

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ - UNIOESTE

***Campus* DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON**

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

ANTONIO CESAR GODOY

Óleo de soja na nutrição da tilápia-no-Nilo (*Oreochromis niloticus*) na fase de terminação

MARECHAL CÂNDIDO RONDON

2015

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ - UNIOESTE

***Campus* DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON**

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

ANTONIO CESAR GODOY

Óleo de soja na nutrição da tilápia-no-Nilo (*Oreochromis niloticus*) na fase de terminação

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração em Produção Animal, como parte das exigências para a obtenção do título de “Mestre”.

Orientador: Prof. Dr. Wilson Rogério Boscolo

MARECHAL CÂNDIDO RONDON

2015

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
(Biblioteca da UNIOESTE – Campus de Marechal Cândido Rondon – PR., Brasil)

G589o	Godoy, Antonio Cesar Óleo de soja na nutrição da tilápia-no-Nilo (<i>Oreochromis niloticus</i>) na fase de terminação / Antonio Cesar Godoy. - Marechal Cândido Rondon, 2015. 53 p. Orientador: Prof. Ph.D. Wilson Rogério Boscolo Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Campus de Marechal Cândido Rondon, 2015. 1. Tilápia (Peixe). 2. Peixe - Alimentação e rações. 3. Ácidos graxos essenciais. 4. Hematologia veterinária. 5. Nutrição animal. I. Boscolo, Wilson Rogério. II. Feiden, Aldi. III. Título. CDD 22.ed. 639.31 CIP-NBR 12899
-------	---

Ficha catalográfica elaborado por Marcia Elisa Sbaraini Leitzke CRB-9/539

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ
CAMPUS DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

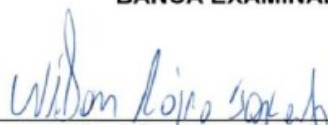
ANTONIO CESAR GODOY

**ÓLEO DE SOJA NA NUTRIÇÃO DA TILÁPIA-DO-NILO (*Oreochromis niloticus*)
NA FASE DE TERMINAÇÃO**

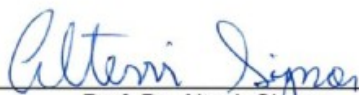
Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Oeste do Paraná como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação *stricto sensu* em Zootecnia, Área de Concentração "Produção e Nutrição Animal", para a obtenção do título de "Mestre em Zootecnia".

Marechal Cândido Rondon, 27 de fevereiro de 2015.

BANCA EXAMINADORA:



Prof. Dr. Wilson Rogério Boscolo
Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Presidente / Orientador



Prof. Dr. Altevir Signor
Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Membro



Prof. Dr. Dacley Hertes Neu
Universidade Federal da Grande Dourados
Membro

Dedico.

Às minhas queridas esposa e filha, Edinéia e Livia, pelos dias difíceis e trabalhosos que não faltaram os vossos valorosos apoio e isso fez o diferencial nesta empreitada. Mesmo que o ouro perca seu valor, mesmo que o sol pare de brilhar. Por toda minha vida eu vou vos amar... (sem autor)

À minha mama Zilza e também a minha irmã Jô que incentivaram-me nos estudos e me ajudaram muito nesta batalha , mesmo estando longe.

Ofereço.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Wilson Rogério Boscolo que me recebeu como orientado, apoiou-me nesta luta como amigo, me direcionou, influenciou, ensinou com projetos e ideias como professor. Obrigado.

Ao Programa de Pós-graduação *Stricto Sensu* em Zootecnia – Nível de Mestrado da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, *Campus* Marechal Cândido Rondon.

Ao Laboratório de Química da Universidade Estadual de Maringá-UEM

À banca professores Prof. Dr. Altevir Signor e Prof. Dr. Dacley Neu.

Aos professores Aldi Feiden, Altevir Signor, Niton Marengoni, Nilton Scocardi, Ricardo Nunes pelos ensinamentos e conselhos nesta etapa da minha vida.

Aos colegas César Sary, Dacley Neu, Danielle Zanerato, Deividy Miranda, Edionei Fries, Joana D'arc, Jackeline Dalagnol, José Roberto, Juliano, Marcia Maluf, Nilton, Rômulo, Sidney Klein, Tatiane Lui, Tsiane, Vanessinha. Obrigado pela amizade e contribuições.

Um obrigado especial à Micheli Zaminhan e ao Edionei Maico Fries pelas inúmeras correções e direcionamento ao trabalho.

Agradeço também ao Arlindo Fabrício pela ajuda em compreender o software de estatística.

À COPACOL pela doação dos peixes e ingredientes para confecção das rações experimentais, principalmente os caros colegas Wilson Mahl e Wagner;

Ao pessoal do laboratório de hematologia e controle de qualidade por todo empenho nas análises;

Ao Grupo de Estudos de Manejo na Aquicultura – GEMAQ, Universidade Estadual do Oeste do Paraná – Unioeste;

Agradeço a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, pelo

auxílio financeiro durante esse período em que passei dentro do Mestrado.

E agradeço principalmente, a Deus, que é a razão de tudo, base de nossas vidas e a luz do caminho. Não o vemos fisicamente, mas podemos sentir e ver o que Ele já fez por nós. Obrigado Senhor Deus.

ÓLEO DE SOJA NA NUTRIÇÃO DA TILÁPIA-NO-NILO (*Oreochromis niloticus*) NA FASE DE TERMINAÇÃO

RESUMO: O objetivo desse estudo foi avaliar os diferentes níveis de inclusão de óleo de soja no desempenho zootécnico, condição hematológica e a avaliação da composição centesimal de filés de tilápia-do-Nilo alimentadas com as dietas contendo níveis crescentes de óleo de soja. Foram utilizadas 270 tilápias com peso inicial médio de $425,33 \pm 32,37$ g e comprimento inicial médio de $25,53 \pm 2,00$ cm, distribuídos inteiramente ao acaso em 15 tanques. As dietas foram formuladas de forma a apresentarem-se isoprotéicas (30%) utilizando diferentes níveis de inclusão de óleo de soja, totalizando cinco tratamentos (0,00; 1,50; 3,00; 4,50 e 6,00%) e três repetições. Os parâmetros de desempenho zootécnicos avaliados foram: sobrevivência (SO), ganho em peso diário (GPD), conversão alimentar aparente (CAA). Os parâmetros corporais avaliados foram: rendimento de carcaça (RC), rendimento de filé (RF), rendimento de tronco limpo (RTL), índice de gordura visceral (IGV) e índice hepatossomático (IHS). Para os parâmetros hematológicos e bioquímicos avaliou-se as concentrações de proteínas totais mg/dL (PT), colesterol total mg/dL (CT); glicose (GL), triglicerídeos (TG), hemoglobina, eritrócitos e hematócrito. Para as análises centesimais foram utilizados nove filés de cada unidade experimental, onde foram determinados a umidade (UM), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE) e matéria mineral (MM). Nos parâmetros zootécnicos, houve diferença estatística ($p < 0,05$) para ganho em peso diário (GPD), com maior valor de $4,13 \text{ g} \cdot \text{dia}^{-1}$ e a conversão alimentar aparente (CAA) com o menor valor (1,87) observado quando incluído 4,50% de óleo de soja na dieta. Foi observado efeito polinomial para o rendimento de carcaça e o maior valor (90,07%) ocorreu com 3,95% de óleo de soja. O menor valor do índice de gordura visceral (IGV) obtido foi de 3,85% e estimado efeito polinomial LRP com 4,86% de inclusão de óleo de soja. Para a variável índice hepatossomático foi observado efeito polinomial com menor valor (2,14%) para 3,22% de inclusão de óleo de soja. A variável colesterol plasmático total apresentou efeito quadrático, com o menor valor ($117 \text{ mg} \cdot \text{dL}^{-1}$) em 0,80% de inclusão de óleo de soja. A variável triglicerídeos, apresentou efeito LRP com o maior valor ($269,35 \text{ mg} \cdot \text{dL}^{-1}$) observado em 5,04% de inclusão de óleo de soja. Pode-se observar distinções ($p < 0,05$) nos teores de proteína bruta e extrato etéreo, com diminuição para proteína bruta e aumento para extrato etéreo com efeito LRP para estas variáveis na concentração próxima de 4,50% de inclusão. Conclui-se que dietas com teores entre 2,00 e 4,50% de inclusão óleo de soja, possibilitam melhores rendimento de carcaça (RC), ganho em peso diário (GPD), menor nível de Índice de Gordura visceral (IGV) e índice hepatossomático (IHS), também uma

deposição de gordura intramuscular com consequente diminuição do teor de proteína.

Palavras chave: Hematologia, nutrição, desempenho zootécnico, ácidos graxos essenciais, saúde

SOYBEAN OIL IN NUTRITION OF NILE TILAPIA (*Oreochromis niloticus*) IN THE FINISHING PHASE

ABSTRACT: The aim of this study was to evaluate the inclusion of different levels of soybean oil on the animal performance, hematological condition and evaluation of chemical composition of Nile tilapia fillets fed with increasing levels of soybean oil diets. 270 tilapia with average initial weight of 425.33 ± 32.37 g and initial length of 25.53 ± 2.00 cm were used, at completely randomized design in 15 tanks. Diets were formulated to present isonitrogenous (30%) using different addition levels of soybean oil, a total of five treatments (0.00; 1.50; 3.00; 4.50 and 6.00%) and three replications. The parameters of zootechnical performance evaluated were: survival (S), daily weight gain (DWG) and feed conversion rate (FCR). The body parameters evaluated were: carcass yield (CY), fillet yield (FY), dressed out yield (DOY), visceral fat index (VFI) and hepatosomatic index (HSI). For hematological and biochemical parameters the concentrations of total protein mg/dL (TP), total cholesterol mg/dL (TC); glucose (GL), triglycerides (TG), hemoglobin, erythrocytes and hematocrit were analyzed. For the proximate studies nine fillets from each of the experimental units were used, in which it was determined the moisture (M), crude protein (CP), ether extract (EE) and ash (A). In animal performance, there were no statistical difference ($p < 0.05$) for the daily weight gain (DWG), with higher value 4,13g.dia-1 and feed conversion (FC) with the lowest value (1.87) observed when included 4.50% soybean oil in the diet. Polynomial effect for carcass yield was observed and the highest value (90.07%) occurred in 3.95% soybean oil. The lowest value of the visceral fat index (VFI) obtained was 3.85% and the estimated polynomial effect LRP with 4.86% soybean oil addition. For the hepatosomatic index variable polynomial effect was observed with lower value (2.14%) to 3.22% soybean oil addition. The variable total cholesterol showed quadratic effect with the lowest value (117 mg.dL-1) at 0.80% soybean oil inclusion. The variable triglycerides showed LRP effect with the highest value (269.35 mg.dL-1) observed at 5.04% inclusion. Distinctions ($p < 0.05$) were observed in crude protein and ether extract values with reduction to crude protein and increase of the ether extract with LRP effect for these variables in the near concentration of 4.50% soybean inclusion. In conclusion, data showed that diets with levels between 2.00 and 4.50% soybean oil inclusion allows better carcass yield (CY), daily weight gain (DWG), lower levels of visceral fat Index (VFI) and hepatossomatic index (HSI), also a deposition of intramuscular fat with consequent reduction in protein content.

Key words: hematology, nutrition, growth performance, essential fatty acids, health

Sumário

1. INTRODUÇÃO.....	15
2. OBJETIVO.....	17
2.1 Objetivo geral.....	17
2.2 Objetivos específicos.....	17
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	18
3.1 AQUICULTURA.....	18
3.2 ESPÉCIE ESTUDADA – TILÁPIA (<i>Oreochromis niloticus</i>).....	19
3.3 ÓLEO DE SOJA.....	22
3.4 ÁCIDOS GRAXOS ÔMEGA-3 E ÔMEGA-6.....	23
3.5 ÓLEOS NA NUTRIÇÃO DE PEIXES.....	25
3.6 ESTUDO HEMATOLÓGICO DE PEIXES.....	26
3.7 COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO PESCADO.....	27
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	29
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	34
6. CONCLUSÃO.....	45
7. REFERÊNCIAS.....	46

Índice de tabelas

Tabela 1: Principais exigências nutricionais da espécie <i>Oreochromis niloticus</i>	21
Tabela 2: Exigência de ácidos graxos essenciais em peixes.....	26
Tabela 3: Perfil básico dos lipídeos de peixes tropicais de água doce em % de ácidos graxos.	28
Tabela 4: Composição percentual e nutricionais das dietas com diferentes inclusões de óleo de soja para <i>O. niloticus</i>	31
Tabela 5: Parâmetros zootécnicos e corporais dos peixes submetidos às dietas com níveis crescente de inclusão de óleo de soja.....	34
Tabela 6: Valores médios, das análises hematológicas e bioquímicas em <i>O. Niloticus</i> , alimentados com rações contendo crescente níveis inclusão de óleo de soja.....	40
Tabela 7: Composição centesimal dos filés dos peixes submetidos às dietas com níveis crescente de inclusão de óleo de soja.....	44

Índice de figuras

Figura 1: Foto exemplar tilápia-do-Nilo.....	20
Figura 2: Representação do metabolismo dos ácidos graxos essenciais das séries n-6 e n-3 (SALEM, 1999).....	24
Figura 3: Efeito polinomial ganho em peso diário em função dos tratamentos.....	35
Figura 4: Efeito polinomial rendimento de caraca em função dos tratamentos.....	36
Figura 5: Efeito polinomial índice gordura visceral em função dos tratamentos.....	38
Figura 6: Efeito polinomial índice hepatossomático em função dos tratamentos.....	39
Figura 7: Efeito polinomial colesterol total em função dos tratamentos.....	42
Figura 8: Efeito polinomial triacilglicerídeos em função dos tratamentos.....	43
Figura 9: Efeito polinomial proteína bruta e extrato etéreo em função dos tratamentos.....	45

1. INTRODUÇÃO

A demanda por alimentos proteicos aumenta conforme a população mundial cresce, gerando aumento na procura por alimentos de melhor qualidade nutricional, dentre estes, o pescado (ZANARDI, 2011). Os nutrientes contidos nos peixes possuem alta disponibilidade de seus nutrientes para humanos, tais como aminoácidos, ácidos graxos essenciais e minerais. Assim, para atender esta demanda, o aprimoramento das técnicas de produção, tal como manejo e nutrição torna-se necessário para atender a demanda apresentada (DIANA et al., 2009).

