



QUALIDADE NUTRICIONAL DOS LIPÍDIOS DE TILÁPIAS (*Oreochromis niloticus*) ALIMENTADAS COM RAÇÃO SUPLEMENTADA COM ÓLEO DE SOJA

Ivane Benedetti TONIAL*
Claudia Eugênia Castro BRAVO*
Nilson Evelázio de SOUZA**
Makoto MATSUSHITA**
Wilson Massamitu FURUYA**
Jesuí Vergílio VISENTAINER**

■RESUMO: O presente estudo foi realizado com o objetivo de avaliar a qualidade nutricional dos lipídios totais, a composição em ácidos graxos e quantificação de ácidos graxos ômega-3 e ômega-6 em filés de tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*), alimentadas com dietas suplementadas com 7% de óleo de soja por um período de noventa dias. Os resultados mostraram que durante o período de confinamento os peixes armazenaram alto teor de gordura, refletindo num alto percentual lipídico. Com relação ao perfil de ácidos graxos, apresentou considerável índice de ácidos graxos poliinsaturados em especial os da série ômega-6, como os ácidos linoleico e araquidônico. Na composição quantitativa, os ácidos LA e AA também apresentaram altos valores, representando a transferência destes ácidos através da alimentação. Os índices de qualidade nutricional: índice de aterogenicidade e índice de trombogenicidade reduziram, enquanto que as razões entre ácidos graxos hipocolesterolêmicos e hipercolesterolêmicos aumentaram ao longo do tempo de confinamento. Através dos resultados, pode-se inferir que no decorrer do tratamento o ganho de peso das tilápias do Nilo submetidas ao tratamento foram satisfatórios. Observou-se também que as mesmas incorporaram ácidos graxos essenciais, bem como aumento na razão entre ácidos graxos hipocolesterolêmicos e hipercolesterolêmicos conferindo ao alimento características nutricionalmente saudáveis.

■PALAVRAS-CHAVE: Qualidade nutricional; lipídios; saúde.

INTRODUÇÃO

Pescados são alimentos de alto valor nutricional, de fácil digestão, fontes de proteínas, minerais e vitaminas, além de ser fonte de ácidos graxos essenciais,¹⁶ por isso, seu consumo está associado com a diminuição dos riscos de doenças cardiovasculares, câncer e artrite.^{25, 28}

A tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) é bastante apreciada por piscicultores do mundo todo por apresentar características que lhes são particulares, como a prolificidade e rusticidade além de apresentar um bom índice de crescimento e alta resistência às doenças. Além disso, aceita muito bem alimentos artificiais (ração), resultando num desenvolvimento satisfatório.^{5, 27}

Para peixes de água doce, a ração é a principal fonte de alimento utilizada nos cultivos. Dentre os componentes presentes na ração, os lipídios são considerados importantes fontes de energia que podem influenciar significativamente no crescimento e conversão alimentar.^{49, 56}

As tilápias não utilizam eficientemente o lipídio como fonte de energia,¹⁴ também não utilizam a energia suplementar proveniente do lipídio (acima de 5% na ração), para o crescimento,^{10, 33} aumentando, desta forma, a deposição de gordura corporal. Por outro lado, na alimentação para peixes de clima quente, é indicada a inclusão de lipídico entre 5 a 10%.⁵⁶ No entanto, pesquisadores Chou & Shiau,¹⁰ encontraram o valor de 12% de lipídios na ração como nível de melhor ganho de peso para tilápias híbridas juvenis.

Os óleos de origem vegetal são boas fontes de energia para peixes de clima tropical.⁵⁵ Hayashi et al.,²⁰ concluíram que os óleos de soja, canola, girassol, arroz, milho e linhaça, proporcionaram bom desempenho energético para alevinos de tilápia do Nilo contribuindo para o seu desenvolvimento.

Segundo a ANVISA,⁸ o óleo de soja apresenta 19 a 30% de ácido oleico (18:1n-9), 44 a 62% de ácido linoleico (LA, 18:2n-6), principal representante da série de ácidos graxos ômega-6 (n-6) e 4 a 11% de ácido linolênico (LNA, 18:3n-3), principal representante da série ômega-3 (n-3). Os ácidos graxos LA e LNA são considerados essenciais, uma vez que não são produzidos pelos organismos animais.

Particularmente, os peixes de água doce apresentam enzimas capazes de dessaturar e alongar os ácidos LA (precursor da série n-6) e LNA (precursor da série n-3),

* Universidade Tecnológica Federal do Paraná – 85601-970 – Francisco Beltrão – PR – Brasil. E-mail: ivane@utfpr.edu.br.

** Universidade Estadual de Maringá – 87020-900 – Maringá – PR – Brasil.

em outros ácidos graxos. Portanto, ministrando para estes peixes alimentos com o LA, serão produzidos outros ácidos graxos da série n-6, como o ácido araquidônico (AA 20:4 n-6).⁵³

O ácido LA, ômega-6 (n-6) é precursor do ácido araquidônico (AA, 20:4n-6), um ácido graxo importante no crescimento fetal,⁶ controle da pressão sanguínea e controle da agregação plaquetária.⁴⁴

O ácido LNA é o precursor dos ácidos graxos poliinsaturados ômega 3 (n-3) como o ácido eicosapentaenoico (EPA, 20:5n-3) e docosaenoico (DHA, 22:6n-3), que estão diretamente envolvidos na redução de fatores de risco associados a doenças cardiovasculares, psoríase, depressão e diabetes.^{17, 32, 41, 54}

Desta forma, o presente estudo foi realizado com o objetivo de avaliar a qualidade nutricional dos lipídios totais, a composição em ácidos graxos e quantificação de ácidos graxos ômega-3 e 6 em filés de tilápias (*Oreochromis niloticus*) alimentadas com dieta suplementada com óleo de soja.

MATERIAL E MÉTODOS

Amostragem

O experimento foi realizado na Fazenda 4 Irmãos, no Distrito de Rancho Alegre, município de Guaíra-PR, em tanque escavado de 4.800m², e profundidade média de 1,2m. Foi utilizada uma gaiola metálica de 1m³, sendo distribuídas 100 tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*), com peso inicial médio de 151 ±38g. As tilápias do Nilo foram alimentadas duas vezes por dia (8h e 17h), sete dias por semana. O grupo de tilápias do Nilo recebeu ração suplementada com óleo de soja, na proporção de 7%. A ração utilizada neste estudo foi preparada em balde de 10 litros, aspergindo e homogeneizando óleo de soja sobre a ração comercial (elaborada com base em milho e farelo de soja como principais fontes proteicas e energéticas).

A composição em ingredientes da ração comercial extrusada, de diâmetro médio de 8mm (descrita no rótulo),

dos ingredientes adicionados (óleo de soja) e a composição centesimal da ração utilizada no tratamento são mostradas na Tabela 1.

Foram coletadas sete tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*) a cada 15 dias até o período 90 dias, iniciando-se no tempo zero (antes de iniciar o tratamento).

A cada coleta as tilápias do Nilo foram abatidas, evisceradas, filetadas, acondicionadas em atmosfera de nitrogênio e congeladas a -18°C, até o início das análises.

Para dar início às análises, as tilápias foram descongeladas até a temperatura ambiente e em seguida, trituradas em multiprocessador de alimentos e devidamente homogeneizadas. Todas as análises químicas foram realizadas em triplicata.

