Tilápias. Toledo PR edição do autor, 100.
- Cheftel, J.C. (1986) Nutritional effects of extrusion-cooking. *Food Chemistry*, 20, 263-283.
- Cho, C.Y & Slinger, S. J. (1979) Apparent digestibility measurement in feedstuffs for rainbow trout. In: Halver, J., Tiews, K. (Eds.), *Proc. World Symp. on Finfish Nutrition and Fishfeed Technology*, vol. 2. Heenemann, Berlin, 239-247.

Degani, G. & Revach, A. (1991) Digestive capabilities of three commensal fish species: carp, *Cyprinus carpio* L., tilapia, *Oreochromis aureus* x *O. niloticus*, and African catfish, *Clarias gariepinus* (Burchell, 1882). *Aquac. Fish. Manag.*, Amsterdam, 22, 397-403.

Ferraris, R.P., Catacutan, M.R., Mabelin, R.L., Jazul, A.P. (1986) Digestibility in milk fish, *Chanos chanos* (Forsskal): effects of protein source, fish size and salinity. *Aquaculture* 59, 93-105.

Furuya, W. M., Pezzato, L. E., Miranda, E. C., Furuya, V. R. B., Barros, M. M. (2001a) Coeficientes de digestibilidade aparente da energia e nutrientes de alguns ingredientes pela tilápia-do-nilo, *Oreochromis niloticus* (L.) (linhagem tailandesa). *Acta Scientiarum*, 23, 465-469.

Furuya, W.M., Pezzato, L.E., Pezzato, A.C. *et al.* (2001b) Coeficiente de digestibilidade e valores de aminoácidos digestíveis de alguns ingredientes para a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). *Revista Brasileira de Zootecnia*, 30, 4, 1143-1149.

Gonçalves, G. S. *et al.* (2005a) Efeitos da suplementação de fitase sobre a disponibilidade aparente de Mg, Ca, Zn, Cu, Mn e Fe em alimentos vegetais para a tilápia-do-nilo. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 34, 6, 2155-2163.

Gonçalves, G.S., Pezzato, L.E., Barros, M.M. *et al.* (2005b) Efeito da suplementação de fitase sobre a disponibilidade aparente de nutrientes em alimentos vegetais pela tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*). *Revista Brasileira de Zootecnia*, 34, 6, 2155-2163.

Gonçalves, G.S., Pezzato, L.E., Padilha, P.M. *et al.* (2007) Digestibilidade aparente de fósforo em alimentos vegetais e suplementação da enzima fitase para tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). *Revista Brasileira de Zootecnia*, 36, 1473-1480.

Guimaraes, I. G. *et al.* (2011) Digestibilidade do amido e disponibilidade de Ca e P em alimentos energéticos extrusados para tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). *Ciência Animal Brasileira*. 12, 3, 415-419.

Guimarães, I.G., Pezzato, L.E., Barros, M.M. *et al.* (2008a) Amino acid availability and protein digestibility of several protein sources for Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Aquaculture Nutrition*, 14, 396-404.

Guimarães, I.G., Pezzato, L.E., Barros, M.M. *et al.* (2008b) Nutrient digestibility of several grain products and by-products in extruded diets for Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Journal of the Aquaculture Society*, 39, 781-789,

Hepher, B. (1993) *Nutrición de peces comerciales en estanques*. Balderas: Limusa, 406.

Hernández, M., Takeuchi, T.T., Watanabe, T. (1997) Effect of gelatinized corn meal as a carbohydrate source on growth performance, intestinal evacuation, and starch digestion in common carp. *Fisheries Science*, 60, 5, 579-582.

KUBARIK, J. (1997) Tilapia on highly flexible diets. *Feed International*, 6, 16-18.

Lanna, E. A.; Teixeira *et al.* (2004) Digestibilidade aparente e trânsito gastrointestinal em tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), em função da fibra bruta da dieta. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 33, 6, 2186-2192.

Liebert F., Wecke C., Schoner F.J. (1993) Phytase activities in different gut contents of chickens are dependent on level of phosphorus and phytase supplementations. In: Wenk C., Boessinger M., editor. *Proceedings of 1st European Symposium Enzymes in Animal Nutrition*; Karthause Ittingen, Switzerland, 202-205.

Lovell, T. (1998) *Nutrition and feeding of fish*. 2. ed. Boston: Springer Science & Business Media.

Madar, Z. & Thorne, R. 1987 Dietary fiber. *Progress in Food and Nutrition Science*, 11, 153-174.

Markzent, Z., (1976). *Spectrophotometric determination of elements*. Ellis Howood, Chichester, 211-215.