Aquicultura é um dos setores de produção de proteína animal que mais cresce em relação à outros setores do mesmo segmento. Acredita-se que a produção pesqueira e aquícola mundial, em um cenário otimista, será de aproximadamente 195 milhões de toneladas em 2022. Desse montante, 99 milhões de toneladas será proveniente da aquicultura, podendo, nos próximos anos ultrapassar a bovinocultura, suinocultura e avicultura (FAO, 2014).

O balanceamento das dietas dos peixes é essencial, para evitar subaproveitamento de nutrientes e o aumento no custo de produção. Em rações para peixes a proteína é o nutriente mais caro. Porém, os lipídeos em geral possuem a característica de poupador de custo numa dieta, como fonte de energia. Ademais, a adição dos lipídios na dieta melhora o aproveitamento das proteínas reduzindo custos de produção (SHIAU, 2002).

Embora, a tilápia seja cultivada em praticamente todo o mundo e, vários estudos foram realizados com esta espécie, as exigências nutricionais da mesma, ainda não estão totalmente elucidadas. Há controvérsias acerca das suas exigências para alguns nutrientes. Além disto, são utilizados valores determinados há décadas que necessitam ser reavaliados, pois com o passar dos anos os sistemas de cultivo se aprimoraram e a seleção genética a qual os animais foram submetidos podem alterar suas exigências em relação à nutrição (DIANA et al., 2009).

A utilização de lipídeos e seus constituintes, os ácidos graxos, na nutrição animal pode influenciar positivamente na higidez do organismo e no desempenho zootécnico, como conversão alimentar e ganho em peso (STEFFENS, 1987, STICKNEY; MC GEACHIN, 1983). Segundo Lehninger (2004), o acúmulo de gordura corporal é a principal forma de armazenamento de energia e participa diretamente em outras funções no organismo, como exemplo, constituição da parede celular, formação de hormônios esteroides e mensageiros intra e extra celulares.

Segundo Simopoulos (2006), em humanos os ácidos graxos da família ω -3 e ω -6 são considerados essenciais e, necessariamente, devem ser adquiridos através da alimentação. Também, é necessário que haja um equilíbrio na relação entre eles na dieta para se ter uma boa saúde, com desenvolvimento e manutenção normal do organismo. Este conceito possivelmente pode ser extrapolado para outras espécies, como os peixes. Assim, estudos que possam inferir em tal hipótese tornam-se pertinentes.

A constante busca pelos nutricionistas em formular rações mais eficientes e economicamente viáveis, aumenta a necessidade de pesquisas concernentes à composição química e valores energéticos dos alimentos, o que permite alcançar os objetivos almejados na formulação de rações (EL-SAYED, 1999; BOSCOLO; HAYASHI; MEURER, 2002a; MEURER; HAYASHI; BOSCOLO, 2003).

Neste sentido, o óleo de soja, tem grande potencial para a inserção na cadeia produtiva da nutrição animal. Portanto, cabem neste contexto estudos sobre a inclusão do óleo de soja como fonte de energia e que forneça ácidos graxos essenciais para a manutenção e deposição na carcaça dos peixes. Para a tilápia do Nilo, o óleo de soja oferece $8485 \text{ kcal.kg}^{-1}$ de energia digestível (BOSCOLO; HAYASHI; MEURER, 2002a). O óleo de soja contém 38,38% de ácido graxo linoleico (RIBEIRO et al., 2008) e a tilápia do Nilo tem exigência de 0,5% deste ácido graxo (NRC, 2011), assim, com a inclusão de 1,27% do óleo de soja é atingido a exigência de ácido linoleico desta espécie.

2. OBJETIVO

2.1 Objetivo geral

Avaliar a inclusão de níveis crescentes de óleo de soja em rações para tilápia-do-Nilo na fase de terminação

2.2 Objetivos específicos

- Determinar a exigência de óleo de soja para tilápia-do-Nilo na fase de terminação;
- Determinar o desempenho zootécnico dos peixes;
- Determinar as respostas hematológicas e bioquímicas da tilápia-do-Nilo alimentadas com dietas contendo crescentes níveis de óleo de soja;
- Determinar rendimento corporal e a composição centesimal dos filés;

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 AQUICULTURA

O cultivo de organismos que têm seu meio de vida, ou parte dele, na água é definida como aquicultura. Assim, a aquicultura abrange não apenas organismos estritamente aquáticos mas também aqueles que passam algum período de tempo em terra e que podem ser utilizados na alimentação humana (CAMARGO; POUEY, 2005).

Neste contexto, a aquicultura pode trazer uma significativa contribuição no fornecimento de pescado, pois Silva (2008) afirma que a captura de peixes parece chegar aos seus níveis máximos de produção e segundo dados da FAO (2014), a pesca extrativa mundial em 2012 foi de 91 milhões de toneladas, uma redução de 2,4 milhões em relação ao ano anterior, enquanto a aquicultura aumentou em 7,6 milhões de toneladas, ou seja, um incremento de 12,8% em relação à 2012.

A necessidade de alimentos proteicos e de qualidade é relativamente proporcional ao crescimento da população. Dentre os alimentos de melhor qualidade nutricional, o peixe é considerado um alimento composto de nutrientes de alto valor biológico. Para suprir a demanda deste produto sem por em risco os recursos naturais, a aquicultura assume papel primordial na produção de peixes (DIANA et al., 2009).

O setor aquícola, no âmbito mundial, vem obtendo elevadas taxas de crescimento sendo, portanto, uma importante fonte de nutrientes para a população mundial (STREIT et al., 2002). Destacam-se na produção desse seguimento agropecuário: peixes, camarões, moluscos, rãs, jacarés, tartarugas e algas (ANACLETO et al., 2007). Comparando a outros países do mundo, atualmente o Brasil é o 17º em produção aquícola, com uma produção de 479 mil toneladas geradas no ano de 2011 (MPA, 2013).

Devido a extensa área continental e a matriz energética ser composta basicamente por energia de potencial hidráulica, proporcionando uma extensa lâmina d'água, cerca de aproximadamente 5,3 milhões de hectares em reservatórios, além de ser favorecido com clima bem definido e ser produtor de insumos utilizados na produção de alimentos para peixes. O Brasil possui grande potencial para o cultivo de organismos aquáticos (CAMARGO; POUEY, 2005). Desta forma com a utilização de apenas 1% da área hidráulica do país, tornaria o Brasil

o maior produtor de pescado do mundo.

A atividade aquícola ainda requer uma série de melhorias tal como capacidade de suporte, formulações adequadas das rações, assim, evitando o lançamento em excesso de efluentes através da excreção dos peixes (CYRINO et al., 2004). Ainda vale ressaltar, o consumo brasileiro de pescado está em 9 kg per capita e nutricionistas preconizam que o consumo seja de 12 kg per capita, assim, evidenciado grande mercado consumidor (CAMARGO; POUEY, 2005).

3.2 ESPÉCIE ESTUDADA – TILÁPIA (*Oreochromis niloticus*)

A tilápia é uma espécie endêmica da África. Porém, nas décadas de 60 e 80 houve uma expansão de seu cultivo, quando a espécie foi levada para a Ásia, mais precisamente Japão e posteriormente inserido na Tailândia e nas Filipinas. Amplamente conhecida como tilápia, tilápia do Nilo ou tilápia nilótica, a espécie *Oreochromis Niloticus* apresenta a seguinte classificação sistemática (NAKATANI et al., 2001):

Superclasse Pisces

Classe *Actinopterygii*

Ordem *Perciformes*

Subordem *Percoidei*

Família *Cichlidae*

Gênero *Oreochromis*

Espécie *Niloticus* (Linnaeus, 1758)

É um peixe reconhecido facilmente por possuir listras verticais na nadadeira caudal, suas escamas tem coloração metálica, com um corpo curto e alto (Figura 1) (LEONHARDT, 1997).



Figura 1: Foto exemplar tilápia-do-Nilo

Fonte: (EL-SAYED, 2006)

Entre as espécies de água doce cultivadas no mundo, a tilápia se destaca sendo a segunda espécie de peixe mais cultivada, ficando atrás somente das carpas, com uma produção estimada em 254 mil toneladas em 2011, somente no Brasil (MPA, 2011).

A introdução desta espécie no Brasil ocorreu em 1952, através da Secretaria de Agricultura do Estado de São Paulo, como o intuito de conter a proliferação de algas e macrófitas aquáticas em represas (OSTRENSKY; BORGHETTI; SOTO, 2008). Em 1971 através do D.N.O.C.S. (Departamento Nacional de Obras Contra a Seca) a tilápia-do-Nilo foi introduzida no estado do Ceará, em Pentecostes como forma de fornecer outra forma de alimentação as comunidades próximas às barragens construídas para o combate a seca (GALLI; TORLONI, 1986).

Devido as suas características e qualidades teve sua introdução expandida em vários países tropicais e subtropicais, nos últimos cinquenta anos e devido a sua importância, teve a necessidade de mais estudos para o seu cultivo (EL-SAYED, 2006). Com o objetivo de melhorar geneticamente o plantel foram importadas matrizes provenientes da Tailândia (LEONHARDT, 1997) e, assim, a qualidade genética dos animais está cada vez melhor, aumentando o aproveitamento das rações (BAROILLER et al., 2009).

Atualmente, os alevinos de tilápia utilizados sofrem um processo de inversão sexual, que consiste basicamente em mudar as características sexuais das fêmeas tornando-as machos. Com esta técnica melhora a conversão alimentar, já que as fêmeas são menores e reservam uma parte de energia para produção de óvulos.

As tilápias aceitam rações com grande facilidade desde o período larval e utilizam eficientemente os carboidratos presentes nas dietas, os quais apresentam menor custo na formulação das rações (BOSCOLO; HAYASHI; MEURER, 2002b). As exigências nutricionais, em condição de cultivo, destes peixes estão dispostos na tabela 1.

Tabela 1: *Principais exigências nutricionais da espécie Oreochromis niloticus*

Nutriente	Exigência (% na dieta)*
Proteína Bruta	28 – 32
Lipídeos	< 10
	Macro minerais
Cálcio	Até 1,5
Fósforo total	0,80 – 1,00
	Aminoácidos
Arginina	1,34
Fenilalanina	1,55
Histidina	0,55
Isoleucina	1,00
Leucina	1,08
Lisina	1,64
Met+Cistina	1,03
Metionina	0,77
Treonina	1,20
Triptofano	0,32
Valina	0,90
	Ácidos graxos
Linoleico	0,50

*NRC (2011).

Esta espécie destaca-se em cultivo por apresentar crescimento rápido e alta rusticidade comparada a outras espécies. Destaca-se ainda, que estes animais suportam condições ambientais adversas, tais como variadas faixas de temperatura, pH e oxigenação da água (EL-SAYED, 2006).

A combinação dos diversos aspectos e propriedades desta espécie, quanto a fisiologia, biologia, reprodução, rusticidade, desenvolvimento de linhagens e comercialização fez com que se destaque na aquicultura (FITZSIMMONS, 2000). Ressalta-se as características da tilápia-do-nilo de não conter espinhas intramusculares em forma de “Y”, sabor suave e

rendimento de filé em torno de 35 a 40% em espécimes com peso comercial de 450 g dependendo da destreza do filetador (MEURER; HAYASHI; BOSCOLO, 2003).

3.3 ÓLEO DE SOJA

Os óleos de origem vegetal, são produzidos, primordialmente através de prensagem mecânica com ou sem extração por solvente. Estes óleos são grande fonte de lipídeos poli-insaturados, considerados essenciais na formulação de rações destinadas a alimentação animal (VISENTAINER & SALDANHA, 2005; MANDARINO & ROESSING, 2001). Segundo Zanardi (2011), o óleo de soja tem a composição química de aproximadamente 39,50% de ácido linoléico (18:2 n-6), 24,21% de ácido oléico (C18:1 n-9), 19,64% de ácido palmítico (C16:0), 5,23% de ácido docosaheptaenóico (C22:6 n-3), 4,29% de ácido eicosapentaenóico (C20:5 n-3) e 4,20% de α -linolênico (C18:3 n-3) e uma relação n-6/n-3 de 2,80.

Os ácidos graxos poli-insaturados, também podem ser utilizados pelo sistema nervoso central como fonte de energia e matéria-prima. O óleo de soja possui moléculas com propriedades de regular a pressão arterial, coagulação, frequência cardíaca, resposta imune e ainda o metabolismo de gorduras que por dessaturação e alongamento podem originar os ácidos eicosapentaenoico (EPA – C20:5) à partir do ácido araquidônico (C20:4) e ácido docosaenoico (DHA – C22:6) tendo como início o ácido linolênico (C18:3) (MANDARINO & ROESSING, 2001; VISENTAINER & SALDANHA, 2005). Segundo Rostagno; Albino; Donzele (2000) a composição química do óleo de soja tem 54% de ácidos graxos essenciais.