Umidade, Cinzas, Proteínas e Lipídios Totais

As análises de umidade, cinzas e proteína bruta foram realizadas conforme a metodologia oficial da AOAC.³ Na extração dos lipídios totais, foi empregado o método de Bligh & Dyer.⁷ A preparação de ésteres metílicos de ácidos graxos foi efetuada conforme método proposto por Joseph & Ackman,²³ utilizando BF₃/metanol como agente esterificante.

Análise Cromatográfica dos Ésteres Metílicos

Os ésteres metílicos de ácidos graxos (EMAG) foram separados utilizando um cromatógrafo gasoso 14-A (Shimadzu, Japão), equipado com detector de ionização de chama e coluna capilar de sílica fundida CP Sil-88 (100m, 0,25mm e 0,25µm de cianopropil polisiloxano). A temperatura da coluna foi de 165°C por 15 minutos, sendo então elevada para 225°C a uma taxa de 15°C/min, permanecendo nesta temperatura por 10 minutos. As temperaturas do injetor e detector foram 220°C e 230°C, respectivamente. Os fluxos dos gases (White Martins) foram de 1,2mL/min para o gás de arraste (H₂); 30mL/min para o gás auxiliar (N₂) e 30mL/min e 300mL/min para o H₂ e para o ar sintético da chama, respectivamente. A razão de divisão da amostra (split) foi de 1/100. As injeções foram realizadas em seis replicatas e o volume de injeção foi de 1,5µL. As áreas de

Tabela 1 – Composição em ingredientes básicos, ingredientes adicionados e análises químicas da ração utilizada no experimento.

Ingredientes Básicos*	Ração	Composição Centesimal	Ração
Fibra Bruta (%)	3,2	Umidade (%)	9,98 ± 0,09
Fósforo (%)	1,2	Cinzas (%)	8,44 ± 0,34
Cálcio (%)	1,8	Proteína (%)	27,04 ± 0,55
Carboidratos (%)	40,0	Lipídios Totais (%)	8,18 ± 0,48
Energia (kcal/kg)**	2.800		
I. A. Óleo de soja (%)***	7,0		

*Ingredientes básicos (descritos no rótulo); **Energia: kcal de energia digestível/kg de ração; ***IA: Ingrediente Adicionado.

picos foram determinadas utilizando-se um Integrador-Processador CG-300 (CG Instrumentos Científicos, Brasil). A identificação de ácidos graxos foi baseada na comparação dos tempos de retenção relativo dos picos de (EMAG) de amostras com padrões de ésteres metílicos de ácidos graxos (Sigma), por co-eluição e valores do comprimento equivalente de cadeia (CEC).

Quantificação dos Ácidos Graxos LNA, EPA, DHA, LA e AA

A quantificação dos ácidos Linolênico (LNA, 18:3n-3), Eicosapentaenoico (EPA, 20:5n-3), Docosaexaenoico (DHA, 22:6n-3), Linoleico (LA, 18:2n-6) e Araquidônico (AA, 20:4n-6), em mg/g de lipídios totais, foi efetuada em relação ao padrão interno, tricosanoato de metila (23:0). Antes da análise cromatográfica, foi adicionado 500µL da solução do padrão interno (0,1mg/mL) em todas as amostras, e o solvente foi evaporado sob fluxo de N₂.

A quantificação dos ácidos graxos foi realizada após a verificação da concordância entre os fatores de resposta teórico e experimental. Os cálculos da concentração dos ácidos graxos foram realizados de acordo com a metodologia proposta por Joseph & Ackman,²³ conforme a equação:

$$M_X = \frac{A_X \times M_P \times F_{CT}}{A_P \times F_{CEA} \times M_A}$$

Onde:

A_X: Área dos ésteres metílicos de ácidos graxos (LNA, EPA, DHA, LA, AA);

A_P: Área do padrão interno (23:0);

M_P: Massa do padrão interno adicionado à amostra (em miligramas);

M_A: Massa da amostra de lipídios totais (em gramas);

F_{CT}: Fator de correção teórico (detector) dos ácidos LNA, EPA, DHA, LA, AA;

F_{CEA}: fator de conversão éster metílico para ácido graxo (expressa os resultados em mg de ácido graxo/g de lipídios totais).

A Tabela 2 mostra os fatores de correção teóricos e os fatores de conversão de éster metílicos para ácidos graxos LNA, EPA, DHA, LA e AA.

Índices da Qualidade Nutricional dos Lipídios (IQN)

Utilizando o perfil lipídico, foi determinada a qualidade nutricional da fração lipídica da tilápia do Nilo

(*Oreochromis niloticus*) submetida à dieta suplementada com 7% óleo de soja através de três índices: de aterogenicidade (IA), trombogenicidade (IT) e razão entre ácidos graxos hipocolesterolêmicos e hipercolesterolêmicos (HH). Para tal avaliação foram utilizados os seguintes cálculos:

a) Índice de Aterogenicidade⁵²

$$(IA) = [(C12:0 + 4xC14:0 + C16:0)] / [\Sigma AGMI + \Sigma n-6 + \Sigma n-3]$$

b) Índice de Trombogenicidade⁵²

$$(IT) = (C14:0 + C16:0 + C18:0) / [(0,5x\Sigma AGMI) + (0,5x\Sigma n-6) + (3x\Sigma n-3) + (\Sigma n-3/n-6)]$$

c) Razões entre Ácidos Graxos Hipocolesterolêmicos/Hipercolesterolêmicos⁴³

$$(HH) = (C18:1n-9 + C18:2n-6 + C20:4n-6 + C18:3n-3 + C20:5n-3 + C22:5n-3 + C22:6n-6) / (C14:0 + C16:0)$$

Análise Estatística

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA), a 5% de probabilidade, e as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey, utilizando o software Statistica, versão 5.0.⁴⁸

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Composição de Ácidos Graxos da Ração

A composição percentual de ácidos graxos, somatório e razões de ácidos graxos presentes na ração utilizada no experimento são mostrados na Tabela 3.

Os ácidos graxos majoritários identificados na ração foram os ácidos linoleico (44,16%), oleico (26,05%) e palmítico (14,67%). Elevados valores de n-6 e razões n-6/n-3 foram encontrados, indicando uma forte influência da suplementação da ração com 7% de óleo de soja.

Peso dos Peixes, Lipídios Totais, Umidade, Cinzas e Proteínas dos Filés de Tilápias

A Tabela 4 apresenta o peso dos peixes e a composição percentual de umidade, cinzas, proteínas e lipídios totais dos filés de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) alimentadas com a ração suplementada com 7% de óleo de soja.

Os percentuais de umidade variaram de 71,84 a 79,23%, cinzas de 1,53 a 1,70%, proteínas de 16,21 a 16,61% e lipídios totais de 2,33 a 9,88%. Os valores de

Tabela 2 – Fatores de correção teóricos e fatores de conversão de ésteres metílicos para ácidos graxos do LNA, EPA, DHA, LA e AA.

Fatores	LNA	EPA	DHA	LA	AA
F _{CT}	1,014	0,987	0,971	1,021	0,994
F _{CEA}	1,050	1,044	1,044	1,052	1,048

F_{CT}: Fator de correção teórico (detector); **F_{CEA}**: fator de conversão ésteres metílicos para ácidos graxos; **LNA**: ácido alfa-linolênico; **EPA**: ácido eicosapentaenoico; **DHA**: ácido docosaexaenoico; **LA**: ácido linoleico; **AA**: ácido araquidônico.

Tabela 3 – Composição percentual, somatórios e razões de ácidos graxos da ração utilizada no experimento.

