

DANIEL ABREU VASCONCELOS CAMPELO

**NÍVEIS DE INCLUSÃO DO ÁCIDO LINOLÉICO CONJUGADO (CLA) EM
DIETAS PARA LAMBARIS-DO-RABO-AMARELO (*Astyanax altiparanae*)**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2012

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

C192n
2012

Campelo, Daniel Abreu Vasconcelos, 1987-
Níveis de inclusão do ácido linoléico conjugado (CLA) em dietas para lambaris-do-rabo-amarelo (*Astyanax altiparanae*) / Daniel Abreu Vasconcelos Campelo. – Viçosa, MG, 2012. xv, 60f. : il. ; 29cm.

Inclui anexo.

Orientador: Ana Lúcia Salaro.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Inclui bibliografia.

1. *Astyanax altiparanae* - Nutrição. 2. Ácidos graxos essenciais. 3. Peixe - Alimentação e rações. 4. Peixe - Criação. 5. Lambari (Peixe). 6. Alimentos funcionais.

I. Universidade Federal de Viçosa. II. Título.

CDD 22. ed. 597.48

DANIEL ABREU VASCONCELOS CAMPELO

**NÍVEIS DE INCLUSÃO DO ÁCIDO LINOLÉICO CONJUGADO (CLA) EM
DIETAS PARA LAMBARIS-DO-RABO-AMARELO (*Astyanax altiparanae*)**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 16 de fevereiro de 2012.

Jener Alexandre Sampaio Zuanon
(Coorientador)

Antonio Policarpo Souza Carneiro

Ana Lúcia Salaro
(Orientadora)

DEDICATÓRIAS

Dedico aos meus avós, Vera e Antonio,

...sei que não foi fácil para vocês verem os netos partindo para estudar longe, não só pelo esforço de nos manter bem e nos dar tudo que precisamos, mas principalmente pela saudade. Minha conquista hoje também é de vocês, sei que estão orgulhos, mas saibam que muito mais orgulho sinto eu, todos os dias, só por saber que sou seu neto. Se algum dia eu me tornar metade do que vocês são, então estarei satisfeito.

E meus pais,

...minha mãe Sumara, que sempre foi muito presente, carinhosa e amiga, e meu pai Aimar, grande amigo e companheiro. Dedico a vocês, pois grande parte do que sou hoje é porque sou seu filho.

AGRADECIMENTO ESPECIAL

À Ana Lúcia Salaro,

*...que sempre me incentivou e ajudou a crescer como profissional e como pessoa. É muito mais que uma orientadora, é um exemplo de dedicação, trabalho, luta e conquista, uma pessoa excepcional, companheira de todas as horas, boas e ruins, e é principalmente, uma grande **AMIGA!** Saiba que só tenho a agradecer por todos esses anos juntos, espero que nossa parceria ainda continue por muitos anos, porque a amizade eu tenho certeza que vai.*

***“Onde cruzam seus talentos e paixões com as
necessidades do mundo, lá está sua direção”***

(Aristóteles)

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a **Deus**, que me guiou e foi meu companheiro nas mais importantes decisões, me ajudando a escolher o caminho certo e me perdoadando quando escolhia os errados;

À **Universidade Federal de Viçosa**, pela estrutura e oportunidade para realização da minha Pós-Graduação em Biologia Animal, possibilitando a conquista do meu título de Mestre;

Ao **CNPq** pela concessão da bolsa de estudo;

À **Prof^a. Dr^a. Ana Lúcia Salaro** pela orientação e dedicação dispensada a mim durante meu mestrado;

Ao **Prof. Dr. Jener Alexandre Sampaio Zuanon** pela coorientação, pelas inúmeras discussões que com certeza contribuíram muito para minha formação, pelo exemplo, conselhos e amizade;

Ao **Prof. Dr. Antônio Policarpo Souza Carneiro** por orientar-me nas análises estatísticas do meu projeto e mostrar-se sempre disposto a me ajudar, a qualquer momento;

Ao **Prof. Dr. Wilson Massamitu Furuya** por fornecer o óleo de CLA, que possibilitou o desenvolvimento deste projeto, pela coorientação, disponibilidade e amizade sempre;

Ao **Prof. Dr. Ronald Kennedy Luz** pela coorientação e parceria nos diversos trabalhos realizados neste período;

À **Prof^a. Dr^a. Ana Vlândia Bandeira Moreira** pela coorientação e atenção dispensada durante a execução desta;