Na busca incessante em conseguir uma nutrição animal que garanta desempenho zootécnico e sanitário máximo, o óleo de soja é utilizado na formulação de ração para peixes como fonte energética para o crescimento e desempenho (SANTOS et al., 2007). Estes mesmos autores afirmam que o teor energético deste óleo é de 9870 kcal.kg⁻¹. Em estudo de digestibilidade realizado por Boscolo; Hayashi; Meurer, (2002b) salientaram que o óleo de soja apresenta 8454 kcal.kg⁻¹ para a tilápia-do-Nilo de energia digestível e a inclusão de 5,9% de óleo de soja na ração para tilápia em fase de crescimento melhora o rendimento de filé sem aumentar o teor de gordura visceral (BOSCOLO et al., 2004).

3.4 ÁCIDOS GRAXOS ÔMEGA-3 E ÔMEGA-6

Estas moléculas atuam como sinalizadores entre as células e podem suprimir a expressão de genes envolvidos na lipogênese, além de induzirem a transcrição de genes envolvidos na oxidação lipídica (RIBEIRO et al., 2008). Nos organismos complexos, tal como os peixes, os ácidos graxos são a principal forma de armazenamento de energia por sua configuração molecular reduzida. Além, de constituírem membranas celulares e ter condição de isolantes térmicos, mecânicos e elétricos, que protegem órgãos e células (ARAUJO et al., 2011).

Os ácidos graxos essenciais, por não serem sintetizados pelo organismo humano, são imprescindíveis nas dietas, pois estão relacionados à saúde da pele, do sistema visual e nervoso e ao bom funcionamento de diversos órgãos. Esses ácidos são convertidos em eicosanoides e mediadores lipídicos, que incluem prostaglandinas, leucotrienos, tromboxanas e lipoxinas, cuja ausência nas dietas está associada a síndromes que podem causar má formação ou ainda a morte (CURI et al., 2001).

Segundo Nielsen et al. (2005), os lipídeos influenciam a ressíntese lipídica no organismo e o perfil de ácidos graxos depositados nos tecidos, podendo diminuir a lipogênese dos tecidos hepáticos e adiposo, levando a uma melhora na composição lipídica na carcaça dos animais. A alteração da composição das dietas, possivelmente afeta a expressão gênica dos tecidos e essas alterações pode levar a mudança na biossíntese de ácidos graxos e consequente alterações na composição dos ácidos graxos nos tecidos (ARAÚJO et al., 2013).

O processo bioquímico de alongamento de ácidos graxos é um processo microsomal realizado por enzimas específicas, sendo uma reação de condensação do ácido graxo precursor com a malonil-CoA gerando uma cadeia h-cetoacil e posteriormente ocorrendo a hidrogenação. O alongamento e dessaturação são processos importantes, principalmente na regulação da fluidez das membranas e para a síntese de vários precursores derivados dos ácidos graxos, como os eicosanóides (CINTI et al., 1992).

Alguns animais, tal como peixes de água doce, possuem enzimas com a capacidade de promover o alongamento e seguindo uma dessaturação dos ácidos graxos das séries n-3 e n-6 consumidos (figura 2) levam a produção de ácidos graxos poli-insaturados de cadeia longa (ZHENG et al., 2004).

Os lipídeos das séries ômega-3 (n-3) e ômega-6 (n-6) são ácidos graxos que apresentam insaturações separadas por um carbono metilênico, enumerado a partir do grupo metil terminal e com a primeira insaturação no terceiro e sexto carbono, respectivamente. Devido às diferenças fisiológicas entre as famílias n-3 e n-6 e à simplicidade da designação n, passou a ser mais apropriado empregar esta designação (MARTIN et al., 2006).

Estas séries são compostas pelos ácidos graxos poli insaturados (AGPI), que são moléculas com duas ou mais duplas ligações em suas cadeias carbônicas, contendo 18 ou mais átomos de carbono. Os AGPI da série n-3, que têm como precursor o ácido α -linolênico (LNA, 18:3n-3), ácidos eicosapentaenóico (EPA, 20:5n-3), docosapentaenóico (DPA, 22:5n-3) e ainda o ácido docosahexaenóico (DHA, 22:6n-3). Já série n-6, é composta principalmente pelo seu precursor, o ácido linoléico (LA, 18:2n-6) e pelo ácido araquidônico (AA, 20:4n-6) (MARTIN et al., 2006).

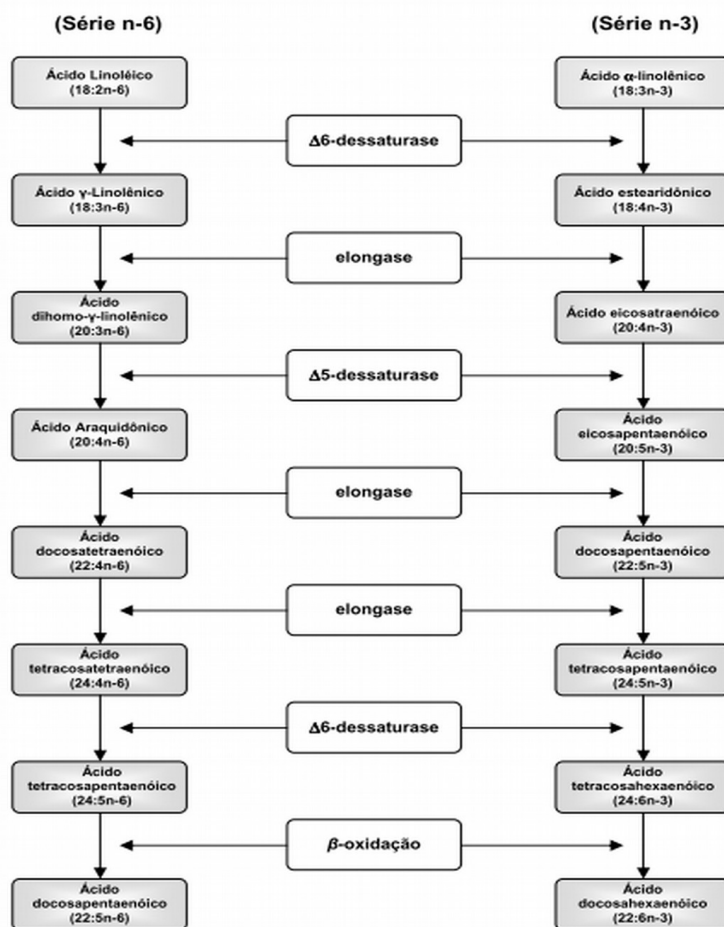


Figura 2: Representação do metabolismo dos ácidos graxos essenciais das séries n-6 e n-3 (SALEM, 1999)

3.5 ÓLEOS NA NUTRIÇÃO DE PEIXES

Para que haja um desenvolvimento de uma aquicultura sustentável é necessário a conservação dos recursos naturais, tal como peixes utilizados para produção de farinha de peixe e óleo, e isto pode ocorrer substituindo estes ingredientes tradicionais por fontes alternativas (NAYLOR et al., 2000).

Estudos conduzidos em peixes de água doce mostram que óleos vegetais podem substituir parcial ou totalmente, com sucesso, o óleo de peixe nas dietas sem afetar a sobrevivência e o desempenho dos animais (BAHURMIZ; NG, 2007; SUBHADRA et al., 2006).

Nos peixes, o metabolismo dos lipídeos como fonte energética varia entre as espécies, dependendo do hábito alimentar desses animais. Geralmente espécies carnívoras podem consumir um teor maior de lipídeos do que onívoros e herbívoros (WILSON, 1998). Na alimentação destes animais o balanço nutricional deve ser adequado para atender as exigências da espécie. Proteínas, carboidratos e gorduras são os principais componentes das dietas e também são as fontes de energia para estes animais (GRAEFF; TOMAZELLI, 2007).

A nutrição dos peixes tem como alvo a produção de tecido muscular e assim diminuir o desperdício energético. A ingestão de gorduras pode promover uma elevação da taxa de eficiência proteica e diminuir a excreção de nitrogênio, fazendo com que haja uma menor descarga deste elemento no meio ambiente, proporcionando uma redução do efeito poluente das dietas (RIBEIRO et al., 2007).

Conforme Boscolo; Hayashi; Meurer (2002b), a utilização óleo de soja na ração para tilápias do nilo na fase de crescimento promove aumento nos parâmetros de rendimentos corporais. A tilápia-do-Nilo como espécie onívora tem exigências de 0,5% do ácido graxo linoleico na sua dieta (NRC, 2011). Assim, com uma inclusão de 1,27% de óleo de soja é atingido a quantidade necessária deste lipídeo essencial, com o benefício de oferecer outros ácidos graxos essenciais e ainda ser uma fonte energética capaz de poupar proteína como fonte energética (ZANARDI, 2011). Há muitas informações na literatura, no que concerne, sobre a nutrição de tilápias, no entanto, as exigências de lipídeos ainda são inconclusivas (ZANARDI, 2011).

Na Tabela 2 estão dispostas as exigências nutricionais para os ácidos graxos essenciais

de algumas espécies de peixes.

Tabela 2: Exigência de ácidos graxos essenciais em peixes

Espécie	Ácido graxo	Exigência
Bagre americano (<i>Ictalurus punctatus</i>)	C18:2 n-6 e n-3 HUFA	1-2%
Truta arco-íris (<i>Oncorhynchus mykiss</i>)	C18:3 n-3	1,0%
Salmão chum (<i>Oncorhynchus keta</i>)	C18:3 n-3 e C18:2 n-6	1,0%
Carpa comum (<i>Cyprinus carpio</i>)	C18:3 n-3 e C18:2 n-6	0,8%
Carpa capim (<i>Ctenopharyngodon idella</i>)	C18:3 n-3 e C18:2 n-6	0,5%
Tilápia do Nilo (<i>Oreochromis niloticus</i>)	C18:2 n-6	0,5%

Fonte: (RIBEIRO et al., 2007)

3.6 ESTUDO HEMATOLÓGICO DE PEIXES

O sangue é um tecido líquido, móvel, conectivo e de propriedades especiais que transita pelo sistema circulatório. Tem como função a distribuição de nutrientes e gases respiratórios e ainda, retirada de resíduos metabólicos produzidos nos processos bioquímicos realizados nas células. Sua matriz é líquida (plasma), composta por 90% de água, 7% de proteínas (globulinas e albuminas) e 3% de gorduras, carboidratos e outras moléculas. Além disso, na sua composição tem a presença de metabólitos como hormônios, enzimas e eletrólitos (RANZANI-PAIVA, 2007).

Três parâmetros hematológicos, da série vermelha, são considerados importantes, pois indicam a capacidade de transporte de oxigênio pelo sistema circulatório. São eles: hemoglobina, hematócrito e eritrócitos. Estes índices, podem também ajudar no diagnóstico de patologias e estresse (MARTINEZ et al., 1994).

Os eritrócitos são constituídos principalmente de hemoglobina, uma molécula complexa com grupamentos heme ligados a um átomo de ferro (II), onde este liga-se temporariamente à molécula de oxigênio nas brânquias e libera nas células para o processo oxidativo (WEISS; WARDROP, 2010). Em peixes, o estresse pode causar um desbalanço osmótico e da regulação iônica, podendo diminuir o pH do sangue e consequente aumento do volume dos eritrócitos e assim o percentual de hematócrito (SENS, 2009).

Nos peixes, a hematologia contribui para o entendimento da fisiologia comparativa, para a relação filogenética, para as condições alimentares e ambientais. Para isso, pode-se avaliar a condição nutricional dos peixes por suas condições hematologias, pelo fato do sangue ser um tecido muito dinâmico e ter a característica de se alterar em função de variações da dieta ingerida (MELO et al., 2006; RIBEIRO et al., 2007).

Alterações no hemograma, tanto em humanos como em animais, podem estar relacionadas às enfermidades. Desta forma, o quadro hematológico nos animais domésticos possivelmente estejam relacionados com as condições de criação ou estado alimentar. Atualmente pesquisas são desenvolvidas com intuito de obter informações necessárias direcionadas a identificação e controle de estresse e enfermidades, a fim de assegurar a saúde dos animais e desenvolvimento máximo (TAVARES-DIAS; MORAIS, 2003).

Segundo Ranzani-Paiva (2007), a hematologia é aplicada em pesquisas com animais e, considerado um procedimento de rotina para realizar diagnóstico. Ainda, Barros et al. (2009) afirmam, ser necessário nutrir o sistema imunológico dos animais para se obter o máximo desempenho zootécnico. Nos peixes, esta metodologia, é aperfeiçoada desde meados de 1990, porém, novos estudos são necessários, por se tratar de uma ferramenta importantíssima para diagnósticos, em relação ao estado patológico ou nutricional dos animais (WEISS; WARDROP, 2010).

O avanço no conhecimento dos parâmetros hematológicos e bioquímicos, em ambientes naturais e artificiais, sendo os últimos sistemas comerciais, sob condições homeostática e de estresse são necessários para avaliar condições e/ou alterações fisiológicas provenientes da nutrição ou ainda de fatores ambientais, tal como temperatura, concentração e saturação do oxigênio na água, condutividade e pH, que possam porventura interferir nas condições hematológicas. Tais conhecimentos podem dar subsídios para desenvolver novas estratégias de produção e dessa forma aumentar o rendimento produtivo (ARAÚJO et al., 2011).