Ácidos Graxos	Ração (7,0%Óleo de Soja) (Porcentagem ± d.p)	Ácidos Graxos	Ração (7,0%Óleo de Soja) (Porcentagem ± d.p)
14:0	0,51 ± 0,02	18:3n-3	3,27 ± 0,02
14:1n-5	Nd	20:4n-6	0,26 ± 0,01
15:0	0,11 ± 0,01	20:5n-3	Nd
16:0	14,67 ± 0,14	22:4n-6	0,62 ± 0,10
16:1n-7	0,11 ± 0,01		
17:0	0,25 ± 0,02	Somatórios	(Porcentagem ± d.p)
17:1n-7	0,13 ± 0,01	AGS	22,33 ± 0,14
18:0	6,46 ± 0,04	AGMI	28,89 ± 0,17
18:1n-11	0,52 ± 0,02	AGPI	48,56 ± 0,06
18:1n-9	26,05 ± 0,14	Trans	0,22 ± 0,10
18:1n-7	2,08 ± 0,10	n-6	45,29 ± 0,06
18:2n-6	44,16 ± 0,06	n-3	3,27 ± 0,02
t,t-18:2n-6	0,22 ± 0,01	Razões	
18:3n-6	0,25 ± 0,01	AGPI/AGS	2,17 ± 0,01
19:0	0,33 ± 0,01	n-6/n-3	13,85 ± 0,09

Os resultados são médias de seis repetições expressas em porcentagem de área relativa. Abreviaturas: **AGS**: ácidos graxos saturados; **AGMI**: ácidos graxos monoinsaturados; **AGPI**: ácidos graxos polinsaturados (insaturação igual ≥2); **n-6**: ácidos graxos ômega-6; **n-3**: ácidos graxos ômega-3; **Trans**: ácidos graxos *trans*; **AGPI/AGS**: razões entre ácidos graxos polinsaturados/saturados; **n-6/n-3**: razões entre ácidos graxos ômega-6/ômega-3.

Tabela 4 – Peso e composição química dos filés de tilápia submetidas ao tratamento com a ração suplementada com óleo de soja.

Composição	Ração I (Óleo de Soja) – Tempo em número de dias						
	0 dia	15 dias	30 dias	45 dias	60 dias	75 dias	90 dias
Peso (g)	151±34 ^a	360±36 ^b	470±55 ^c	540±44 ^d	670±55 ^e	800±41 ^f	975±87 ^g
Umidade (%)	79,23±0,26 ^a	77,43±0,47 ^b	75,53±0,37 ^c	72,94±0,44 ^d	72,01±0,27 ^d	71,88±0,26 ^d	71,84±0,62 ^d
Cinzas (%)	1,70±0,13	1,59±0,10	1,58±0,06	1,53±0,05	1,59±0,09	1,57±0,15	1,53±0,12
Proteína (%)	16,55±0,33	16,21±0,48	16,31±0,41	16,27±0,42	16,58±0,30	16,61±0,13	16,58±0,30
LT (%)	2,33±0,24 ^a	4,68±0,29 ^b	6,48±0,47 ^c	9,12±0,69 ^d	9,68±0,37 ^d	9,75±0,64 ^d	9,88±0,48 ^d

Os resultados são médias com estimativas dos desvios padrão. Letras diferentes na mesma linha indicam diferenças significativas ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey. **LT**: Lipídios Totais.

umidade e lipídios totais apresentaram diferença significativa ($p < 0,05$) até o 45º dia de tratamento, enquanto que os valores de cinzas e proteínas não apresentaram diferenças significativas ($p > 0,05$) ao longo do tempo. Souza et al.⁴⁷ e Visentainer,⁵³ trabalhando com filés de tilápia, obtiveram valores de 76,8% e 77,91%, respectivamente, para umidade. Justi et al.²⁴ e Souza et al.⁴⁷ encontraram em filés de tilápia, valores de 1,36 e 1,04% para cinza, respectivamente.

De acordo com Contreras-Guzman,¹¹ o teor de cinzas de peixes de água doce apresenta variações em quantidades que vão desde 0,90 a 3,39%. Justi et al.²⁴ e Izquierdo et al.²² obtiveram valores superiores de 18,72 e 18,0% para proteínas, respectivamente. A diferença nos valores de umidade, cinzas e proteínas encontrados em comparação com os demais autores citados pode ser decorrente de certos fatores como a idade, sexo, época do ano, habitat além da dieta.

Com relação aos teores de lipídios totais, o percentual referente ao tempo zero (2,33%) é igual ao valor

por Souza et al.⁴⁷ de (2,3%) e semelhante ao valor encontrado por Izquierdo et al.²² de (2,2%). Ao longo do tempo de tratamento, percebe-se que os percentuais lipídicos aumentaram gradativamente apresentando valores superiores aos citados a partir do tempo de 15 dias. Este aumento está possivelmente relacionado com o tempo de confinamento, dieta e idade do peixe.

De acordo com Ogawa & Maia³⁷ o músculo do pescado pode conter de 60 a 85% de umidade, aproximadamente 20% de proteína, de 1 a 2% de cinza, de 0,3 a 1,0% de carboidrato e de 0,6 a 36% de lipídios.

Destaca-se, neste experimento, o elevado peso e idade dos peixes no tratamento com ração suplementada com 7% de óleo de soja, apresentando ao término do tratamento peso de aproximadamente 975g, o que representa um ganho em peso diário de aproximadamente 9,1g. Este fator pode ser considerado positivo, pois, reduz o tempo de confinamento dos peixes e contribui para economia do produtor. Segundo Nogueira,³⁶ o tempo de cultivo varia entre

110 e 120 dias, período em que os peixes alcançam um peso médio de 700 gramas. Neste experimento as tilápias atingiram uma média de 975g num período de 90 dias.

Os lipídios utilizados na alimentação de peixes representam uma fonte rica de energia e refletem nos lipídios incorporados nos tecidos dos peixes, que provém do conteúdo lipídico encontrado nos alimentos ingeridos.³⁸ Neste sentido, observa-se que por estarem confinadas e recebendo rações enriquecidas com óleo de soja (8,18% de lipídios totais), as tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*) armazenaram ao longo do tratamento alto teor de gordura.

Ackman¹ classificou peixes em quatro categorias de acordo com o conteúdo lipídico: magros (menos de 2% de gordura), de baixo teor (2 a 4%), mediamente gordos (4 a 8%) e altamente gordos com mais de 8% de gordura.

No decorrer deste experimento, as tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*) passaram de baixo teor de gordura (início do experimento, com 2,33% de gordura) a altamente gordas (final do experimento com 9,88% de gordura). Este acúmulo de gordura no tecido muscular pode estar relacionado à maior atividade de enzimas lipogênicas, favorecida pela composição em ácidos graxos dos lipídios presentes na dieta, situação que proporciona um processo lipogênico mais acentuado e explica a maior deposição lipídica desses peixes.⁴⁰

Composição de Ácidos Graxos dos Lipídios Totais dos Filés de Tilápia

A composição em ácidos graxos, os somatórios de ácidos graxos poliinsaturados (AGPI), monoinsaturados (AGMI) e saturados (AGS); e as razões entre AGPI/AGS e n-6/n-3, encontrados nos filés de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) submetidas ao tratamento, são apresentados na Tabela 5.

A influência da dieta na composição de ácidos graxos dos peixes é um fato já estabelecido,³⁵ deste modo, variações nas concentrações de ácidos graxos poliinsaturados foram nitidamente percebidas durante o tratamento.