Neiji, H., Naimi, N., Lallier, R., De La Noue, J. (1993) Relationships between feeding, hypoxia, digestibility and experimental furunculosis in rainbow trout. Ed. INRA, Paris, (Les Colloques, nº61), 186-197.

Nose, T. (1966) Recent advances in the study of fish digestion in Japan. In: Symposium on feeding in trout and salmon culture belgrade. (pp.1-16).. Proceeding of ELFAC 66/SC. II-7.

NRC - National Research Council – (2011) Nutritional Requirements of Fishes. Washington: Academic Press. 114.

Pezzato, L.E., Barros, M.M., Fracalossi, D.M., Cyrino, J.E.P. (2004) nutrição de peixes. In: Cyrino, J.E.P.; Urbinati, E. C.; Fracalossi, D. M.; Castagnolli, N. Tópicos Especiais em Piscicultura de água Doce Tropical Intensiva. v.1. São Paulo: Aquabil, 75-170.

Pezzato, L.E., Miranda, E.C., Barros, M.M. *et al.* (2002) Digestibilidade aparente de ingredientes pela tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). Revista Brasileira de Zootecnia, 31, 1595-1604.

Quintero-Pinto, L.G. (2008) Exigência dietária e disponibilidade de fontes de fósforo para tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). Tese Doutorado em Zootecnia, Botucatu, SP. 2008, p. 85 .

Sargent, J.R., D. Tocher, & J.G. Bell. (2002) The lipids. In J.E. Halver, and R.W. Hardy, Fish nutrition. Academic Press, Amsterdam, AM, The Netherlands, 181-257.

Shcherybina, M.A. & Kazlauskienyte, O.P. (1971) Temperature regime of water and digestibility of nutrients by *Cyprinus carpio*. Hydrobiology, 7, 33-49.

Sorensen, M., Ljokjel, K., Storebakken, T., *et al.* (2002) Apparent digestibility of protein, amino acids and energy in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed a fish meal based diet extruded at different temperatures. Aquaculture, 211, 215-225.

Tacon, A.G.J. (1987) Nutrition and Feeding of Farmed Fish and Shrimp. A Training manual 1.The essential nutrients. FAO.

Takeuchi, T.T., Hernández, M., Watanabe, T. (1994) Nutritive value of gelatinized corn meal a carbohydrate source to glass carp and hibrid tilapia. Fisheries Science, 60, 5, 573-577.

Usmani, N. & Jafri, A.K. (2002) Effect of fish size and temperature on the utilization of different protein sources in two catfish species. *Aquaculture*. 33, 959–967.

Watanabe, T., Takeuchi, T., Satoh, S., Kiron, V. (1996) Digestible energy: methodological influences and a mode of calculation. *Fisheries Science* 62, 2, 288–292.

Wilson, R.P. & Poe, W.E. (1985) Apparent digestibility protein and energy coefficients of common feed ingredients for channel catfish. *Progressive Fish Culturist*, p. 154-158.

Zhou, Q. C. & Yue, Y.R. (2012) Apparent digestibility coefficients of selected feed ingredients for juvenile hybrid tilapia, *Oreochromis niloticus* x *Oreochromis aureus*. *Aquaculture Research*, 43, 806–814

Zhu, S., Chen, S., Hardy, R.W., Barrows, F.T. (2001) Digestibility, growth and excretion response of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) to feeds of different ingredient particle sizes. *Aquaculture Research*, 32, 885-893.

Tabela 1. Composição percentual da dieta referência

Ingredientes	g kg⁻¹
<i>Farinha de Carne e Ossos</i> ⁴	110,0
<i>Farinha de vísceras de aves</i> ⁴	40,0
<i>Farelo de soja</i>	330,9
<i>Milho</i>	370,0
<i>Farelo de Trigo</i>	100,0
<i>Óleo de soja</i>	20,4
<i>L. Triptofano</i> ⁵	0,2
<i>Metionina</i> ⁵	2,3
<i>L. Treonina</i> ⁵	3,0
<i>L. lisina</i> ⁵	0,5
<i>Suplemento. Vit. Min.</i> ¹	5,0
<i>Vit C</i> ²	0,5
<i>BHT</i> ³	0,2
<i>Sal</i>	3,0
<i>Oxido de Crômio (Cr₂O₃)</i> ⁶	1,0

¹Suplemento vitamínico e mineral (Kg-1 premix): vitA 1200000 UI; vitD₃ 200000 UI; vitE 12000 mg; vitK₃ 2400 mg; vitB₁ 4800 mg; vitB₂ 4800 mg; vitB₆ 48000 mg; B₁₂ 4800 mg; ác. fólico 1200 mg; ác. pantotênico 12000 mg; vitC 48 mg; biotina 48 mg; colina 65 mg; niacina 24000 mg; Fe 10000 mg; Cu 600 mg; Mn 4000 mg; Zn 6000 mg; I 20 mg; Co 2 mg e Se 20 mg, Nutrier, Ourinhos, SP, Brasil.