3.7 COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO PESCADO

Os produtos da pesca tem sua composição química variada entre espécies e até mesmo entre indivíduos de mesma espécie, podendo estar correlacionado com a idade, maturação

sexual e com a quantidade e qualidade da nutrição oferecida (MOREIRA, 2001). Em relação a essa característica do pescado, em alterar seu padrão centesimal em função da alimentação, estudos são realizados com o objetivo de transformar a carne do peixe num produto diferencial e nutracêutico, principalmente utilizando óleos vegetais, que empregam maior quantidade de ácidos graxos da série ômega-3 e 6 e consequente aumenta a deposição destes nos tecidos (HIGUCHI et al., 2013)

Segundo Andrade; Bispo; Druzian (2009), no pescado os teores de proteínas variam entre 15% e 20% e, são de excelente qualidade, destacando-se pela alta disponibilidade e pelo bom perfil de aminoácidos essenciais, tendo grande relevância a lisina, triptofano e arginina.

Os peixes são ricos em ácidos graxos essenciais, especialmente os poli-insaturados da série ômega 3 e 6, que atuam no homem reduzindo os teores de colesterol e triglicerídeos, diminuindo os riscos de doenças cardiovasculares (VISENTAINER; SALDANHA, 2005). Na Tabela 2 estão apresentados o perfil básico dos lipídeos em relação à composição dos ácidos graxos de peixes de água doce.

Tabela 3: Perfil básico dos lipídeos de peixes tropicais de água doce em % de ácidos graxos.

Espécie	ÁCIDOS GRAXO								
	14:0	16:0	16:1	18:1	18:2	18:3	20:4	20:5	22:6
Jundiá (<i>Rhamdia quelen</i>) ¹	1,00	24,40	2,80	34,10	16,40	0,80	0,70	tr	1,70
Pacu (<i>Piaractus mesopotamicus</i>) ²	2,75	23,40	7,16	37,97	10,65	0,86	0,73	tr	0,55
Tambaqui (<i>Colossoma macropomum</i>) ³	0,70	14,60	1,20	28,60	26,10	9,10	1,80	0,50	1,60
Tilápia (<i>Oreochromis niloticus</i>) ⁴	4,70	25,20	6,70	30,90	12,80	0,90	1,30	0,10	0,60

tr = traço

¹(ANIDO, 2006);

²(BARILLI et al., 2014)

³(MAIA; RODRIGUEZ-AMAYA, 1992)

⁴(OLIVEIRA et al., 2004)

Os teores de lipídeos podem ter variações em função da condição fisiológicas dos animais, tal como idade, sexo e também com as condições ambientais, nos quais os animais estão inseridos, entre elas a temperatura da água, habitat e da qualidade nutricional oferecida. Os ácidos graxos em geral, fazem parte das membranas celulares, sendo estas moléculas isolantes e protetoras contra danos mecânicos externos (OGAWA; MAIA, 1999).

O pescado, também é considerado como excelente fonte de macro minerais como o cálcio e o fósforo e de micro minerais onde se destacam zinco, cobre, magnésio, manganês entre outros. Em relação às vitaminas, destacam-se as vitaminas do complexo B e nas lipossolúveis, as vitaminas A e D. O sabor do pescado é influenciado pela quantidade de lipídeos e outras moléculas orgânicas nitrogenadas (aminoácidos livres, peptídeos, nucleotídeos, N-óxidos de tri-metilamina e outras) e não nitrogenadas (ácidos orgânicos e carboidratos) (OGAWA; MAIA, 1999).

4. MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo foi realizado no Instituto de Pesquisa em Aquicultura Ambiental (InPAA), da Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE – *Campus* Toledo, durante 50 dias, de fevereiro a abril de 2014 e, experimento aprovado no comitê de ética da Universidade Estadual do Oeste do Paraná sob protocolo n° 7487. Foram utilizados 270 tilápias em fase de terminação provenientes de piscicultura comercial, que apresentaram peso médio inicial de $425,33 \pm 32,37$ g e comprimento de $25,53 \pm 2,00$ cm distribuídos inteiramente ao acaso em 15 tanques com dimensões de 2 x 6 x 0,6 m com capacidade de 7,2 m³, com cinco tratamentos e três repetições, sendo a unidade experimental um tanque com 18 peixes. Os peixes foram alimentados até saciedade aparente duas vezes ao dia (11 e 17 horas).

Os tratamentos foram compostos pelo controle e quatro níveis de inclusão de óleo de soja (0, 1,50, 3,00, 4,50 e 6,00% na ração) (Tabela 4). As dietas foram formuladas visando conter 30,38% de proteína bruta e de 3090 a 3430 kcal.kg⁻¹ de energia digestível, valores estimados com base nos valores sugeridos para tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*) pelo NRC (2011).

Para a elaboração das dietas, os alimentos foram inicialmente moídos individualmente em triturador tipo martelo com peneira de 0,5 mm. Após a moagem, os ingredientes foram pesados e misturados manualmente, acrescentando-se o suplemento mineral e vitamínico. Para a mistura dos diferentes níveis de óleo, foi realizado uma pré-mistura desse componente com os demais ingredientes e posteriormente misturado com o restante da dieta. Em seguida a mistura foi umedecida com 22% de água e passaram pelo processo de extrusão com matriz de 3,0 mm por meio de extrusora EX-MICRO® com capacidade de produção de 10kg/h. As

rações foram secas em estufa de ventilação forçada por 12 horas a 55 °C.

Tabela 4: Composição percentual e nutricionais das dietas com diferentes inclusões de óleo de soja para *O. niloticus*

Ingredientes (%)	Níveis de inclusão de óleo de soja (%)				
	0,00	1,50	3,00	4,50	6,00
Milho grão	25,41	23,67	21,94	20,20	18,46
Farelo de soja 46%	12,09	12,33	12,58	12,82	13,06
Triguilho	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00
Farelo de trigo	16,95	16,90	16,86	16,81	16,76
Farinha de carne 42%	2,44	2,49	2,53	2,58	2,63
Farinha de vísceras 58%	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00
Farinha de penas 84%	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00
Óleo de soja	0,00	1,50	3,0	4,5	6,0
Cloreto de colina 75%	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
Cloreto de sódio	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
DL-Metionina	0,27	0,27	0,27	0,27	0,28
L-Lisina 50,7%	0,63	0,62	0,61	0,60	0,60
L-Treonina	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22
Vitamina C	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
Antioxidante	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Suplemento vitamínico e mineral para peixes	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
Nutrientes					
Proteína bruta (%)	30,38	30,38	30,38	30,38	30,38
Lisina (%)	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80
DL-Metionina (%)	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
Metionina + Cistina (%)	1,31	1,31	1,31	1,31	1,31
Arginina (%)	2,03	2,03	2,03	2,03	2,03
Treonina (%)	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35
Triptofano (%)	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31
Cálcio (%)	1,37	1,37	1,37	1,37	1,37
Fósforo (%)	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20
Colina g.kg ⁻¹	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Fibra bruta (%)	4,16	4,13	4,11	4,08	4,05
Extrato etéreo (%)	5,12	6,55	7,98	9,40	10,83
Ácido linoléico (%)	1,47	2,22	2,98	3,73	4,49
Matéria mineral (%)	7,70	7,71	7,72	7,73	7,74
Energia digestível peixes kcal.kg ⁻¹	3090	3170	3260	3340	3430
Proteína digestível peixes (%)	26,20	26,20	26,20	26,20	26,20
Amido (%)	29,62	28,40	27,18	25,96	24,75

Nutrientes disponíveis baseados em (NRC, 2011). Níveis de suplementação por kg de ração: Vit. A 12000 UI; Vit. D3 3000 UI; Vit. K3 15 mg/kg; Vit. B1 20 mg/kg; Vit. B2 20 mg/kg; Vit. B6 18 mg/kg; Vit. B12 0,04 mg/kg; Vit C 300 mg/kg; Niacina 100 mg/kg; Pantotenato de Cálcio 50 mg/kg; Biotina 1 mg/kg; Ácido Fólico 6 mg/kg; Inositol 150 mg/kg; Colina 500 mg/kg; Sulf. de Cobre 18 mg/kg; Sulf. de Ferro 80 mg/kg; Sulf. de Manganês 50 mg/kg; Sulf. de Zinco 120 mg/kg; Iodato de cálcio 0,8 mg/kg; Sulf. de Cobalto 0,6 mg/kg; selênio 4 mg/kg e Vit. E 200 mg/kg.

Os parâmetros físicos e químicos da água foram monitorados por meio de análises realizadas com equipamentos portáteis: pH, oxigênio dissolvido (mg L^{-1}) e condutividade elétrica ($\mu\text{S cm}^{-1}$) foram medidos semanalmente, enquanto que a temperatura ($^{\circ}\text{C}$) foi aferida duas vezes ao dia (8hs e 16hs). Os parâmetros físicos e químicos da água do tanque pela manhã (8h) foram de $2,89 \pm 0,83 \text{ mgO}_2 \text{ D}\cdot\text{L}^{-1}$; $6,98 \pm 0,86$ e $33,42 \pm 14,64 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ para oxigênio dissolvido, pH e condutividade elétrica respectivamente. No período da tarde (16h), os parâmetros foram de $3,08 \pm 0,66 \text{ mgO}_2 \text{ D}\cdot\text{L}^{-1}$; $7,18 \pm 0,34$ e $32,54 \pm 12,00 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ para oxigênio dissolvido, pH e condutividade elétrica respectivamente. Valores dentro dos recomendados para peixes tropicais (KUBITZA, 1999). A média da temperatura da água foi de $21,63 \pm 2,59 ^{\circ}\text{C}$. Estes valores estão próximos do limite mínimo para a espécie, considerando a faixa de 20 a 35 $^{\circ}\text{C}$ (EL-SAYED, 2006).

Ao final do período experimental os peixes permaneceram em jejum por 24 horas e, posteriormente, foram eutanasiados com benzocaína na dose de $250 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ de água (CFMV, 2008), acondicionados em caixa térmica com gelo e transportados até o Laboratório de Tecnologia do Pescado, da UNIOESTE – *Campus* Toledo-PR, onde foram pesados, medidos e contados para a determinação dos parâmetros zootécnicos. Avaliaram-se o ganho em peso diário $\{(\text{GP} = \text{média peso final} - \text{média peso inicial})/\text{dias de experimento}\}$, conversão alimentar aparente ($\text{CAA} = \text{consumo de ração/ganho em peso}$) e sobrevivência $\{\text{SO} = (\text{Quantidade de peixes finais}/\text{Quantidade de peixes inicial})\times 100\}$.

Nove peixes de cada unidade experimental foram submetidos à abertura ventral da cavidade abdominal, desde o orifício urogenital até os ossos da mandíbula, seguindo de retirada cuidadosa das vísceras, para evitar perdas e a contaminação da carne com o material fecal. Posteriormente foi realizada a pesagem dos peixes inteiros eviscerados, para cálculo da porcentagem de rendimento de carcaça $\{\text{RC} = (\text{peso do peixe inteiro sem as vísceras}/\text{peso do peixe}) \times (100)\}$. Os peixes sem cabeça, vísceras e pele foram pesados e utilizados no cálculo de rendimento do tronco limpo $\{\text{RTL} = (\text{peso do tronco limpo}/\text{peso do peixe}) \times (100)\}$. Em seguida, foram filetados para o cálculo do rendimento de filé $\{\text{RF} = (\text{peso do filé}/\text{peso do peixe}) \times 100\}$.

Para os índices hepatossomáticos e gordura víscerosomática, as vísceras foram separadas manualmente da gordura visceral e do fígado. Posteriormente, foram realizados os cálculos do índice hepatossomático $\{\text{IHS} = (\text{peso do fígado}/\text{peso do peixe}) \times (100)\}$ e índice

de gordura víscerosomática [IGV = (peso da gordura visceral/peso do peixe) x (100)]

Para a coleta sanguínea, foram selecionados três peixes de cada unidade experimental, totalizando nove peixes por tratamento, os quais foram anestesiados com benzocaína (100 mg.L⁻¹) seguindo protocolo de Okamura et al. (2010). A coleta de sangue foi realizada com o auxílio de seringa descartável contendo EDTA (10%), onde foi coletado 1,0 mL de sangue de cada espécime, para determinação do hemograma. Esse material destinou-se às determinações da contagem de eritrócitos em câmara de Neubauer sob microscópio óptico com aumento de 10x, percentual de hematócrito pelo método do micro-hematócrito, segundo Goldenfarb et al. (1971), taxa de hemoglobina pelo método da cianometahemoglobina preconizada por Collier (1944).

Para os parâmetros bioquímicos foi separado 1,0 mL de sangue destinado para as análises de glicose plasmática, proteínas plasmáticas totais, colesterol total e triglicerídeos. As amostras de sangue foram separadas em microtubos e centrifugadas para obtenção do soro, depois foram congeladas para posterior análises. Foi utilizado o método enzimático – calorimétrico através de kits laboratoriais da marca Gold Analisa[®] realizado no Laboratório de Hematologia e Bioquímica do GEMAq, da UNIOESTE – *Campus* Toledo.

As amostras dos filés foram compostas filés de nove peixes de cada unidade experimental, onde foram triturados em multiprocessador, homogeneizados e acondicionados em embalagens de polietileno (-18 °C) no Laboratório de Qualidade de Alimentos - LQA/Unioeste-*Campus*-Toledo para posteriores análises centesimais. As análises de umidade, cinzas e proteína total foram preconizadas pelo AOAC (1998), e os lipídeos totais conforme método de Bligh & Dyer (1959).

O teor de matéria seca foi calculado usando-se estufa a 105 °C até peso constante, a matéria mineral por meio da calcinação das amostras a 550 °C enquanto o teor de lipídeos foi obtido pela extração por meio de solvente (clorofórmio). O teor de proteína foi apurado por meio do método Kjeldahl, determinando a quantidade de nitrogênio total na amostra.