Observa-se (Tabela 5) que com o fornecimento da ração houve aumento no percentual de ácidos graxos ômega-6, assim, o ácido linoleico (LA-18:2n-6) apresentou teores que variaram de 8,75% a 13,52%, para 0 (zero) e 90 dias, respectivamente, não apresentando diferença significativa ($p > 0,05$) a partir do 45º dia de tratamento. Os valores de ácido araquidônico (AA – 20:4n-6) variaram de 1,88% no início a 2,50% aos 90 dias de tratamento, apresentando diferença significativa ($p < 0,05$) até o período de 45 dias. O AA é um precursor específico de eicosanoides (tromboxanos, leucotrienos e prostaglandinas), que apresentam funções de mediar processos fisiológicos,^{18,26} tais como; a contração de músculos lisos, inflamação, percepção da dor¹⁹ e a regulação do fluxo sanguíneo.⁹

Os somatórios de (AGPI) em tecido muscular das tilápias do Nilo variaram de 15,49% a 21,13%, para zero e 90 dias, respectivamente.

Os AGS variaram de 39,65 a 34,11%, para zero e 90 dias, respectivamente, mantendo-se em ordem decrescente no decorrer do tempo. Valores superiores foram encontrados por Maia,²⁹ 41,00%. Valores próximos (33,63 a 38,83%), para outras espécies, como as do gênero *Brycon*, por exemplo, foram reportadas por Moreira et al.³⁴

Do ponto de vista nutricional, a ingestão de ácidos graxos saturados aumenta o nível de colesterol sérico em humanos.¹⁵ Entretanto, os níveis de colesterol total no plasma diminuem quando a ingestão de ácidos graxos saturados é substituída por monoinsaturados.¹³

Os valores das razões de AGPI/AGS, em tilápias alimentadas com a ração suplementada com óleo de soja neste experimento, variaram de 0,39 a 0,62, com diferença significativa ($p < 0,05$) ao longo do período, exceto entre os períodos de 45 e 60 dias. Moreira et al.,³⁴ e Maia et al.,³¹ encontraram razão de 0,37 para matrinxã (tanque) e pacu (tanque), respectivamente, e Maia & Rodriguez-Amaya³⁰ encontraram 0,3 para tambaqui (tanque), todos alimentados com ração comercial. De acordo com *Department of Health and Social Security*¹² as dietas que apresentam razão AGPI/AGS superior a 0,45 são consideradas saudáveis sob o ponto de vista nutricional para humanos.

Os AGMI apresentaram uma variação de 42,84% a 44,68%, não apresentando diferenças significativas ($p < 0,05$) entre os tempos de zero, 15, 30, 75 e 90 dias. Os períodos de 45 e 60 também não apresentaram diferença significativa quando se compara os resultados entre si, porém, quando se relaciona aos demais períodos, as diferenças estatísticas são percebidas.

O total de ácidos graxos n-6 e n-3 variaram de n-6: 13,75 a 19,72% e n-3: 1,74 a 1,41%. Estes somatórios não apresentaram diferenças significativas ($p > 0,05$) a partir de 45 dias de tratamento.

As razões n-6/n-3 encontradas neste trabalho apresentaram variações de 7,90 a 13,98, para tilápias alimentadas com a ração suplementada com óleo de soja. Moreira et al.³⁴ encontrou valores de 8,79 para matrinxã (*Brycon sp*), Maia et al.³¹ encontraram razão de 14,1 para pacu (*Piaractus mesopotamicus*) e Maia & Rodriguez-Amaya³⁰ encontraram 9,8 para tambaqui (*Colossoma macropomum*). Simopoulos⁴⁵ recomenda que as razões n-6/n-3 se mantenham num intervalo de 5 a 10. Neste estudo os valores encontrados para as razões n-6/n-3 encontram-se dentro do recomendado até o 30º dia de tratamento. Um balanço da proporção de n-6/n-3 na dieta é essencial no metabolismo do organismo humano, levando a prevenção de doenças cardiovasculares, degenerativas e também a uma melhor saúde mental.³⁶

Composição Quantitativa de Ácidos Graxos LNA, EPA, DHA, LA e AA

A composição quantitativa de ácido linolênico (LNA), ácido eicosapentaenoico (EPA), ácido docosaenoico (DHA), ácido linoleico (LA) e ácido araquidônico (AA), em mg/g de lipídios totais dos filés de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), submetidas ao tratamento com ração suplementada com óleo de soja são mostrados na Tabela 6.

Tabela 5 – Composição de Ácidos Graxos dos filés de tilápia submetidas ao tratamento com ração suplementada com óleo de soja.