Ao **Prof. Dr. Edênio Detmann** por disponibilizar o Laboratório de Análise de Alimentos do Departamento de Zootecnia, para realização das análises de composição química das amostras;

Ao **Prof. Dr. Jorge Abdala Dergam dos Santos** pela atenção, amizade e por disponibilizar o Laboratório de Sistemática Molecular - Beagle para armazenamento das amostras;

Ao **Prof. Dr. Makoto Matsushita** por disponibilizar o Laboratório de Análise do Grupo Cromalimentos, da Universidade Estadual de Maringá, para realização das análises de composição lipídica das amostras. E ao seu aluno, **Weliton Pedro Batiston** que se prontificou a realizar as análises de composição lipídica das amostras.

Ao técnico do Laboratório de Análise de Alimentos (LAANAL), **Ricardo Brito Antonucci** e à estagiária de iniciação científica **Camila Chagas** pelas inúmeras ajudas dadas durante meu mestrado;

Aos técnicos do Laboratório de Análise de Alimentos do Departamento de Zootecnia, **Faustino Pereira Monteiro, Mário Pires de Freitas e Vera Lúcia da Silva**, pela preciosa ajuda na análise das amostras;

Aos **Professores membros da banca examinadora**, Ana Lúcia Salaro, Antônio Policarpo Souza Carneiro e Jener Alexandre Sampaio Zuanon pelas contribuições que muito enriqueceram este trabalho;

Aos funcionários do Setor de Piscicultura da UFV, **Paulo Soares Bernardo, João Antônio de Oliveira e José Francisco** por toda a ajuda prestada, que não foram poucas, além da amizade, aprendizado e inúmeras conversas;

Ao secretário do Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal **Adnilson Brasileiro**, pelos vários esclarecimentos e ajudas dadas durante minha formação;

Aos funcionários do Departamento de Biologia Animal **Helvécio de Freitas e Geraldo Pereira Filho**, funcionários do laboratório de zoologia, por toda ajuda prestada;

Aos funcionários da Secretaria do Departamento de Biologia Animal **Nilo Souza e Lúcia Helena Campos**, por mostrarem-se sempre dispostos a ajudar;

Aos pós-graduandos em Biologia Animal, **Marcelo Duarte Pontes, Luiz Thiago Versiani Miranda, Pollyana de Moraes França Ferreira e Diogo Magalhães da Veiga Moreira** não somente pela grande amizade e companheirismo, mas por toda ajuda prestada;

Aos estudantes de Iniciação Científica e estagiários do Setor de Piscicultura do Departamento de Biologia Animal, **Kátia Rodrigues Batista de Oliveira, José Carlos de Oliveira Junior, Frederico Werneck Lima, Isabel Gertrudes Arrigui de Araújo Neves, Renato Barbosa Ferraz, Márcio Yoshiyuki Kanashiro e Willian Chaves** pela dedicação e colaboração durante o desenvolvimento do meu experimento, além da grande amizade;

Aos mestres em Biologia Animal **Rodrigo Yutaka Dichoff Kasai, Galileu Crovatto Veras e Mateus Moraes Taveres** pela amizade e trabalhos realizados durante os anos de convivência;

Agradeço também aos meus familiares e amigos

Aos meus avós, **Antonio Ulisses Costa Vasconcelos e Vera Lucia Abreu Vasconcelos**, que sempre me apoiaram e incentivaram em tudo que escolhi;

Aos meus pais, **Aimar Gomes Campelo Filho e Sumara Abreu Vasconcelos**, pelo exemplo, carinho e atenção que sempre tiveram comigo;

Aos meus irmãos **Tiago e Lara** e aos primos e primas **Tabata, Bruna, Eduarda, Bernardo e Gabriel**, que são minha inspiração para continuar estudando e buscando sempre melhorar;

Aos meus tios **Maria Eunice, Cesar e Claudia**, pelo carinho, força, conselhos e exemplo, que me passaram durante toda minha vida e certamente influenciaram na pessoa que sou hoje;

À **Liliane**, que sempre torceu por mim, foi compreensiva, companheira, e sempre me apoiou;

A **Todos os Parentes**, pela torcida, oração e por acreditarem em mim;

Às **Repúblicas Prato Fundo e Grozop** pelas várias amizades feitas durante todo meu período em Viçosa e que se prolongarão pela vida. Luisão, Brenim, Liniker, Ti, Petim e Felipão, Thiago tupete, Kana, Negão, Rogerio, Caio Kyrr e Augusto Caracu;

A **Toda turma de Sete Lagoas** por serem sempre meus grandes amigos, torcendo por mim e me incentivando, em todos os momentos, superando as distancias, desde sempre e para sempre;

A todos que, de alguma maneira, colaboraram com a execução deste trabalho.