Os dados obtidos foram tabulados e submetidos à análise de variância (ANOVA), ao teste normalidade (Shapiro-Wilk) e análise de regressão. As diferenças entre as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey (P<0,05), utilizando o software estatístico R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2013).

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados das características de desempenho produtivo e corporais obtidos ao final do período experimental encontram-se na Tabela 5. Os peixes que receberam a ração com suplementação de 4,50% de óleo de soja tiveram o maior ganho em peso médio.

Tabela 5: Parâmetros zootécnicos e corporais dos peixes submetidos às dietas com níveis crescente de inclusão de óleo de soja

Variáveis	Níveis de inclusão de óleo de soja (%)					
	0,00	1,50	3,00	4,50	6,00	CV
ganho em peso Diário (GPD) ¹	3,37	3,79	3,88	4,13	4,09	4,65 *
Conversão Alimentar Aparente (CAA)	2,02 ^a	2,16 ^a	2,04 ^{ab}	1,87 ^b	2,09 ^{ab}	4,13 *
Rendimento de Carcaça (RC) ²	88,43	89,72	89,73	90,09	89,60	0,62 *
Rendimento de Filé (RF)	33,72	34,42	34,00	33,66	33,80	2,49 ^{ns}
Rendimento de tronco limpo (RTL)	51,18	52,51	52,10	49,46	50,17	3,28 ^{ns}
Índice de Gordura visceral (IGV) ³	4,82	4,19	4,11	4,01	3,84	4,88 *
Índice Hepatosomático (IHS) ⁴	3,66	2,86	3,05	3,03	3,49	6,59 *
Sobrevivência (%)	100	100	100	100	100	-

* Médias seguidas de letras diferentes, nas linhas, diferem pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

¹ Efeito Linear Plateau – $Y = 4,11 + 0,017(X-4,06)$; $X \leq 4,06$ $R^2 = 0,74$

² Efeito Quadrático – $Y = 88,51 + 0,079X - 0,001X^2$; $R^2 = 0,92$

³ Efeito Linear Plateau – $Y = 3,85 - 0,17(X-4,86)$; $X \geq 4,86$ $R^2 = 0,67$

⁴ Efeito Quadrático – $Y = 3,579 - 0,0452X + 0,00074X^2$; $R^2 = 0,83$

Porém, pelo modelo descontínuo LRP (*Linear Response Plateau*), calcula-se como nível ideal de inclusão de 4,06% de óleo de soja na dieta, nesse ponto ocorre um platô (Figura 3), correspondendo a um ganho em peso de 4,13g.dia⁻¹.

Higuchi et al. (2012) avaliando a inclusão de várias fontes de óleos vegetais (girassol, canola, gergelim, linhaça, amendoim, castanha do Pará, soja e macadâmia) com inclusão de 4%, na nutrição de alevinos de *O. niloticus* não obtiveram diferença no ganho em peso entre os tratamentos, obtendo ganho em peso de 0,54 g.dia⁻¹. Este estudo obteve resultados superiores, provavelmente relacionado com a fase dos animais. No entanto, este estudo mostrou resultados contrários aos observados por Graeff & Tomazelli (2007) que, avaliando a inclusão de quatro fontes de lipídeos (algodão, canola, girassol e milho) e três níveis de inclusão (1, 3 e 5%) em rações para carpa comum (*Cyprinus carpio* L.) observaram uma alta variação no peso final médio dos peixes e cada nível de óleo na dieta correspondia a um decréscimo na massa corpórea. A variação entre o presente trabalho e os referidos autores,

podem estar relacionados com a fase dos animais estudados e ainda pela diferença entre espécies

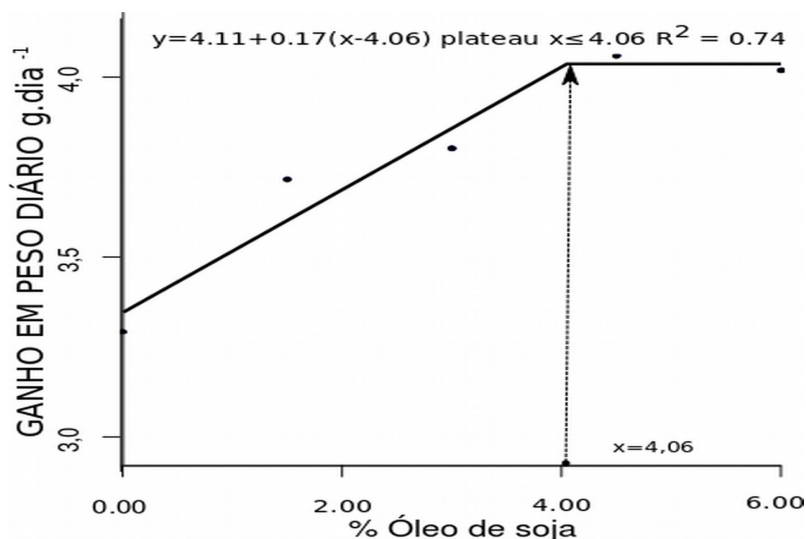


Figura 3: Efeito polinomial ganho em peso diário em função dos tratamentos

Boscolo et al. (2005), avaliando energia digestível para larvas de tilápias na fase de reversão sexual. Os autores observaram valores negativos nos parâmetros zootécnicos (peso final e comprimento) com o aumento energético. Por outro, Gonçalves et al. (2009), trabalhando com níveis de energia e proteína digestíveis a partir do conceito de proteína ideal em juvenis de tilápias, não observaram variação nos parâmetros produtivos. Estas diferenças podem estar relacionadas com as exigências nutricionais diferentes, bem como a idade dos peixes e as condições experimentais em que os animais foram submetidos durante o estudo.

Segundo Boscolo; Hayashi; Meurer (2002a), essencial considerar a relação proteína:energia para um bom desenvolvimento dos peixes. Neste trabalho, as dietas avaliadas estavam entre 76,38 e 84,79 mgPD.kcal⁻¹. Dentre as dietas, a melhor relação proteína digestível:energia digestível para *O. niloticus* na fase de terminação foi a ração com 78,44 mgPD.kcal⁻¹, sendo obtido este valor com a inclusão de 4,5% de óleo de soja na dieta. (BOSCOLO et al., 2005), em estudo com o intuito de avaliar a energia digestível para larvas de *O. niloticus* na fase de reversão sexual observaram 85,49 mgPD.kcal⁻¹. Essas diferenças possivelmente estejam relacionadas com a fase de desenvolvimento dos animais.

Os valores médios de conversão alimentar obtidos neste trabalho variaram de 1,87 a

2,16 havendo diferença ($p < 0,05$) entre os tratamentos. Os resultados são contrários aos observados por Arslan et al. (2013) que relataram valores de 0,62 a 0,73 para a conversão alimentar ao estudar o crescimento, composição corporal e a atividade de tripsina em juvenis de *Pseudoplatystoma* sp alimentado com diferentes níveis proteicos e lipídicos. Por outro lado, Graeff & Tomazelli (2007) observaram valores de 2,1; 2,2; 1,8 e 2,0 para a conversão alimentar aparente ao analisar a inclusão de quatro fontes lipídicas (algodão, canola, girassol e milho) e três níveis de inclusão (1, 3 e 5%) em dietas para a carpa comum (*Cyprinus carpio* L.). Resultados elevados para a conversão alimentar podem ser justificados pela baixa fluabilidade dos pellets, média de 67%, já que a ração foi fornecida até saciedade aparente dos animais.

Em relação ao rendimento de carcaça, os valores foram de 88,43 a 90,09%, apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos ($p < 0,05$). O modelo do efeito polinomial entre os níveis de inclusão do óleo de soja e o rendimento de carcaça está apresentado na figura 4. O maior valor de rendimento de carcaça foi observado com a inclusão de 3,95% de óleo de soja na ração. Resultados estes, que ficaram acima dos obtidos por Santos et al. (2007), que avaliaram a inclusão de 5% de ácido linoleico conjugado (CLA) para *O. niloticus*, obtendo um rendimento de carcaça de 87,82%. A composição química do óleo de soja contém outros ácidos graxos que podem influenciar na dieta dos animais avaliados e ainda a fase dos animais seja mais influenciado pelo óleo de soja.

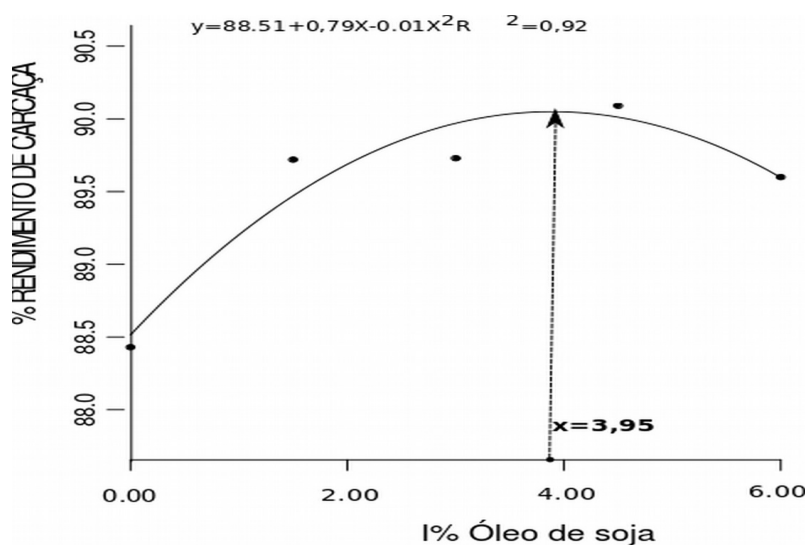


Figura 4: Efeito polinomial rendimento de carcaça em função dos tratamentos

O rendimento de filé e de tronco limpo, não variaram ($p>0,05$) entre os diferentes tratamentos, demonstrando que animais submetidos à estes níveis de inclusão de óleo de soja não alteraram os parâmetros avaliados (Tabela 4). Graeff & Tomazelli (2007), não encontraram correlação entre os níveis de inclusão (1, 3 e 5%) e fonte de lipídeos (algodão, canola, girassol e milho) na nutrição de carpa comum (*Cyprinus carpio* L.) e o rendimento de filés dos animais estudados.

Em geral, uma das formas de armazenamento de energia é na deposição de gordura, as moléculas de triacilglicerídeos por apresentarem características químicas de hidrofobicidade e são acondicionadas em células específicas, denominadas de adipócitos (LEHNINGER et al., 2004). Neste estudo foi possível verificar que as tilápias apresentaram índices de gordura visceral, que variaram de 3,84 até 4,82%. No modelo LRP para esta variável, o menor teor ocorreu em 4,86% de inclusão de óleo de soja. Santos et al. (2007), avaliando a inclusão de ácido linoleico conjugado (CLA) em dietas para *O. niloticus*, observaram resultados com significativa diferença em relação a este estudo, não observando diferenças entre as dietas com inclusão de ácido linoleico conjugado (CLA) e sem a inclusão, onde os resultados ficaram entre 1,33 e 1,38% de deposição de gordura viscerossomática. Tal diferença entre o estudo de Santos et al. (2007) e o presente trabalho, podem estar relacionadas com composição química das dietas e fase dos animais estudados.

Neste trabalho a dieta sem a inclusão de óleo de soja apresentou a maior deposição de gordura viscerossomática e maior teor de amido. Segundo NRC (2011), pode ocorrer maior teor de deposição de gordura corporal em peixes quando a dieta é formulada com amido acima da capacidade de utilização como fonte energética. Conforme pode-se observar, através da equação, possivelmente neste trabalho o teor de amido estava acima da capacidade das tilápias utilizarem como energia e começaram a armazenar na forma de gordura visceral.

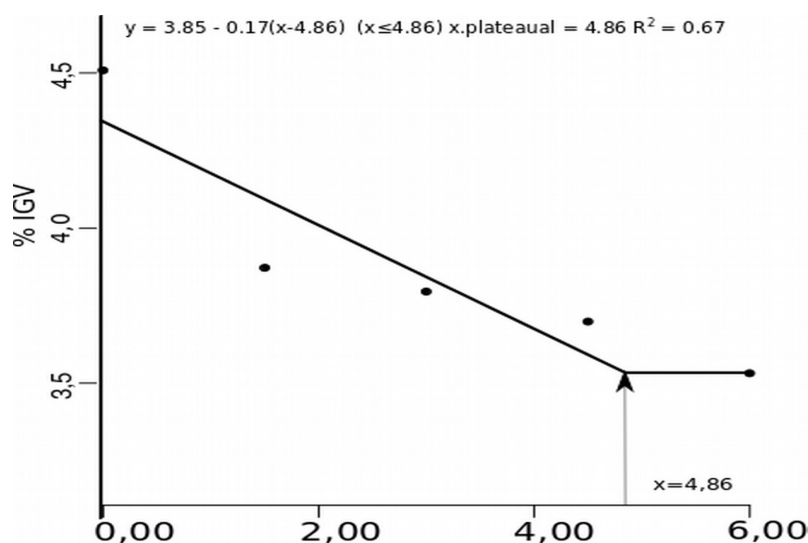


Figura 5: Efeito polinomial índice gordura visceral em função dos tratamentos

Dong et al. (2014), avaliando a influencia do ácido linoleico conjugado (CLA) na dieta para avaliar o crescimento, a deposição de lipídeos nos tecidos e os genes envolvidos no metabolismo das carpas capim, obtiveram resultados entre 1,06 e 1,34% para o índice viscerossomático corroborando com os resultados deste estudo, embora menores que o presente trabalho, já que o menor valor encontrado, pelos autores, foi com a inclusão de 3% de ácido linoleico conjugado (CLA), inclusão próxima do menor valor observado neste trabalho. Os resultados apresentados pelos autores são menores em relação à este estudo, provavelmente esteja relacionado com a redistribuição de gordura no organismo dos animais, as quais apresentam a capacidade de variar de acordo com os níveis de lipídeos na dieta, idade, sexo, bem como a característica do tecido (TOCHER, 2003).