Ácidos Graxos	Ração I (Óleo de Soja) – Tempo em número de dias						
	0 dia	15 dias	30 dias	45 dias	60 dias	75 dias	90 dias
14:0	3,00±0,04 ^a	2,44±0,03 ^b	2,38±0,06 ^{bc}	2,17±0,01 ^d	2,18±0,08 ^d	2,34±0,09 ^c	2,24±0,04 ^d
15:0	0,30±0,03 ^a	0,13±0,01 ^b	0,09±0,01 ^c	0,07±0,01 ^{cd}	0,06±0,01 ^d	0,06±0,01 ^d	0,05±0,01 ^d
16:0	28,30±0,05 ^a	27,72±0,23 ^a	26,88±0,32 ^b	25,71±0,29 ^c	25,23 ±0,39 ^c	24,58±0,36 ^d	23,48±0,27 ^d
17:0	0,17±0,01 ^a	0,14±0,01 ^b	0,11±0,01 ^c	0,10±0,01 ^c	0,10±0,01 ^c	0,11±0,01 ^c	0,16±0,02 ^a
18:0	6,45±0,24 ^a	6,17 ±0,11 ^b	5,81 ±0,07 ^c	6,96±0,08 ^d	7,52 ±0,07 ^e	6,86±0,25 ^d	6,97±0,10 ^d
19:0	0,24±0,01 ^{ab}	0,24±0,01 ^{ab}	0,23±0,01 ^{ac}	0,26±0,02 ^b	0,26±0,02 ^b	0,23±0,02 ^{ac}	0,23±0,01 ^{ac}
21:0	0,35±0,02 ^a	0,28±0,01 ^b	0,30±0,02 ^b	0,26±0,02 ^{bcd}	0,23±0,03 ^{cd}	0,25±0,03 ^{bd}	0,27±0,02 ^b
22:0	0,84±0,04	0,77±0,02	0,81±0,06	0,76±0,06	0,66±0,04	0,76±0,10	0,80±0,01
AGS	39,65±0,53 ^a	37,90 ±0,23 ^b	36,61±0,37 ^c	36,29±0,29 ^c	36,23 ±0,40 ^c	34,98±0,41 ^d	34,11 ±0,27 ^e
14:1n-5	0,08±0,01 ^a	0,06±0,01 ^b	0,06±0,01 ^b	0,04±0,01 ^c	0,04±0,01 ^c	0,06±0,01 ^{cd}	0,07±0,01 ^{cd}
16:1n-9	0,58±0,03 ^a	0,47±0,01 ^b	0,44±0,01 ^b	0,38±0,01 ^c	0,33±0,02 ^d	0,36±0,03 ^{cd}	0,38±0,04 ^c
16:1n-7	5,81±0,21 ^a	5,19±0,04 ^b	4,89±0,08 ^c	3,77±0,03 ^d	3,66 ±0,09 ^{de}	3,95±0,19 ^{df}	3,90±0,04 ^{df}
17:1n-11	0,14±0,01 ^a	0,06±0,01 ^b	0,04±0,01 ^c	0,03±0,01 ^c	0,03±0,01 ^c	0,05±0,01 ^b	0,06±0,01 ^b
17:1n-9	0,15±0,02 ^a	0,11±0,01 ^b	0,06±0,01 ^c	0,03±0,01 ^d	0,07±0,01 ^c	0,10±0,01 ^b	0,12±0,01 ^b
17:1n-7	0,22±0,02 ^a	0,10±0,01 ^b	0,10±0,01 ^{bc}	0,08±0,01 ^c	0,04±0,01 ^d	0,05±0,01 ^d	0,05±0,01 ^d
18:1n-11	0,16±0,01 ^a	0,14±0,01 ^b	0,19±0,01 ^c	0,15±0,01 ^{ab}	0,15±0,01 ^{ab}	0,23±0,02 ^d	0,14±0,01 ^b
18:1n-9	31,11±0,58 ^a	32,39±0,22 ^b	32,94±0,34 ^b	32,89±0,12 ^b	33,20 ±0,35 ^b	32,93±0,44 ^b	34,23±0,36 ^b
18:1n-7	4,16±0,38 ^a	3,81 ±0,05 ^{ab}	3,61 ±0,16 ^b	3,60±0,16 ^b	3,49 ±0,16 ^b	4,09±0,29 ^{ac}	3,75±0,04 ^{bc}
18:1n-4	0,25±0,03	0,26±0,01	0,27±0,01	0,28±0,05	0,27±0,03	0,28±0,05	0,26±0,03
20:1n-9	1,85±0,06 ^a	1,41 ±0,02 ^b	1,31±0,04 ^b	1,43±0,15 ^b	1,49 ±0,17 ^b	1,70±0,17 ^a	1,69±0,04 ^a
20:1n-7	0,17±0,03 ^a	0,15±0,01 ^{ab}	0,13±0,01 ^b	0,14±0,02 ^b	0,16±0,02 ^{ab}	0,07±0,01 ^c	0,07±0,01 ^c
AGMI	44,68±0,77 ^a	44,15±0,25 ^a	44,03±0,39 ^a	42,84±0,26 ^b	42,94±0,42 ^b	44,07±0,60 ^a	44,63±0,38 ^a
18:2n-6	8,75±0,19 ^a	10,42±0,14 ^b	11,70±0,27 ^c	13,21±0,16 ^d	13,23 ±0,25 ^d	13,40±0,14 ^d	13,52±0,18 ^d
18:3n-6	0,40±0,03 ^a	0,51±0,01 ^b	0,54±0,01 ^{bc}	0,54±0,02 ^{bc}	0,55±0,04 ^{bc}	0,55±0,01 ^c	0,56±0,01 ^{bc}
18:3n-3	0,38±0,05 ^a	0,73±0,01 ^b	0,74±0,05 ^b	0,77±0,03 ^c	0,76±0,06 ^{bc}	0,76±0,02 ^{bc}	0,76±0,11 ^{bc}
20:2n-6	0,62±0,13 ^a	0,61 ±0,02 ^{ab}	0,64±0,05 ^{bc}	0,72±0,05 ^{bc}	0,73±0,03 ^{bc}	0,71±0,07 ^b	0,77±0,03 ^{bc}
20:3n-6	0,22±0,01	0,24±0,03	0,26±0,03	0,27±0,08	0,27 ±0,04	0,27±0,09	0,29±0,01
20:4n-3	0,04±0,01 ^a	0,04±0,01 ^a	0,05±0,01 ^{ab}	0,04±0,01 ^a	0,06±0,01 ^b	0,05±0,01 ^{ab}	0,05±0,01 ^a
20:4n-6	1,88±0,16 ^a	2,29±0,59 ^{ab}	2,36±0,45 ^b	2,42±0,41 ^c	2,45±0,16 ^{bc}	2,45±0,40 ^{bc}	2,50±0,06 ^c
20:5n-3	0,14±0,02 ^a	0,14±0,01 ^a	0,14±0,01 ^a	0,11±0,01 ^b	0,11±0,02 ^b	0,10±0,01 ^b	0,11±0,01 ^b
22:4n-6	0,71±0,07 ^a	0,71±0,03 ^a	0,72±0,07 ^{ab}	0,73±0,02 ^{ab}	0,74±0,04 ^b	0,74±0,02 ^b	0,76±0,04 ^b
22:5n-6	1,17±0,09 ^a	1,26±0,44 ^{ab}	1,27±0,51 ^{ab}	1,29±0,05 ^b	1,30±0,34 ^b	1,30±0,25 ^b	1,32±0,14 ^b
22:5n-3	0,31±0,03 ^a	0,24±0,01 ^b	0,22±0,02 ^b	0,23±0,03 ^b	0,18±0,01 ^c	0,18±0,01 ^c	0,17±0,01 ^c
22:6n-3	0,87±0,04 ^a	0,59±0,05 ^b	0,54±0,04 ^b	0,37±0,01 ^c	0,34±0,05 ^c	0,32±0,02 ^c	0,32±0,01 ^c
AGPI	15,49±0,24 ^a	17,78±0,15 ^b	19,18±0,27 ^c	20,71±0,17 ^d	20,73±0,25 ^d	20,83±0,16 ^d	21,13±0,18 ^d
X1	0,10±0,01 ^a	0,10±0,01 ^a	0,11±0,01 ^a	0,09±0,01 ^a	0,05±0,01 ^b	0,04±0,01 ^b	0,04±0,01 ^b
X2	0,08±0,01 ^{ac}	0,07±0,01 ^a	0,07±0,01 ^a	0,07±0,01 ^{ac}	0,05±0,01 ^b	0,08±0,01 ^{ac}	0,09±0,01 ^c
X	0,18±0,03 ^a	0,17±0,02 ^{ab}	0,18±0,02 ^a	0,16±0,02 ^{ab}	0,10±0,02 ^b	0,12±0,01 ^b	0,13±0,01 ^b
n-6	13,75±0,70 ^a	16,04±0,64 ^b	17,49±0,22 ^c	19,19±0,46 ^d	19,28±0,29 ^d	19,40±0,58 ^d	19,72±0,38 ^d
n-3	1,74±0,38 ^a	1,74±0,06 ^a	1,69±0,16 ^a	1,52±0,16 ^b	1,45±0,16 ^b	1,43±0,29 ^b	1,41±0,04 ^b
AGPI/AGS	0,39±0,07 ^a	0,47 ±0,05 ^b	0,52±0,06 ^c	0,57±0,07 ^d	0,57±0,11 ^d	0,60±0,04 ^{de}	0,62 ±0,05 ^e
n-6/n-3	7,90±0,13 ^a	9,22±0,05 ^b	10,35±0,12 ^c	12,63±0,08 ^d	13,30±0,13 ^{de}	13,57±0,20 ^{de}	13,98±0,12 ^e

Resultados são médias de 6 replicatas com as respectivas estimativas dos desvios padrões. Os resultados são expressos em porcentagem de área relativa. Letras diferentes na mesma linha indicam diferenças significativas (p<0,05) pelo teste de Tukey. Abreviaturas: **AGS**: ácidos graxos saturados; **AGMI**: ácido graxos monoinsaturados; **AGPI**: ácidos graxos polinsaturados (insaturação ≥ 2); **Trans**: ácidos graxos *trans*; **X**: ácidos graxos não identificados; **n-6**: ácidos graxos ômega-6; **n-3**: ácidos graxos ômega-3; **AGPI/AGS**: razões entre ácidos graxos polinsaturados/ saturados; **n-6/n-3**: razões entre ácidos graxos ômega-6/ômega-3; **nd**: não detectado.