² Vitamin C Rovimix® Stay-35, Nutrier, Ourinhos, SP, Brasil.

³ Hidróxido de Tolueno Butilato Antioxidante.

⁴ Agromix Ind. Jaboticabal, SP, Brasil.

⁵ Ajinomoto Biolatina Inc. Valparaíso, SP, Brasil.

⁶ Vetec Química Fina Ltda, Duque de Caxias, RJ, Brasil.

Tabela 2. Composição química dos alimentos utilizados nas rações experimentais, com base na matéria seca

<i>Ingredientes</i>	Número internacional	MS (%)	PB (%)	EB (%)	EE(%)	FB(%)	P (%)	Mg (%)	Mn (mg)	Zn(mg)
Energéticos										
Milho	4-02-935	88,71	7,4	3928	5,34	2,91	0,11	0,08	25,4	30,43
Farelo de Arroz ¹	4-03-928	90,97	9,92	4645	15,83	9,21	1,45	0,43	64,31	89,03
Farelo de Trigo	4-05-205	89,66	13,78	3965	7,65	14,32	0,25	0,89	102,54	18,99
Proteicos										
Farinha de vísceras de aves	5-03-798	92,45	64,42	3971	21,25	--	1,55	0,26	25,92	79,33
Farelo de soja	5-04-612	89,28	40,86	4131	9,45	5,43	0,46	0,37	49,54	69,54
Farinha de carne e ossos	5-09-322	94,31	42,19	3983	18,24	--	2,24	0,5	23,32	83,02

Matéria seca (MS), proteína bruta (PB), energia bruta (EB), extrato etéreo (EE), fósforo (P) magnésio (Mg), manganês(Mn) e zinco (Zn).

¹ Agromix Ind. Jaboticabal, SP, Brasil.

Tabela 3. Valores médios dos coeficientes de digestibilidade aparente, da matéria seca (MS), proteína bruta (PB), energia bruta (EB), extrato etéreo (EE), fósforo (P) magnésio (Mg), manganês(Mn) e zinco (Zn) , pela tilápia-do-Nilo, alimentadas com ingredientes energéticos

<i>Coeficientes de digestibilidade aparente (%)</i>								
<i>Ingredientes</i>	<i>MS (%)</i>	<i>PB (%)</i>	<i>EB (%)</i>	<i>EE(%)</i>	<i>P (%)</i>	<i>Mg (%)</i>	<i>Mn (%)</i>	<i>Zn(%)</i>
Milho	64,23	78,97	69,9	84,47	48,58 A	81,65	85,01	75,39 A
Farelo de arroz	57,91	77,33	63,28	62,47	19,16 B	47,6	7,21	-
Farelo de Trigo	49,74	86,72	55,38	64,73	43,37 A	57,67	82,66	36,87 B
EPM Ingredientes	1,39	1,12	1,26	1,11	1,14	1,25	1,79	2,32
<i>Fases</i>								
Crescimento	53,86	77,69	61,26	69,16	36,04	61,88	55,51	35,57
Terminação	60,73	84,32	64,58	71,94	38,09	62,73	61,07	39,26
EPM Fases	1,14	0,91	1,03	0,91	0,93	1,02	1,46	1,9
<i>Valor de P</i>								
Ingrediente	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0001
Fase	0,0002	0,0001	0,0308	0,0391	0,1317	ns	0,0117	ns
Fase*Ingrediente	<0,0001	<0,0001	0,0003	<0,0001	ns	0,0007	0,0195	ns
EPM Fase*Ingrediente	1,97	1,58	1,79	1,57	1,62	1,77	2,53	3,29

EPM = erro padrão médio; ns = não significativo ($P>0,05$) pelo procedimento general linear model (proc glm) (SAS 9.4) e n= 6 repetições; Letras maiúsculas = diferença significativas pelo teste de Tukey ($P<0,05$) entre colunas para o fator ingrediente.