BIOGRAFIA

DANIEL ABREU VASCONCELOS CAMPELO, filho de Aimar Gomes Campelo Filho e Sumara Abreu Vasconcelos, nasceu em 03 de fevereiro de 1987 na cidade de Sete Lagoas, MG.

Graduou-se em Agronomia, em janeiro de 2010 pela Universidade Federal de Viçosa (UFV).

Ingressou no programa de Pós-Graduação em Biologia Animal, em nível de Mestrado, em março de 2010, pelo Departamento de Biologia Animal na Universidade Federal de Viçosa (UFV), defendendo a dissertação em 16 de fevereiro de 2012.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	x
LISTA DE TABELAS	xi
RESUMO	xii
ABSTRACT	xiv
INTRODUÇÃO GERAL	2
REVISÃO DE LITERATURA	4
<i>Lipídios</i>	4
<i>Acido linoléico conjugado – CLA</i>	7
<i>Produção do CLA</i>	9
<i>Efeitos do CLA</i>	11
<i>CLA em peixes</i>	15
<i>Astyanax altiparanae (Lambari-do-rabo-amarelo)</i>	18
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	20
CAPÍTULO I - INCLUSÃO DO ÁCIDO LINOLÉICO CONJUGADO (CLA) EM DIETAS PARA LAMBARIS-DO-RABO-AMARELO (<i>Astyanax altiparanae</i>)	32
INCLUSÃO DO ÁCIDO LINOLÉICO CONJUGADO (CLA) EM DIETAS PARA LAMBARIS-DO-RABO-AMARELO (<i>Astyanax altiparanae</i>)	33
RESUMO	33
CONJUGATED LINOLEIC ACID (CLA) IN DIETS FOR THE LAMBARI YELLOW TAIL (<i>Astyanax altiparanae</i>)	34
ABSTRACT	34
INTRODUÇÃO	35
MATERIAL E MÉTODOS	37
<i>Peixes e delineamento experimental</i>	37
<i>Dietas-teste</i>	37
<i>Análise de desempenho produtivo e índices de rendimento corporal</i>	38
<i>Composição química da carcaça</i>	38
<i>Análise do perfil de ácidos graxos da carcaça</i>	39
<i>Análise estatística I</i>	39
RESULTADOS	40
<i>Desempenho produtivo e índices de rendimento corporal dos peixes</i>	40
<i>Composição química da carcaça dos peixes</i>	40
<i>Perfil de ácidos graxos na carcaça dos peixes</i>	40
DISCUSSÃO	43
REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA	48
TABELAS	52
CONSIDERAÇÕES FINAIS	58
ANEXO	59
ANEXO I: PARECER COMISSÃO DE ÉTICA	60

LISTA DE FIGURAS

- Figura 01 - Estruturas do ácido linoléico conjugado, com detalhes do CLA trans-10, cis-12, CLA cis-9, trans-11 e ácido linoléico – cis-9, cis-12. As duplas ligações estão representadas em amarelo na forma molecular (adaptado de Steinhart, 1996) 8
- Figura 02 - Via metabólica proposta para biossíntese do C18:2 cis-9, trans-11 (adaptado de Bauman e Griinari, 2001) 10
- Figura 03 - Hipóteses que explicam a influência do ácido linoléico conjugado (CLA) na redução do conteúdo de triglicérides (adaptado de Evans et al. 2002) 14