Os ácidos graxos da dieta são transferidos para os peixes por meio da alimentação e podem ser utilizados no seu metabolismo e/ou transformados em outros ácidos.⁵⁹ Na dieta enriquecida com óleo de soja, observa-se após 90 dias de tratamento altas concentrações de LA e AA, com 102,14 e 17,58mg/g de LT, respectivamente, e concentrações de LNA com 4,44mg/g de LT e DHA com 1,72mg/g de LT, ao término dos 90 dias de tratamento. A alta concentração de ácidos graxos n-6 deve-se ao fato de que a dieta destes peixes mediante fornecimento da ração suplementada com óleo de soja apresenta baixos teores de AGPI n-3 e altos teores de AGPI n-6.

De modo geral, a ingestão de ácidos graxos n-3 e n-6 e seus precursores por humanos, têm sido muito divulgada no mundo todo através de inúmeros estudos. Estes estudos destacam a importância destes ácidos graxos na fase gestacional,²¹ nos primeiros meses após o nascimento,^{21,42,51} no desenvolvimento do cérebro,⁴⁴ na terceira idade^{2,57} e em diversas doenças,^{57,58} principalmente degenerativas.

A composição em ácidos graxos também permite avaliar o índice de qualidade nutricional da fração lipídica e para isso são calculados os índices de aterogenicidade (IA), trombogênicidade (IT) e às razões entre ácidos graxos hipocolesterolêmicos e hipercolesterolêmicos (HH).

Os índices de aterogenicidade (IA) e trombogênicidade (IT) indicam o potencial de estímulo à agregação plaquetária, isto é, quanto menores os valores de IA e IT, maior é a quantidade de ácidos graxos anti-aterogênicos presentes em determinado óleo/gordura.⁵⁰

Os valores dos índices de aterogenicidade (IA), trombogênicidade (IT) e as razões entre ácidos graxos hipocolesterolêmicos e hipercolesterolêmicos (HH) são mostrados na Tabela 7.

Neste estudo, o índice de aterogenicidade (IA) encontrados na tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), apresentou redução em todos os períodos, com valores variando de 0,67 a 0,49 para os períodos de zero e 90 dias respectivamente. O índice de trombogênicidade (IT) apresentou redução em até o 30º, desta data até o 60º manteve-se constante e na sequência tornou a reduzir até o final do tratamento. De acordo com Assunção⁴ não há valores recomendados para os índices de aterogenicidade e trombogênicidade, considera-se que valores mais baixos exprimem uma relação de ácidos graxos mais favoráveis em termos de saúde. Sendo assim, a redução nos valores destes índices representa um efeito benéfico para a saúde humana, uma vez que previnem, segundo Turan et al.,⁵⁰ o surgimento de doenças coronarianas.

Tabela 6 – Composição quantitativa de LNA, EPA, DHA, LA, e AA em mg/g de lipídios totais em filés de tilápias submetidas ao tratamento com ração suplementada com óleo de soja.

Ácidos Graxos	Ração I – (Tempo em número de dias)						
	0	15	30	45	60	75	90
LNA	3,26±0,27 ^a	3,93±0,14 ^b	3,97±0,15 ^{bc}	4,31±0,29 ^{bcd}	4,28±0,14 ^{bcd}	4,39±0,35 ^{cd}	4,44±0,18 ^d
EPA	0,74±0,03 ^a	0,62±0,05 ^b	0,61±0,05 ^b	0,61±0,01 ^{ab}	0,54±0,01 ^b	0,53±0,10 ^b	0,54±0,07 ^b
DHA	6,67±0,87 ^a	3,66±0,15 ^b	3,37±0,18 ^b	2,03±0,10 ^c	1,85±0,06 ^c	1,75±0,12 ^c	1,72±0,18 ^c
LA	73,98±1,67 ^a	90,99±1,73 ^b	92,16±2,32 ^b	99,63±1,38 ^c	101,52±2,40 ^c	101,75±2,70 ^c	102,14 ±2,03 ^c
AA	15,90±1,54	16,35±0,53	17,05±0,68	17,35±0,27	17,41±1,06	17,54 ±0,87	17,58±0,37

Os resultados são médias de seis replicatas com estimativas do desvio padrão. Letras diferentes na mesma linha indicam diferenças significativas (p<0,05) pelo teste de Tukey. **Controle***: Corresponde à média das replicatas do tratamento com a ração I (Óleo de soja) para os períodos de 0, 15, 30, 45, 60, 75 e 90 dias. Abreviaturas: **LNA**: ácido alfa-linolênico; **EPA**: ácido timnodônico; **DHA**: ácido cervônico; **AA**: ácido araquidônico; **LA**: ácido linoleico. Os resultados são expressos em miligramas/grama de lipídios totais. (mg/g de Lipídios Totais).

Tabela 7 – Índices de qualidade nutricional da fração lipídica da tilápia do Nilo alimentadas com ração suplementada com óleo de soja.

Razões e índices	Ração I (Óleo de Soja) – Tempo em número de dias						
	0 dia	15 dias	30 dias	45 dias	60 dias	75 dias	90 dias
IA	0,67	0,61	0,58	0,54	0,53	0,52	0,49
IT	1,09	1,03	0,98	0,98	0,98	0,94	0,90
HH	1,39	1,55	1,66	1,79	1,83	1,86	2,01

IA: índice de aterogenicidade - $[(C12:0 + 4x C14:0 + C16:0)] / \Sigma AGMI + \Sigma n-6 + \Sigma n-3$

IT: Índice de trombogênicidade - $(C14:0 + C16:0 + C18:0) / [(0,5x \Sigma AGMI) + (0,5x \Sigma n-6) + (3x \Sigma n-3) + (\Sigma n-3/n-6)]$

HH: razões entre ácidos graxos hipocolesterolêmicos e hipercolesterolêmicos - $(C18:1n-9 + C18:2n-6 + C20:4n-6 + C18:3n-3 + C20:5n-3 + C22:5n-3 + C22:6n-3) / (C14:0 + C16:0)$.

Em sentido contrário, o índice relacionado às razões entre ácidos graxos hipocolesterolêmicos e hipercolesterolêmicos (HH) apresentou valores crescentes no decorrer dos 90 dias de tratamento com variações entre 1,39 e 2,01. Estes valores se assemelham aos encontrados por Ramos Filho et al.,³⁹ que estudaram quatro espécies da região pantaneira e observaram os seguintes resultados: 1,75 para o Cachara (*Pseudoplatystoma fasciatum*); 1,84 para o Pintado (*Pseudoplatystoma coruscans*); 1,66 para o Pacu (*Piaractus mesopotamicus*) e 1,49 para o dourado (*Salminus maxillosus*). Segundo Santos-Silva et al.,⁴³ e Sousa Bentes et al.,⁴⁶ quanto maior o índice HH, mais adequado nutricionalmente é o óleo ou a gordura, sendo que para produtos cárneos o ideal é que este valor esteja próximo de 2.

CONCLUSÃO

Com o fornecimento de ração com óleo de soja para tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*), na fase final de criação, ocorre a incorporação e síntese de ácidos graxos poliinsaturados ômega-6 (AGPI n-6), no tecido muscular das mesmas, aumentando os teores de LA e AA no decorrer do tratamento, aumentando o somatório de AGPI n-6 e as razões AGPI/AGS.