Em outras espécies, como os mamíferos, os mecanismos potencialmente responsáveis pela menor deposição corporal de gorduras, são a diminuição do consumo de energia através da supressão do apetite e aumento do gasto de energia na musculatura pela lipólise (KENNEDY et al., 2010). Porém, nos peixes os mecanismos não são claros, no entanto, provavelmente estejam relacionados com a inibição da absorção de lipídeos e ainda a oxidação lipídica (MAKOL et al., 2009). Contudo, de acordo com o presente estudo mostrou que o aumento de energia através da adição de óleo de soja houve benefícios em caráter de deposição lipídica nas vísceras.

Neste estudo, os animais alimentados com a inclusão de 1,50% de óleo de soja obtiveram

o menor índice hepatossomático de 2,86%. Porém, pelo efeito polinomial quadrático (figura 6) ($Y = 3,579 - 0,0452X + 0,00074X^2$), o menor índice hepatossomático ocorreu em 3,29 % de inclusão. Após este valor de inclusão, o índice aumentou.

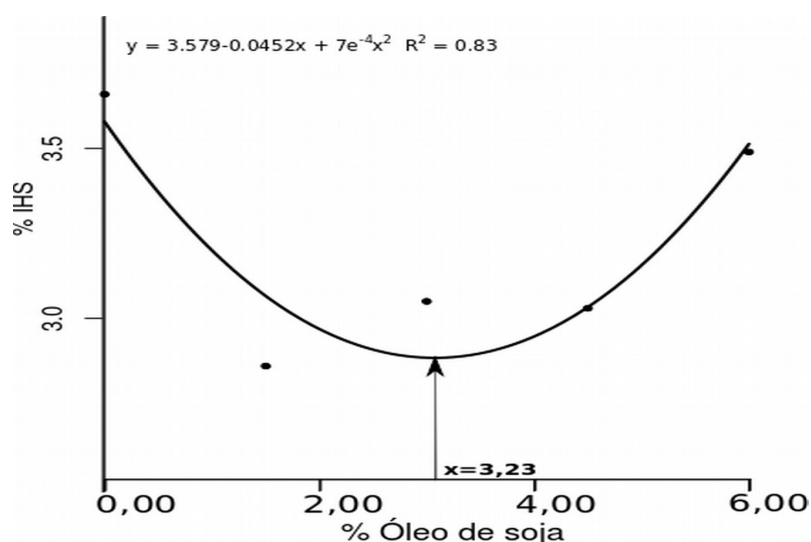


Figura 6: Efeito polinomial índice hepatossomático em função dos tratamentos

Em estudo conduzido por Lanna et al. (2004), avaliando a interação entre fibra bruta e óleo de soja em dietas para alevinos de *O. niloticus*, os autores observaram a não ocorrência de aumento do índice hepatossomático, situação similar observada por Atwood et al. (2003), avaliando a interação entre fatores ambientais e nutricionais no cultivo de tilápias.

O tecido hepático é um dos responsáveis pela degradação Efeito polinomial colesterol total em função dos tratamentos lipídica, podendo gerar Acetil-CoA, a qual é matéria-prima para a produção de moléculas mais complexas, entre estas estão aquelas que são responsáveis pela digestão das gorduras, como os sais biliares e o colesterol responsável pelo transporte dos ácidos graxos até os tecidos para armazenamento ou uso como fonte energética (LEHNINGER et al. 2004). Como as dietas continham teores elevados de gorduras, entre 5 e 10%, é possível que as dietas tenham influenciado no aumento dos ácidos graxos, visto que, com alto teor de gordura na dieta pode ter ocorrido o aumento do tecido hepático em função do acréscimo da atividade de produção de enzimas e moléculas necessárias à digestão.

A espécie *O. Niloticus* tem exigências de 0,5% do ácido graxo linoleico na sua dieta (NRC, 2011). Assim, com uma inclusão de 1,27% de óleo de soja é atingido a quantidade necessária deste lipídeo, com o benefício de oferecer outros ácidos graxos essenciais e ainda

ser uma fonte energética capaz de ser um poupador de proteína como fonte energética (ZANARDI, 2011).

Com a inclusão dos crescentes níveis de óleo de soja houve um aumento linear da energia digestível das rações (de 3090 para 3430 kcal.kg⁻¹). O presente experimento, realizado na fase de terminação, observando-se melhora no ganho em peso diário e conversão alimentar aparente com a inclusão do óleo de soja e pode-se inferir que nesta fase, possivelmente, a exigência seja maior que 0,5% de ácido graxo linoleico, pois os melhores resultados foram observados para os peixes alimentados com aproximadamente 1,8% de ácido linoleico.

Neste estudo não foi observada mortalidade dos peixes durante o período experimental. Boscolo et al. (2006) trabalhando com diferentes níveis de energia, com variação na inclusão de óleo de soja, em rações para alevinos de tilápia do Nilo também não obtiveram efeito das dietas na sobrevivência dos animais. Graeff & Tomazelli (2007) não relataram correlação entre a sobrevivência e a inclusão de variadas fontes lipídicas (algodão, canola, girassol e milho) e três níveis de inclusão (1, 3 e 5%) na nutrição de carpa comum (*Cyprinus carpio* L.).

Na tabela 5, estão dispostos os valores médios dos parâmetros hematológicos avaliadas em tilápias alimentadas com níveis crescentes de óleo de soja. A inclusão do óleo de soja na dieta dos peixes, não mostraram diferenças (P>0,05) para os parâmetros de proteínas plasmáticas totais, glicose, hemoglobina, eritrócitos e hematócrito.

Tabela 6: Valores médios, das análises hematológicas e bioquímicas em *O. Niloticus*, alimentados com rações contendo crescente níveis inclusão de óleo de soja.

Variáveis	Níveis de inclusão de óleo de soja (%)					CV
	0,00	1,50	3,00	4,50	6,00	
Glicose mg/dL (GL)	56,04	58,85	58,07	54,65	55,69	15,04 ^{ns}
Proteínas Plasmáticas Totais g/dL (PPT)	4,10	4,31	4,22	4,08	3,97	4,04 ^{ns}
Hemoglobina g/dL	9,18	8,26	7,56	8,68	9,45	9,18 ^{ns}
Eritrócito (10 ⁶ / mL)	2,20	2,19	2,17	2,15	2,33	4,39 ^{ns}
Hematócrito (%)	39,22	39,11	39,00	39,11	40,44	1,90 ^{ns}
Colesterol Plasmático Total mg/dL (CPT) ¹	114,20 ^d	122,15 ^{cd}	153,39 ^b	135,03 ^{bc}	222,38 ^a	4,81 [*]
Triglicerídeos mg/dL(TG) ²	184,04 ^b	205,94 ^{ab}	220,37 ^{ab}	268,33 ^a	269,35 ^a	12,41 [*]

CV: Coeficiente de variação;

¹ Efeito quadrático – $Y = 119,18 - 0,55X + 0,035X^2$; $R^2 = 0,81$

² Plateau – $Y = 269.35 + 1.782 (x - 50.38) (x \leq 50.38)$ $R^2 = 0.65$

Araujo et al. (2011), avaliando a interação entre dietas, contendo óleo de girassol e de

linhaça com inclusão variando de 0 à 6% e o estímulos por temperaturas baixas em *O. niloticus*, notaram redução nos níveis de eritrócitos (2,02 à 1,76) em peixe alimentados com a dieta com 4% de óleo de girassol e 2% de óleo de linhaça. Para a taxa de hemoglobina (7,19 para 6,24) e para a concentração de proteína plasmática total (3,82 para 3,05) nos peixes que consumiram as rações com 6% de óleo de linhaça, após à exposição à baixas temperaturas. Os autores concluíram que dietas com baixa relação entre os ácidos graxos ômega-6 e ômega-3 acarretam redução no perfil hematológico ao submeter os animais ao desafio térmico.

De acordo com Weiss & Wardrop (2010), os parâmetros hematológicos podem ter diferentes valores na escala deste parâmetro e valores no topo da escala, são observados em peixes com uma maior atividade, resultando em uma demanda maior de oxigênio. Já níveis acima desta escala podem ser relacionado ao alto nível de estresse decorrente de manejo impróprio durante captura e coleta de sangue. Neste estudo, as variáveis hematológicas estão dentro da faixa de normalidade para *O. niloticus* (WEISS & WARDROP, 2010).

Foram observadas diferenças ($p < 0,05$) nas variáveis colesterol plasmático total e triglicerídios (Tabela 6). Neste estudo, os animais que consumiram a dieta sem a inclusão de óleo de soja obtiveram o menor nível de colesterol plasmático total. Embora, pelo efeito polinomial quadrático ($Y = 119,18 - 0,055X + 0,035X^2$ - figura 7), o menor nível fica por volta de 0,80%, próximo aos valores de inclusão iniciais (0,00 e 1,50%), indicando a tendência de elevação, conforme aumentava-se a inclusão de óleo de soja na dieta. Tal fato, possivelmente está correlacionado com a característica dos organismos de retenção do colesterol e ainda por este ser precursor de sais biliares necessários à digestão dos lipídeos ingeridos (LEHNINGER; NELSON, 2004).

O teor de colesterol plasmático total pode ser considerado como um dos indicativos da saúde dos peixes, quando mantidos em ambientes insalubres tendem a apresentar redução em seus valores (YONEYAMA et al., 2009). Azevedo; Tonini; Braga (2013) encontraram média de 120 mg.dL⁻¹ para colesterol plasmático, avaliando a interação de óleo de soja e óleo de dendê como fontes lipídicas com a torta de dendê em *O. niloticus*. Araujo et al. (2011), avaliando a interação entre diferentes dietas, contendo óleo de girassol e linhaça, variando de 0 à 6% a inclusão destes ingredientes nas rações, e o estímulos por temperaturas baixas em *O. niloticus*, notaram variação nos níveis de 95,00 à 151,83 mg.dL⁻¹ para variável colesterol plasmático.

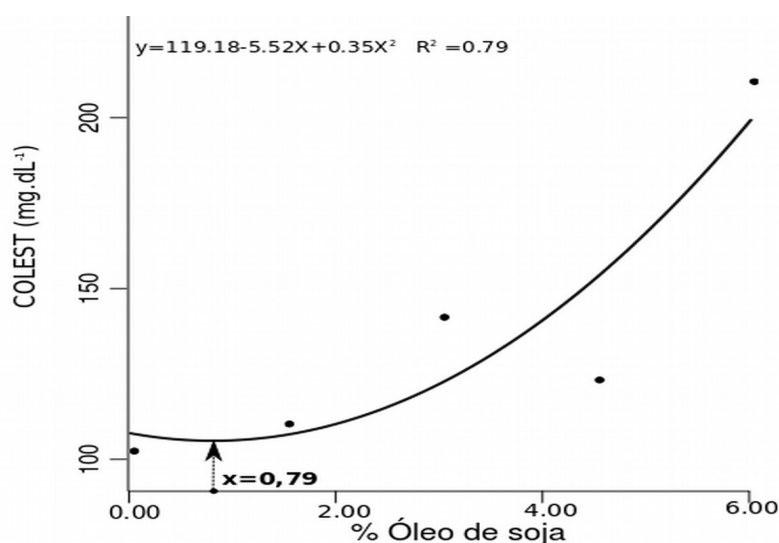


Figura 7: Efeito polinomial colesterol total em função dos tratamentos

Peng et al. (2008) observaram que a utilização de óleos vegetais em dietas para *Acanthopagrus schlegeli* contribuem na diminuição de colesterol plasmático. Neu et al. (2013), avaliaram juvenis de tilápia-do-nilo alimentadas com dietas contendo diferentes níveis de glicerol (0 a 10%), onde não houve diferença significativa entre as dietas e o menor valor médio do colesterol plasmático total, no entanto, obteve diminuição do colesterol *High Density Lipoproteins* (HDL).

Segundo Caula; Oliveira; Maia (2008), o excesso de ingestão de alimentos com colesterol podem provocar aumento da concentração deste na corrente sanguínea. Porém, vale ressaltar que esta molécula é precursora de hormônios, tais como hormônios esteróis, os quais são responsáveis pelo crescimento dos peixes, e vitaminas necessárias a processos vitais de reprodução e manutenção da saúde dos mesmos. Porém, não há consenso sobre valores desta variável e geralmente são feitas comparações com os diferentes sistemas de cultivo, principalmente quando utilizados alimentos energéticos na dieta (NEU et al., 2013).

Os teores de triglicerídeos neste estudo aumentaram de acordo com os níveis de inclusão de óleo de soja na dieta até atingir um valor máximo e estabilizar, conforme o modelo descontínuo (LRP - figura 8). Semelhante aos resultados observados por Du et al. (2005), estudando o efeito dos níveis de lipídeos no crescimento e composição corporal e encontraram um aumento linear no teor de triglicerídeos conforme aumentava o teor de lipídeos em dietas para juvenis de carpa capim. Gao et al. (2009), ao avaliarem o efeito da

razão carboidratos:lipídeos no crescimento, composição corporal, utilização dos nutrientes e a atividade das enzimas hepáticas em juvenis de carpa capim, notaram que conforme aumentava-se o teor de lipídeos na dieta os teores de triglicerídeos aumentavam. Estas variações observadas, parecem apresentar relação direta com os níveis crescentes de lipídeos presentes na dieta, indicando o transporte endógeno dos lipídios.