Tabela 4. Desdobramento da interação, fase e ingredientes, dos coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca (MS), proteína bruta (PB), energia bruta (EB) e extrato etéreo (EE), pela tilápia-do-Nilo, alimentadas com ingredientes energéticos

<i>Coeficientes de digestibilidade aparente</i>								
MS (%)			PB (%)		EB (%)		EE (%)	
Fase			Fase		Fase		Fase	
Ingredientes	Crescimento	Terminação	Crescimento	Terminação	Crescimento	Terminação	Crescimento	Terminação
Milho	54,52 b	73,95 Aa	72,72 Bb	85,23 a	63,5 Ab	76,23 Aa	78,14 Ab	90,41 Aa
Farelo de Arroz	54,30 b	61,51 Ba	72,44 Bb	82,22 a	63,24 AB	65,73 B	61,70 B	63,41 B
Farelo de Trigo	52,76 a	46,73 Cb	87,93 A	85,52	56,96 B	53,79 C	67,08 Ba	62,11 Bb

Letras maiúsculas = diferença significativas pelo teste de Tukey ($P < 0,05$) entre colunas para o fator ingrediente; letras minúsculas = diferença significativas pelo teste F ($P < 0,05$) entre as linhas para o fator fase.

Tabela 5. Desdobramento da interação, fase e ingredientes, dos coeficientes de digestibilidade aparente dos minerais magnésio (Mg) e manganês(Mn), pela tilápia-do-Nilo, alimentadas com ingredientes energéticos

<i>Coeficientes de digestibilidade aparente</i>				
Mg (%)			Mn (%)	
Fase			Fase	
Ingredientes	Crescimento	Terminação	Crescimento	Terminação
Milho	76,28 Ab	86,72 Aa	79,25 Ab	93,15 Aa
Farelo de Arroz	50,22 Ca	45,72 Cb	4,22 C	8,59 C
Farelo de Trigo	58,57 B	55,93 B	83,70 A	82,01 B

Letras maiúsculas = diferença significativas pelo teste de Tukey (P<0,05) entre colunas para o fator ingrediente; letras minúsculas = diferença significativas pelo teste F (P<0,05) entre as linhas para o fator fase.

Tabela 6. Valores médios dos coeficientes de digestibilidade aparente, da matéria seca (MS), proteína bruta (PB), energia bruta (EB), extrato etéreo (EE), fósforo (P) magnésio (Mg), manganês(Mn) e zinco (Zn), pela tilápia-do-Nilo, alimentadas com ingredientes proteicos

Coeficientes de digestibilidade aparente (%)								
<i>Ingredientes</i>	MS (%)	PB (%)	EB (%)	EE(%)	P (%)	Mg (%)	Mn (%)	Zn(%)
Farinha de carne e ossos	48,52 C	74,01	73,21 B	72,49	44,79	46,47 B	83,09 A	21,77 B
Farelo de soja	58,59 B	93,29	69,93 B	71,06	29,52	48,22 B	18,2 B	-
Farinha de vísceras de aves	69,44 A	84,23	87,23 A	75,90	49,94	74,8 A	80,71 A	63,26 A
EPM Ingrediente	1,27	1,02	0,97	0,99	1,06	1,38	1,75	2,4
<i>Fase</i>								
Crescimento	57,83	81,74	73,83	70,29	39,35	55,75	59,17	46,39
Terminação	59,84	85,95	64,58	76,02	43,48	57,2	62,16	38,64
EPM Fases	1,02	0,84	0,79	0,81	0,86	1,12	1,43	2,4
<i>Valor de P</i>								
Ingrediente	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0054	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0001
Fase	ns	0,0031	ns	0,0001	0,0022	ns	ns	ns
Fase*Ingrediente	ns	0,0512	ns	0,001	0,0104	ns	ns	ns
EPM Fase*Ingrediente	1,78	1,45	1,38	1,4	1,5	1,95	2,47	3,4

EPM = erro padrão médio; ns = não significativo ($P>0,05$) pelo procedimento general linear model (proc glm) (SAS 9.4) e n= 6 repetições; Letras maiúsculas = diferença significativas pelo teste de Tukey ($P<0,05$) entre colunas para o fator ingrediente.

Tabela 7. Desdobramento da interação, fase e ingredientes, dos coeficientes de digestibilidade aparente da proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE) e mineral fósforo (P) pela tilápia-do-Nilo, alimentadas com ingredientes proteicos

Coeficientes de digestibilidade aparente						
	PB (%)		EE (%)		P (%)	
	Fase		Fase		Fase	
Ingredientes	Crescimento	Crescimento	Crescimento	Terminação	Crescimento	Terminação
Farinha de vísceras de aves	73,24 Ab	45,24 Ab	45,24 Ab	89,37 A	73,24 Ab	79,01 a
Farelo de soja	68,96 Bb	28,72 B	28,72 B	72,95 B	68,96 Bb	74,30 a
Farinha de carne e ossos	70,74 AB	44,09 A	44,09 A	73,83 B	70,74 AB	75,49

Letras maiúsculas = diferença significativas pelo teste de Tukey ($P < 0,05$) entre colunas para o fator ingrediente; letras minúsculas = diferença significativas pelo teste F ($P < 0,05$) entre as linhas para o fator fase.