Os índices da qualidade nutricional dos lipídios (IQN) mostraram que as tilápias alimentadas com ração suplementada com óleo de soja podem ser consideradas um alimento saudável, uma vez que o IA e IT apresentaram baixos valores, sugerindo desta forma, seu efeito benéfico.

TONIAL, I. B.; BRAVO, C. E. C.; SOUZA, N. E.; MATSUSHITA, M.; FURUYA, W. M.; VISENTAINER, J. V. Nutritional quality of lipids tilapia (*Oreochromis niloticus*) fed with supplemented diets with soybean oil. **Alim. Nutr.**, Araraquara, v. 22, n. 1, p. 103-112, jan./mar. 2011.

■**ABSTRACT:** The objective of this study was to evaluate the nutritional quality of lipids, the fatty acid composition and quantification of omega-3 and omega-6 fillets of tilapia (*Oreochromis niloticus*) fed with supplemented diets with 7% soybean oil for a period of ninety days. The results showed that during the confinement period, fish stored high fat content, reflecting a high percentage lipid. Regarding the profile of fatty acids, showed a considerable level of polyunsaturated fatty acids especially omega-6 series, such as linoleic and arachidonic acid. In quantitative composition, acids LA and AA also showed high values, representing the transfer of these acids in the diet. The indexes of nutritional quality index of atherogenicity and thrombogenicity index decreased, while the ratios of cholesterol and hypercholesterolemic fatty acids increased over time of confinement. Through the results, we can infer that in the course of treatment the weight gain of Nile tilapia subjected to treatment were satisfactory. Also,

they incorporated essential fatty acids, as well as the increase in the ratio between the hypocholesterolemic and hypercholesterolemic fatty acid, giving nutritional and healthy characteristics to food.

■**KEYWORDS:** Nutritional quality; fat; health.

REFERÊNCIAS

1. ACKMAN, R. G. Nutritional composition of fats in seafood. **Progr. Food Nutr. Sci.**, v. 13, p. 161-241, 1989.
2. ALBERTAZZI, P.; COUPLAND, K. Polyunsaturated fatty acids. Is there a role in postmenopausal osteoporosis prevention. **Maturitas**, v. 42, p. 3-22, 2002.
3. ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. 16th ed. Arlington, 1995. v. 2.
4. ASSUNÇÃO, J. M. P. **Contribuição para o estudo da composição lipídica e do valor nutricional de leites e produtos lácteos dos Açores**. 2007. 133f. Dissertação (Mestrado em controlo da qualidade e toxicologia de alimentos) – Universidade de Lisboa, Lisboa, 2007.
5. BACCONI, D. F. **Exigência nutricional de vitamina A para alevino de tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*)**. 2003. 42f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade de São Paulo, Piracicaba/SP, 2003.
6. BELDA, M. C. R.; POURCHET-CAMPOS, M. A. Ácidos graxos essenciais em nutrição: uma visão atualizada. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, v. 11, n. 1, p. 5-35, 1991.
7. 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.
8. BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução RDC n. 482, de 23 de setembro de 1999**. Republicada 20 jun. 2000. Brasília, DF, 1999. Disponível em: http://www.anvisa.gov.br/legis/resol/482_99.htm. Acesso em: 23 jul. 2010.
9. CALDER, P. C.; FIELD, C. J. Fatty acids and the immune system. In: CALDER, P. C.; FIELD, C. J.; GILL, H. S. (Ed.) **Nutrition immune system**. New York: CABI, 2002. p. 57-92.
10. CHOU, B. S.; SHIAU, S. Y. Optimal dietary lipid level for growth of juvenile híbrido tilápias, *Oreochromis niloticus* x *Oreochromis niloticus aureus*. **Aquaculture**, v. 143, n. 2, p. 185-195, 1996.
11. CONTRERAS-GUZMAN, E. S. **Bioquímica de pescados e derivados**. Jaboticabal/SP: FUNDEP, 1994. 409p.
12. DEPARTMENT OF HEALTH AND SOCIAL SECURITY. Diet and cardiovascular disease: report on health and social subjects. London: HMSO, n.28, 1984. Apud: **Meat Sci.**, v. 42, n. 4, p. 443-456, 1996.

13. DEPARTMENT OF HEALTH AND SOCIAL SECURITY. **Report in health and social subjects, n. 46:** nutritional aspects of cardiovascular disease. London: HMSO, 1994. 178p.
14. EL-DANHHAR, A. A.; EL-SHAZLY, K. Effect of essential amino acids (methionine and lysine) and treated oil in fish diet on growth performance and feed utilization of Nile tilapia, *Tilapia nilotica* (L.) **Aquacult. Fish. Manage.**, v. 24, n. 6, p.731-739, 1993.
15. EWIN, J. **O Lado sadio das gorduras.** Tradução de Ana Beatriz Rodrigues. Rio de Janeiro: Campus, 1997. 162p.
16. EYMARD, S. et al. Development of lipid oxidation during manufacturing of horse mackerel surimi. **J. Sci. Food Agric.**, v. 85, p. 1750-1756, 2005.
17. FAGUNDES, L. A. **Guia de alimentação natural:** alimentos que nos ajudam a viver melhor. Porto Alegre: AGE, 2003. 133p.
18. FUNK, C. D. Prostaglandins and leukotrienes: advances in eicosanoid biology. **Scientifica**, v. 294, p. 1871-1875, 2001.
19. HARBORNE J. B.; WILLIAMS C. A. Advances in flavonoid research since 1992. **Phytochemistry**, v. 55, p. 481-504, 2000.
20. HAYASHI, C. et al. Uso de diferentes óleos vegetais em dietas para a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*, L.), na fase inicial. In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 37, 2000, Viçosa. **Anais...** Viçosa: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2000. CD ROM.
21. HORNSTRA, G. Importance of polyunsaturated fatty acids of the n-6 and n-3 families for early human development. **Eur. J. Sci. Technol.**, Weinheim, v. 103, p. 379-389, 2001.
22. IZQUIERDO, P. C. et al. Análisis próximas, perfil de ácidos grasos, aminoácidos esenciales y contenido de minerales en doce especies de pescado de importancia comercial en Venezuela. **Arch. Lat. Am. Nutr.**, v. 50, p. 187-194, 2000.
23. JOSEPH, J. D.; ACKMAN, R. G. Capillary column gas chromatography method for analysis of encapsulated fish oil and fish oil ethyl esters: collaborative study. **J. AOAC Int.**, p. 488-506, 1992.
24. JUSTI, K. C. et al. The influence of feed supple time on the fatty acid profile of Nile tilapia. (*Oreochromis niloticus*) fed on a diet enriched with n-3 fatty acids. **Food Chem.**, v. 80, p. 489-493, 2003.
25. KIMURA, Y. et al. Effects of carp and tuna oils on 5-fluorouracil-induced antitumor activity and side effects in sarcoma 180-bearing mice. **Lipids**, v. 36, p. 353-359, 2001.
26. KITAJKA, K. et al. Effects of dietary omega-3 polyunsaturated fatty acids on brain gene expression. **Proc. Nat. Acad. Sci. Unit. St. Am. (PNAS)**, v. 101, p. 10931-10936, 2004.
27. LOVSHIN, L. L. Tilapia aquaculture in Brazil. In: COSTA-PIERCE, B. A.; RAKOCY, J. E. (Ed.) **Tilapia aquaculture in the Americas.** Louisiana: World Aquaculture Society, 2000. v. 2, p. 133-140.
28. MADRID, A.; VICENTE, J. M.; MADRID, R. **El pescado y sus productos derivados.** 2. ed. Madrid: AMV, Mundi, 1999. 411 p.
29. MAIA, E. L. **Otimização da metodologia para caracterização de constituintes lipídicos e determinação da composição em ácidos graxos e aminoácidos de peixes de água doce.** 1992. 130f. Tese (Doutorado em Ciência de Alimentos) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas/SP, 1992.
30. MAIA, E. L.; RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Fatty acid composition of the total, neutral and phospholipids of the Brazilian freshwater fish *Colossoma macropomum*. **Food Sci. Hum. Nutr.**, v. 29, p. 633-642, 1992.
31. MAIA, E. L.; RODRÍGUEZ-AMAYA, D. B.; HOTTA, L. K. Fatty acids composition of the total, neutral and phospholipids of pond-raised Brazilian piaractus mesopotamicus. **Int. J. Food Sci. Technol.**, v. 30, p. 591-597, 1995.
32. MAYSER, P. et al. Ômega-3 fatty acid-based lipid infusion in patients with chronic plaque psoriasis: result of a double-blind, randomized, placebo-controlled, multicenter trial. **J. Am. Acad. Dermatol.**, v. 38, n. 3, p. 421, 1998.
33. MEURER, F. et al. Lipídeos na alimentação de alevitos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus* L.). **Rev. Bras. Zootec.**, Viçosa, v. 31, p. 566-573, 2002.
34. MOREIRA, A. B. et al. Fatty acids profile and cholesterol contents of three Brazilian *brycon* freshwater fishes. **J. Food Compos. Anal.**, v. 14, p. 565-574, 2001.
35. MOURENTE, G.; GOOD, J. E.; BELL, J.G. Partial substitution of fish oil with rapeseed, linseed and olive oils in diets for European sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.): effects on flesh fatty acids composition, plasma, prostaglandins E₂, F_{2alpha}, immune function and effectiveness of a fish oil finishing diet. **Aquacult. Nutr.**, Berger, v. 11, p. 25-40, 2005.
36. NOVELO, D.; FRANCESCHINI, P.; QUINTILIANO, D. A. A importância dos ácidos graxos ω -3 e ω -6 para a prevenção de doenças a na saúde humana. **Rev. Salus**, Guarapuava-PR, v. 2, n. 1, p. 77-87, 2008.
37. OGAWA, M.; MAIA, E. L. **Manual de pesca:** ciência e tecnologia do pescado. São Paulo: Varela, 1999. v. 1, p. 27-71.