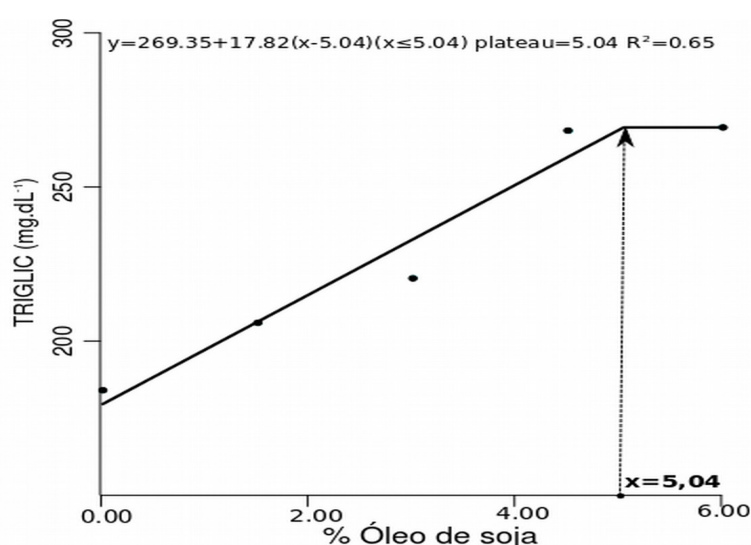


Figura 8: Efeito polinomial triacilglicerídeos em função dos tratamentos

Segundo Ribeiro et al. (2008), o perfil de ácidos graxos na ração de tilápias do nilo influencia a lipogênese, agindo na redução da atividade das enzimas lipogênicas, como na glicose-6-fosfato desidrogenase, enzima málica e a acetil-CoA carboxilase. Salienta-se ainda que o aumento dos triglicerídeos totais e colesterol total em função da inclusão de óleo de soja não influenciaram negativamente a deposição de gordura visceral. Inclusive, neste estudo, houve diminuição da gordura depositada nas vísceras com o aumento na inclusão de óleo.

Animais alimentados com dietas isoprotéicas, isoenergéticas e sem variações nos teores lipídicos normalmente não apresentam diferenças na composição química básica (MENOYO et al., 2003). No entanto, Fonseca-Madrugal et al. (2005), afirmam que a variação na composição química dos peixes podem ocorrer em função de fatores endógenos e exógenos tais como: genética, tamanho, sexo, estágio reprodutivo, fatores ambientais, temperatura e estação do ano, além dos nutrientes ingeridos.

Neste trabalho, os filés dos peixes alimentados com as dietas estudadas não

apresentaram diferenças ($p>0,05$) para as médias dos teores de umidade e matéria mineral (Tabela 7). As variáveis de proteína bruta e extrato etéreo nos filés dos peixes apresentaram diferenças ($p<0,05$).

Os resultados deste estudo para a proteína bruta foi semelhante aos encontrados por Bahurmiz & Ng (2007), que estudaram o efeito da inclusão de fontes de óleo de palma para *Oreochromis* sp., obtendo resultados de 16,9 à 17,9% para proteína bruta. Resultados semelhantes também foram observados por Ferreira et al. (2011), avaliando a influencia de várias fontes de lipídeos (óleo de soja, óleo de milho, óleo de linhaça, óleo de peixe e óleo de oliva) na composição muscular e a concentração das lipoproteínas plasmáticas em *O. niloticus*, obtendo valores de proteína bruta de 16,28 à 18,27%.

Tabela 7: Composição centesimal dos filés dos peixes submetidos às dietas com níveis crescente de inclusão de óleo de soja

Variáveis	Níveis de inclusão de óleo de soja (%)					CV
	0,00	1,50	3,00	4,50	6,00	
Umidade (UMID) (%)	76,60	76,62	76,61	76,07	76,53	0,79 ^{ns}
Proteína bruta (PB) (%) ¹	18,05 ^a	17,39 ^{ab}	17,16 ^{ab}	17,15 ^{ab}	17,23 ^{ab}	1,83 [*]
Extrato etéreo (EE) (%) ²	3,83 ^b	4,06 ^{ab}	4,30 ^{ab}	4,50 ^{ab}	4,33 ^{ab}	10,06 [*]
Matéria mineral (MM) (%)	1,09	1,07	1,12	1,07	1,11	3,87 ^{ns}
S (UMID, PB, EE, MM)	99,58	99,14	99,19	98,79	99,20	0,55 ^{ns}

CV: Coeficiente de variação; *Médias na mesma linha, seguidas se letras distintas são diferentes em nível de 5% de significância pelo teste de Tukey.

¹ Efeito Linear Plateau – $Y = 17,1784 - 0,0439 (X-1,98)(X \leq 1,98)$ X.plateau = 1,98 $R^2 = 0,56$

² Efeito Linear Plateau – $Y = 4,4155 + 0,0155 (X-3,76)(X \leq 3,76)$ X.plateau = 3,76 $R^2 = 0,52$

Ribeiro et al. (2008) ao estudar a atividade enzimática no tecido hepático de *O. niloticus* nutridas com diferentes fontes de lipídeos (óleos de oliva, milho, soja, linhaça e peixe), observaram que óleos ricos em ácidos poli-insaturados diminuem a atividade da enzima málica e glicose-6-P-desidrogenase que estão envolvidas na lipogênese. Os teores de gorduras presente nos filés dos peixes, podem ser influenciados pela quantidade de lipídeos incluída na dieta e também pelo perfil de ácidos graxos desses lipídeos, pois estes podem influenciar a capacidade lipogênica nos tecidos (CABALLERO et al., 2004).

Geralmente em peixes maiores ocorre maior deposição de gordura (OGAWA; MAIA, 1999), devido ao fato dos alevinos se encontrarem na fase de maior crescimento, há

direcionamento maior da energia e proteínas para o crescimento, diminuindo a deposição de gordura para reserva energética (CONTRERAS-GUZMÁN, 1994) Em estudo conduzido por Peng et al. (2008), avaliando o efeito da variação do teor de óleo de soja em relação ao óleo de peixe em *Acanthopagrus schlegeli*, os autores encontraram variação nos teores de lipídeos nos filés (0,98 a 1,18%), sendo o menor valor encontrado com 100% de óleo de peixe e o maior ocorreu com 80% de óleo de soja, corroborando com o presente trabalho, indicando que o óleo de soja influi positivamente na deposição lipídica intramuscular e ainda na diminuição da deposição de gordura intraperitoneal.

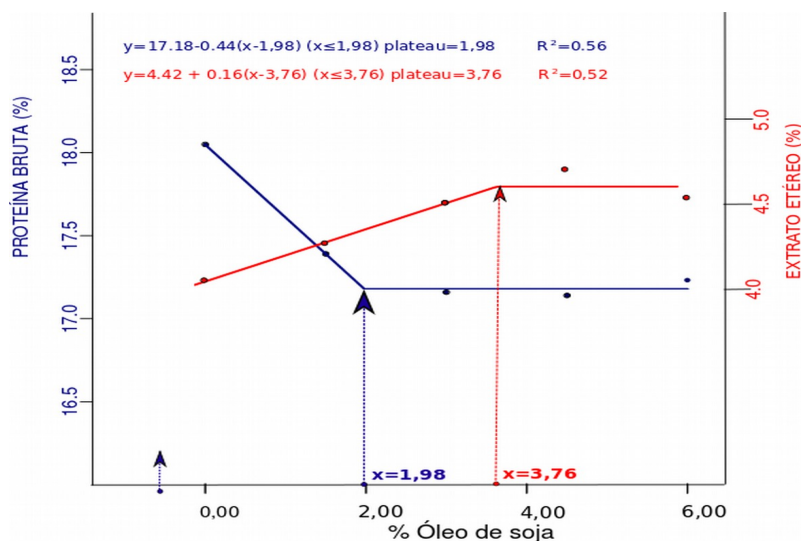


Figura 9: Efeito polinomial proteína bruta e extrato etéreo em função dos tratamentos

Os resultados deste trabalho corroboram com os autores supracitados, tendo a composição química dos filés, sendo influenciada pela dieta. Ocorrendo variação nos teores de proteína bruta e extrato etéreo comprovado pela maior deposição lipídica muscular, acompanhada de menores teores proteicos conforme os níveis de inclusão aumentaram, até atingir um plateau, conforme figura 9.

6. CONCLUSÃO

Conclui-se que dietas com teores entre 2,00 e 4,50% de inclusão óleo de soja,

possibilitam melhores rendimento de carcaça, ganho em peso diário, menor nível de Índice de Gordura visceral e índice hepatossomático, não influenciando na saúde dos animais e também aumentou a deposição de gordura intramuscular com consequente diminuição do teor de proteína.

7. REFERÊNCIAS

- ANACLETO, A. et al. **O declínio da pesca artesanal e a ostreicultura como alternativa econômica sustentável** CONGRESSO INTERNACIONAL DE ADMINISTRAÇÃO. **Anais...** Ponta Grossa, PR: 2007
- ANIDO, R. J. V. **Substituição do óleo de peixe por óleos vegetais em dietas para Jundiá (*Rhamdia quelen*); efeito no desempenho e no perfil de ácidos graxos da composição corporal**. Porto Alegre, RS: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2006.
- AOAC. **Official Methods of Analysis of AOAC International**. [s.l: s.n.]. p. CD-ROM
- ARAÚJO, D. DE M. et al. Hematologia de tilápias-do-nilo alimentadas com dietas com óleos vegetais e estimuladas pelo frio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 1, p. 294–302, 2011.
- ARAÚJO, J. DA C. et al. Influência dos ácidos graxos na expressão gênica de peixes. **Revista Eletronica de Veterinaria**, v. 13, n. 3, p. 1–29, 2013.
- ARSLAN, M. et al. Growth, body chemical composition and trypsin activity of South American catfish, surubim (*Pseudoplatystoma* sp.) juveniles fed different dietary protein and lipid levels. **Aquaculture Research**, v. 44, n. 5, p. 760–771, 19 abr. 2013.
- ATWOOD, H. L. et al. Low-temperature tolerance of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*: effects of environmental and dietary factors. **Aquaculture Research**, v. 34, n. 3, p. 241–251, fev. 2003.

- AZEVEDO, R. V. DE; TONINI, W. C. T.; BRAGA, L. G. T. Óleo E Torta De Dendê Em Rações Para Juvenis De Tilápia-Do-Nilo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 48, n. 8, p. 1028–1034, ago. 2013.
- BAHURMIZ, O. M.; NG, W.-K. Effects of dietary palm oil source on growth, tissue fatty acid composition and nutrient digestibility of red hybrid tilapia, *Oreochromis* sp., raised from stocking to marketable size. **Aquaculture**, v. 262, n. 2-4, p. 382–392, fev. 2007.
- BARILLI, D. J. et al. Incorporation of conjugated linoleic acid (CLA) and α -linolenic acid (LNA) in pacu fillets. **Food Science and Technology**, v. 34, n. 1, p. 74–81, mar. 2014.
- BAROILLER, J. F. et al. Tilapia sex determination: Where temperature and genetics meet. **Comparative biochemistry and physiology. Part A, Molecular & integrative physiology**, v. 153, n. 1, p. 30–8, maio 2009.
- BARROS, M. M. et al. Haematological response and growth performance of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) fed diets containing folic acid. **Aquaculture Research**, v. 40, n. 8, p. 895–903, maio 2009.
- BLIGH, E. G.; DYER, W. J. A rapid method of total lipid extraction and purification. **Can. J. Biochem. Physiol**, v. 37, p. 911–917, 1959.
- BOSCOLO, W. R. et al. Desempenho e características de carcaça de tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*) alimentadas com rações contendo diferentes níveis de gordura. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 26, n. 4, p. 443–447, 10 abr. 2004.
- BOSCOLO, W. R. et al. Energia digestível para larvas de tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*) na fase de reversão sexual. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, n. 6, p. 1813–1818, dez. 2005.
- BOSCOLO, W. R. et al. Energia digestível para alevinos de tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n. 3, p. 629–633, jun. 2006.
- 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*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n. 2, p. 539–545, 2002a.

- BOSCOLO, W. R.; HAYASHI, C.; MEURER, F. Farinha de Varredura de Mandioca (*Manihot esculenta*) na Alimentação de Alevinos de Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n. 2, p. 546–551, 2002b.
- CABALLERO, M. J. et al. Histological alterations in the liver of sea bream, *Sparus auratus* L., caused by short or long term feeding with vegetable oils as the sole lipid source. **Journal of Fish Diseases**, v. 27, p. 531–541, 2004.
- CAMARGO, S. G. O.; POUEY, J. L. O. F. Aquicultura - um mercado em expansão. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 11, n. 4, p. 393–396, 2005.
- CAULA, F. C. B.; OLIVEIRA, M. P. DE; MAIA, E. L. Teor de colesterol e composição centesimal de algumas espécies de peixes do estado do Ceará. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, n. 4, p. 959–963, dez. 2008.
- CINTI, D. L. et al. The fatty acid chain elongation system of mammalian endoplasmic reticulum. **Progress in Lipid Research**, v. 31, n. I, p. 1–51, 1992.
- CONTRERAS-GUZMÁN, E. S. **Bioquímica de Pescados e Derivados**. Jaboticabal, SP: FUNEP, 1994. p. 409
- CURI, R. et al. **Entendendo a gordura: os ácidos graxos**. 1^a. ed. São Paulo: Manole, 2001. p. 580
- DIANA, R. et al. A importância das vitaminas E, C e A na reprodução de peixes: revisão de literatura. **Rev. Bras. Reprod. Anim.**, v. 33, n. 1, p. 20–25, 2009.
- DONG, G.-F. et al. Conjugated linoleic acid differentially modulates growth, tissue lipid deposition, and gene expression involved in the lipid metabolism of grass carp. **Aquaculture**, v. 432, p. 181–191, ago. 2014.
- DU, Z.-Y. et al. Effect of dietary lipid level on growth, feed utilization and body composition by juvenile grass carp (*Ctenopharyngodon idella*). **Aquaculture Nutrition**, v. 11, n. 2, p. 139–146, abr. 2005.
- EL-SAYED, A.-F. M. Alternative dietary protein sources for farmed tilapia, *Oreochromis* spp. **Aquaculture**, v. 179, n. 1-4, p. 149–168, set. 1999.