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 - Composição química percentual das dietas suplementadas com diferentes níveis de CLA	52
Tabela 02 - Perfil de ácidos graxos das dietas-teste suplementadas com diferentes níveis de CLA	53
Tabela 03 - Sobrevivência (SO), ganho em peso (GP), taxa de crescimento específico (TCE), conversão alimentar (CA), rendimento de carcaça (RC), índices viscerossomático (IVS), gonadossomático dos machos (IGSm), gonadossomático das fêmeas (IGSf) e hepatossomático (IHS) de lambari-do-rabo-amarelo (<i>Astyanax altiparanae</i>) alimentados com dietas suplementadas com diferentes níveis de CLA	54
Tabela 04 - Proteína bruta, energia bruta, extrato etéreo, matéria seca e cinzas das carcaças de lambaris-do-rabo-amarelo (<i>Astyanax altiparanae</i>) alimentados com dietas suplementadas com diferentes níveis de CLA	55
Tabela 05 - Perfil de ácidos graxos das carcaças de lambaris-do-rabo-amarelo (<i>Astyanax altiparanae</i>) alimentados com dietas suplementadas com diferentes níveis de CLA	56
Tabela 06 - Soma e relações dos ácidos graxos das carcaças de lambaris-do-rabo-amarelo (<i>Astyanax altiparanae</i>) alimentados com dietas suplementadas com diferentes níveis de CLA	57

RESUMO

CAMPELO, Daniel Abreu Vasconcelos, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2012. **Níveis de inclusão do ácido linoléico conjugado (CLA) em dietas para lambaris-do-rabo-amarelo (*Astyanax altiparanae*)**. Orientadora: Ana Lúcia Salaro. Coorientadores: Ana Vlândia Bandeira Moreira, Jener Alexandre Sampaio Zuanon, Ronald Kennedy Luz e Wilson Massamitu Furuya.

Entre as pesquisas relacionadas ao estudo de ácidos graxos, a utilização do ácido linoléico conjugado (CLA) tem se destacado por promover efeitos no crescimento, eficiência alimentar e composição corporal dos peixes, melhorando assim, a produção final. Para a saúde humana, muitos trabalhos com a utilização do CLA, vêm sendo realizados em função de seus efeitos benéficos, principalmente por sua ação anticancerígena e de prevenção da obesidade. Estudos correlacionando os efeitos benéficos do consumo da carne de peixe no controle de doenças humanas, principalmente as circulatórias e cardíacas, também vem sendo alvo de muitos pesquisadores. Assim, a possibilidade do enriquecimento da carne do peixe com o ácido linoléico conjugado (CLA) se torna importante para o estabelecimento de recomendações deste em rações comerciais para as diversas espécies, assim como da qualidade da carne, contribuindo, portanto, para o aumento do consumo desta proteína. Entretanto, os níveis de inclusão do CLA em dietas para as diversas espécies de peixes ainda não estão bem definidos, o que pode estar relacionada às diferenças no metabolismo energético das espécies. O lambari-do-rabo-amarelo (*Astyanax altiparanae*) apresenta bom potencial para a aquicultura devido ao rápido crescimento, alta prolificidade, curto ciclo de produção e ampla distribuição na natureza. O valor nutricional da carne de peixe está associado à qualidade de suas proteínas e do seu teor de lipídeos poliinsaturados. Assim, estudos que viabilizem a melhoria na qualidade da carne dessas espécies tornam-se fundamentais para recomendações desta proteína para o consumo humano. Portanto, com este estudo, objetivou-se avaliar o efeito de diferentes níveis de CLA sobre o desempenho produtivo, composição química e perfil de ácidos graxos da carcaça de lambaris-do-rabo-amarelo. Para tal, utilizou-se delineamento inteiramente casualizado com seis tratamentos (0,0; 0,5; 1,0; 1,5; 2,0 e 2,5% de CLA), e cinco repetições. Juvenis de lambaris, com peso médio de 1,58g ($\pm 0,23$ g), foram distribuídos em 30 aquários (contendo 70 litros cada), dotados de filtro biológico e aeração constante, na

densidade de 19 peixes por aquário. Os peixes foram alimentados com as dietas-teste, à vontade, nos horários de 8h:00min, 11h:00min, 14h:00min e 17h:00min, por um período de 90 dias. Ao final do experimento foram avaliados os seguintes parâmetros de desempenho produtivo: taxa de sobrevivência, ganho de peso, taxa de crescimento específico, conversão alimentar, rendimento de carcaça e os índices viscerossomático, gonadossomático e hepatossomático. Os peixes dos diferentes tratamentos também foram analisados quanto à composição química e o perfil de ácidos graxos da carcaça. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância ao nível de 5% de significância. Não houve diferença estatística entre os níveis de CLA e os parâmetros de desempenho produtivo e composição química da carcaça dos peixes. Porém, com relação ao perfil de ácidos graxos, os peixes refletiram a composição lipídica das dietas, o CLA influenciou significativamente ($p < 0,05$) na concentração dos ácidos graxos 15:1n-7, 16:00, 16:1n-9, 16:1n-5, 18:1n-9, 18:2n-6, 18:3n-3, 18:2 (c9,t11) e o 18:2 (t11,c12), 20:1n-9, 22:1n-9, 20:5n-3 e 22:4n-6 na carcaça dos animais, também no somatório total de CLA, somatório de ácidos graxos saturados (AGS), moinsaturados (AGMI) e polinsaturados das séries n-6 e n-3. Portanto, conclui-se que, para esta fase de desenvolvimento, fornecimento de CLA na dieta pode refletir em incorporação deste ácido graxo nos tecidos dos lambaris-do-rabo-amarelo (*Astyanax altiparanae*), sendo recomendado como alimento funcional para melhorar a saúde humana.