38. PEZZATO, L. E. Alimentação de peixes: relação custo e benefício. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 36, 1999, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: SBZ, 1999. p. 107-118.
39. RAMOS FILHO, M. M. et al. Perfil lipídico de quatro espécies de peixes da região pantaneira de Mato Grosso do Sul. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, Campinas, v. 28, n. 2, p. 361-365, abr./jun. 2008.
40. RIBEIRO, P. A. P. et al. Efeito do uso de óleo na dieta sobre a lipogênese e o perfil lipídico de tilápias-do-nylo. **R. Bras. Zootec.**, v. 37, n. 8, p. 1331-1337, 2008.
41. SANDERSON, P. et al. UK food standards agency α -linolenic acid workshop report. **Br. J. Nutr.**, Cambridge, v. 88, p. 573-579, 2002.
42. SANGIOVANI, J. P.; CHEW, E. Y. The role of omega-3 log chain polyunsaturated fatty acids in health and disease of the retina. **Progr. Retin. Eye Res.**, v. 24, p. 87-138, 2005.
43. SANTOS-SILVA, J.; BESSA, R. J. B.; SANTOS-SILVA, F. Effects of genotype, feeding system and slaughter weight on the quality of light lambs. II. Fatty acid composition of meat. **Livestock Product. Sci.**, Roma, v. 77, n. 2/3, p. 187-194, 2002.
44. SCHMIDT, M. A. **Gorduras inteligentes**. Tradução de Dirceu Henrique Pereira. São Paulo: Roca, 2000. 231p.
45. SIMOPOULOS, A. P. Omega-3 fatty acids in health and disease and in growth and development. **Am. J. Clin. Nutr.**, v. 54, p. 438-463, 1991.
46. SOUSA BENTES, A. et al. Caracterização física e química e perfil lipídico de três espécies de peixes amazônicos. **Rev. Bras. Tecnol. Agroind.**, v. 03, n. 02, p. 97-108, 2009.
47. SOUZA, M. L. R. et al. Defumação de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) inteira eviscerada e filé: aspectos referentes as características organolépticas, composição centesimal e perdas ocorridas no processamento. **Rev. Bras. Zootec.**, Viçosa, v. 23, p. 27-36, 2004.
48. STASOFT. **Statistica**. Tucksá, 2005. version 5.0 software.
49. STEFFENS, W. Effects of variation in essential fatty acids in fish feeds on nutritive value of freshwater fish for humans. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 151, p. 97-119, 1997.
50. TURAN, H.; SÖNMEZ, G.; KAYA, Y. Fatty acid profile and proximate composition of the thornback ray (*Raja clavata*, L. 1758) from the Sinop coast in the Black Sea. **J. Fish. Sci.**, v. 1, n. 2, p. 97-103, 2007.
51. UAUY, R. et al. Essential fatty acids in visual and brain development. **Lipids**, v. 36, p. 885-895, 2001.
52. ULBRICHT, T. L. V.; SOUTHGATE, D.A.T. Coronary heart disease: seven dietary factors. **Lancet**, London, v. 338, n. 8773, p. 985-992, 1991.
53. VISENTAINER, J. V. **Composição de ácidos graxos e quantificação dos ácidos graxos LNA, EPA e DHA no tecido muscular de tilápias (*Oreochromis niloticus*), submetidas a diferentes tratamentos com óleo de linhaça**. 2003. 184f. Tese (Doutorado em Ciência de Alimentos) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas/SP, 2003.
54. VON SCHACKY, C. N-3 fatty acid and the prevention of coronary atherosclerosis. **Am. J. Clin. Nutr.**, v. 71, p. 224S-227S, 2000.
55. WILSON, R. P. Lipid nutrition of finfish. Nutrition and utilization technology. In: _____. **Aquaculture**. Champaign: AOAC, 1995. p. 74-81.
56. WILSON, R. P. State of art of warm water fish nutrition. In: AQUICULTURA BRASIL, 1998, Recife. **Anais...** Recife: Simpósio Brasileiro de Aquicultura, 1998. p. 375-380.
57. YEHUDA, S. et al. The role of polyunsaturated fatty acids in restoring the aging neuronal membrane. **Neurobiol. Aging**, v. 23, p. 843-853, 2002.
58. YOUNDIM, K. A.; MARTIN, A.; JOSEPH, J. A. Essential fatty acids and the brain: possible health implications. **Int. J. Dev. Neurosis**, v. 18, p. 383-399, 2000.
59. ZENEBE, T.; AHLGREN, G.; GUSTAFSSON, I. B. Fatty acid and lipid content of *Oreochromis niloticus* L. in Ethiopian lakes – dietary effects of phytoplankton. Ecology of freshwater fish. **J. Fish.**, v. 7, p. 146-158, 1998.

Recebido em: 28/09/2010

Aprovado em: 20/01/2011