- EL-SAYED, A.-F. M. **Tilapia Culture**. Wallingford: CABI, 2006. p. 293
- FAO FISHERIES AND AQUACULTURE DEPARTMENT. **The State of World Fisheries and Aquaculture 2014**. Rome: [s.n.]. p. 243
- FERREIRA, M. W. et al. Influence of Dietary Oil Sources on Muscle Composition and Plasma Lipoprotein Concentrations in Nile Tilapia, *Oreochromis niloticus*. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 42, n. 1, p. 24–33, 8 fev. 2011.
- FITZSIMMONS, K. **The most important aquaculture species of the 21st. Century**. Rio de Janeiro: Panorama da Aquicultura. **Anais...**Rio de Janeiro, RJ: 2000
- FONSECA-MADRIGAL, J. et al. Influence of dietary palm oil on growth, tissue fatty acid compositions, and fatty acid metabolism in liver and intestine in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Aquaculture Nutrition**, v. 11, n. 4, p. 241–250, ago. 2005.
- GALLI, L. F.; TORLONI, C. E. C. **Criação de Peixes**. 3^a. ed. São Paulo: Nobel, 1986. p. 118
- GAO, W. et al. Effect of dietary carbohydrate-to-lipid ratios on growth performance, body composition, nutrient utilization and hepatic enzymes activities of herbivorous grass carp (*Ctenopharyngodon idella*). **Aquaculture Nutrition**, v. 16, n. 3, p. 327–333, 15 jun. 2009.
- GONÇALVES, G. S. et al. Níveis de proteína digestível e energia digestível em dietas para tilápias-do-nilo formuladas com base no conceito de proteína ideal. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 12, p. 2289–2298, dez. 2009.
- GRAEFF, Á.; TOMAZELLI, A. Fontes e níveis de óleos na alimentação de carpa comum (*Cyprinus carpio* L.) na fase de crescimento. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 31, n. 5, p. 1545–1551, out. 2007.
- HIGUCHI, L. H. et al. Desempenho de alevinos de tilápia-do-nilo alimentados com dietas contendo diferentes óleos vegetais. **R. bras. Ci. Vet.**, v. 19, n. 3, p. 167–171, 2012.
- HIGUCHI, L. H. et al. Quantificação de ácidos graxos de alevinos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) alimentados com diferentes fontes de óleos vegetais. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 34, n. 4, p. 1913–1924, 30 ago. 2013.

- KENNEDY, A. et al. Antiobesity mechanisms of action of conjugated linoleic acid. **The Journal of nutritional biochemistry**, v. 21, n. 3, p. 171–9, mar. 2010.
- KUBITZA, F. **Qualidade da água na produção de peixes**. Jundiaí: CIP – USP Editora, 1999. p. 97
- LANNA, E. A. T. et al. Fibra bruta e óleo em dietas práticas para alevinos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, n. 6, p. 2177–2185, dez. 2004.
- LEHNINGER, A. L.; NELSON, D. L.; COX, M. M. **Principles of biochemistry**. 4. ed. New York: Freeman, W. H. & Company, 2004. p. 1100
- LEONHARDT, J. H. **Efeito da reversão sexual em tilápia do nilo**,. Jaboticabal, São Paulo, Brasil: Universidade Estadual Paulista, 1997.
- LOGATO, P. V. R. **Nutrição e Alimentação de Peixes de Água Doce**. Viçosa, MG: Aprenda Fácil Editora, 2000. p. 128
- MAIA, E. L.; RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Fatty acid composition of the total, neutral and phospholipids of the Brazilian freshwater fish *Colossoma macropomum*. **Food Science and Human Nutrition**, 1992.
- MAKOL, A. et al. Effect of conjugated linoleic acid on dietary lipids utilization, liver morphology and selected immune parameters in sea bass juveniles (*Dicentrarchus labrax*). **Comparative biochemistry and physiology. Part B, Biochemistry & molecular biology**, v. 154, n. 2, p. 179–87, out. 2009.
- MANDARINO, J. M. G.; ROESSING, A. C. **Tecnologia para produção do óleo de soja: descrição das etapas, equipamentos, produtos e subprodutos**. 1ª Edição ed. Londrina, PR, Brasil: Embrapa Soja, 2001. p. 40
- MARTIN, C. A. et al. Ácidos graxos poliinsaturados ômega-3 e ômega-6: importância e ocorrência em alimentos. **Revista de Nutrição**, v. 19, n. 6, p. 761–770, dez. 2006.
- MARTINEZ, F. J. et al. Blood Parameters in Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*): Simultaneous Influence of Various Factors. v. 107, n. 1, p. 95–100, 1994.

- MELO, J. et al. Efeitos das aflatoxinas sobre os parâmetros eritrocitários de alevinos de jundiá (*Rhamdia quelen*). **Rev Ciên Agroambiental**, v. 1, n. 1, p. 1–13, 2006.
- MENOYO, D. et al. Growth, digestibility and fatty acid utilization in large Atlantic salmon (*Salmo salar*) fed varying levels of n-3 and saturated fatty acids. **Aquaculture**, v. 225, p. 295–307, 2003.
- MEURER, F. et al. Lipídeos na Alimentação de Alevinos Revertidos de Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*,). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n. 2, p. 566–573, 2002.
- MEURER, F.; HAYASHI, C.; BOSCOLO, W. R. Digestibilidade aparente de alguns alimentos protéicos pela tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, n. 6, p. 1801–1809, dez. 2003.
- MOREIRA, A. Fatty Acids Profile and Cholesterol Contents of Three Brazilian Brycon Freshwater Fishes. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 14, n. 6, p. 565–574, dez. 2001.
- MPA. **Boletim estatístico da pesca e aquicultura**. Brasília: Ministério da Pesca e Aquicultura (MPA), 2011. p. 60
- NAKATANI, K. et al. **Ovos e larvas de peixes de água doce: desenvolvimento e manual de identificação**. Maringá: EDUEM, 2001. p. 378
- NAYLOR, R. L. et al. Effect of aquaculture on world fish supplies. **Nature**, v. 405, n. 6790, p. 1017–24, 29 jun. 2000.
- NEU, D. H. et al. Glycerol inclusion in the diet of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) juveniles. **Aquaculture Nutrition**, v. 19, n. 2, p. 211–217, 9 abr. 2013.
- NIELSEN, N. S. et al. Effect of structured lipids based on fish oil on the growth and fatty acid composition in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Aquaculture**, v. 250, n. 1-2, p. 411–423, nov. 2005.
- NRC. **Nutrient Requirements of Fish and Shrimp**. Washington, DC: The National Academies Press, 2011. p. 376
- OGAWA, M.; MAIA, E. L. **Manual da Pesca Ciência e tecnologia do pescado**. São Paulo:

- Varela, 1999. p. 464
- OKAMURA, D. et al. Influência da concentração de benzocaína e do comprimento dos peixes na anestesia e na recuperação de tilápias-do-nilo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, n. 5, p. 971–976, maio 2010.
- OLIVEIRA, N. DE M. S. et al. **Perfil de ácidos graxos em filés de tilápia (*Oreochromis niloticus*) submetidos a tratamentos de sanificação** XIX CBCTA, Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos. **Anais...**Recife, PE: 2004
- OSTRENSKY, A.; BORGHETTI, J. R.; SOTO, D. **Aquicultura no Brasil: O desafio é crescer**. Brasília: Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO), 2008. p. 276
- PENG, S. et al. Effects of replacement of dietary fish oil by soybean oil on growth performance and liver biochemical composition in juvenile black seabream, *Acanthopagrus schlegeli*. **Aquaculture**, v. 276, n. 1-4, p. 154–161, abr. 2008.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org/>.R 2013.
- RANZANI-PAIVA, M. J. T. **2o Simpósio de Nutrição e Saúde de Peixes**. Botucatu, Universidade Estadual Paulista, , 2007.
- RIBEIRO, P. A. P. et al. Nutrição lipídica para peixes. **Revista Eletrônica Nutritime**, v. 4, n. 2, p. 436–455, 2007.
- RIBEIRO, P. A. P. et al. Efeito do uso de óleo na dieta sobre a lipogênese e o perfil lipídico de tilápias-do-nilo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n. 8, p. 1331–1337, ago. 2008.
- ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; DONZELE, J. L. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2000. p. 141
- SALEM, N. J. Introduction to polyunsaturated fatty acids. **Background**, v. 3, n. 1, p. 1–8, 1999.

- SANTOS, L. D. DOS et al. Ácido linoléico conjugado (CLA) em dietas para tilápia-do-nilo: desempenho produtivo, composição química e perfil de ácidos graxos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, n. 5, p. 1481–1488, out. 2007.
- SENS, D. R. **Efeitos do Triclorfom no Crescimento e Parâmetros Hematológicos de Tambaquis (*Colossoma macropomum*)**. Araguaína, TO: Universidade Federal do Tocantins, 2009.
- SHIAU, S. Y. Tilapia, *Oreochromis* spp. In: C.D. WEBSTER & C.E. (Ed.). . **Nutrient Requirements and Feeding of Finfish for Aquaculture**. Oxfordshire: CABI Publishing, 2002. p. 273–292.
- SILVA, J. R. DA. **Análise Da Viabilidade Econômica Da Produção De Peixes Em Tanques-Rede No Reservatório De Itaipu**. Santa Maria, RS: Universidade Federal de Santa Maria, 2008.
- SIMOPOULOS, A P. Evolutionary aspects of diet, the omega-6/omega-3 ratio and genetic variation: nutritional implications for chronic diseases. **Biomedicine & pharmacotherapy = Biomédecine & pharmacothérapie**, v. 60, n. 9, p. 502–7, nov. 2006.
- STEFFENS, W. **Principios fundamentales de la alimentación de los peces**. Zaragoza: Acribia, 1987. p. 275
- STEFFENS, W. Effects of variation in essential fatty acids in fish feeds on nutritive value of freshwater fish for humans. **Aquaculture**, v. 151, p. 97–119, 1997.
- STICKNEY, R. R.; MC GEACHIN, R. B. **Effects of dietary lipid quality on growth and food conversion of tilapia** Annual Conference Southeastern Association of Fish and Wildlife Agencies. **Anais...**Amsterdam: 1983
- STREIT, D. P. et al. **Perspectivas atuais da aquicultura marinha no Brasil**. Disponível em: <http://www.urutagua.uem.br/04zoo_streit.htm>.
- SUBHADRA, B. et al. Effect of dietary lipid source on the growth, tissue composition and hematological parameters of largemouth bass (*Micropterus salmoides*). **Aquaculture**, v. 255, n. 1-4, p. 210–222, maio 2006.

- TAVARES-DIAS, M.; MORAIS, F. R. Características hematológicas da Tilápia *rentalli* Boulenger, 1896 (*Osteichthyes: cichlidae*) capturada em “pesque-pague” de Franca, São Paulo, Brasil. **Rev. Veterinária**, v. 19, n. 1, p. 107–114, 2003.
- TOCHER, D. R. Metabolism and Functions of Lipids and Fatty Acids in Teleost Fish. **Reviews in Fisheries Science**, v. 11, n. 2, p. 107–184, 2003.
- TODORCEVIĆ, M. et al. Changes in fatty acids metabolism during differentiation of Atlantic salmon preadipocytes; effects of n-3 and n-9 fatty acids. **Biochimica et biophysica acta**, v. 1781, n. 6-7, p. 326–35, 2008.
- VISENTAINER, J.; SALDANHA, T. Relação entre teores de colesterol em filés de tilápias e níveis de óleo de linhaça na ração. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 25, n. 2, p. 310–314, 2005.
- WEISS, D.; WARDROP, K. **Schalm's veterinary hematology**. Ames: Blackwell Publishing Ltd, 2010. p. 1232
- WILSON, R. P. State of art of warmwater fish nutrition. **AQUICULTURA BRASIL** 98, v. 1, p. 375–380, 1998.
- YONEYAMA, Y. et al. Wireless biosensor system for real-time cholesterol monitoring in fish “Nile tilapia”. **Talanta**, v. 80, n. 2, p. 909–15, 15 dez. 2009.
- ZANARDI, M. **FONTES DE LIPÍDIOS NA REPRODUÇÃO E LARVICULTURA DE TILÁPIA-DO-NILO**. Jaboticabal, São Paulo, Brasil: Universidade Estadual Paulista, 2011.
- ZHENG, X. et al. Characterization and comparison of fatty acyl Delta6 desaturase cDNAs from freshwater and marine teleost fish species. **Comparative biochemistry and physiology. Part B, Biochemistry & molecular biology**, v. 139, n. 2, p. 269–79, out. 2004.