ABSTRACT

CAMPELO, Daniel Abreu Vasconcelos, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, february, 2012. **Inclusion levels of conjugated linoleic acid (CLA) in diets for the lambaris-do-rabo-amarelo (*Astyanax altiparanae*)**. Adviser: Ana Lúcia Salaro. Co-advisers: Ana Vlória Bandeira Moreira, Jener Alexandre Sampaio Zuanon, Ronald Kennedy Luz and Wilson Massamitu Furuya.

Among the studies related to the study of fatty acids, the use of conjugated linoleic acid (CLA) has been noted for promoting effects on growth, feed efficiency and body composition of fish, thus improving the final production. For human health, many studies that use of CLA, have been conducted on the basis of its beneficial effects, mainly for their anticancer action and prevention of obesity. Studies correlating the beneficial effects of consumption of fish meat in control of human diseases, especially circulatory and heart, has also been the target of many researchers. Thus, the possibility of enrichment of the fish meat with conjugated linoleic acid (CLA) is important for the establishment of such recommendations in commercial diets for these species, as well as meat quality, therefore contributing to increased consumption this protein. However, the inclusion levels of CLA in diets for various fish species are not well defined, which could be related to differences in energy metabolism of the species. The lambari-do-rabo-amarelo (*Astyanax altiparanae*) has good potential for aquaculture due to rapid growth, high prolificacy, short production cycle and wide distribution in nature. The nutritional value of fish meat is associated with protein quality and content of polyunsaturated lipids. Thus, studies that allow for the improvement in the quality of the meat of these species become central to the recommendations of this protein for human consumption. Therefore, this study aimed to evaluate different levels of CLA on growth performance and carcass composition of lambari-do-rabo-amarelo. For this purpose, It was used a completely randomized experimental design with six treatments (0.0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 and 2.5% CLA), and five repetitions. Lambaris juveniles, with average weight of 1.58 g (\pm 0.23) were distributed in 30 tanks (containing 70 liters each), equipped with biological filter and constant aeration, density of 19 fish per tank. The fish were fed the test diets, ad libitum, in the hours of 8h:00min, 11h:00min, 14h:00min e 17h:00min, for a period of 90 days. At the end of the experiment were analyzed the following zootechnical parameters: survival rate, weight gain, specific growth rate, feed

conversion, carcass yield and viscerossomático, gonadosomatic and hepatosomatic indices. The fish of the different treatments were also analyzed for chemical composition and fatty acid profile of the carcass. The data were evaluated by analysis of variance, at 5% significance level. There was no statistical difference between the parameters of growth performance and carcass composition of fish of different treatments. However, with respect to the fatty acid profile, fish reflected the lipid composition of the diets, CLA significantly influences ($p < 0.05$) the concentration of animal carcass fatty acids 15:1n-7, 16:00, 16:1n-9, 16:1n-5, 18:1n-9, 18:2n-6, 18:3n-3, 18:2 (c9,t11) and 18:2 (t11,c12), 20:1n-9, 22:1n-9, 20:5n-3 and 22:4n-6, also the CLA total sum, sum of saturated fatty acids (SFA), monounsaturated (MUFA) and polyunsaturated (PUFA) n-6 and n-3 series. Therefore, we conclude that for this stage of development, provision of CLA in the diet may reflect the incorporation of this fatty acid in the tissues of the lambari-do-rabo-amarelo (*Astyanax altiparanae*), being recommended as a functional food for improving human health.

INTRODUÇÃO GERAL

A composição de ácidos graxos presente nos peixes é determinada, em geral, pela origem do lipídio consumido e pela capacidade do animal em dessaturar e alongar os ácidos graxos. Tal capacidade pode variar de espécie para espécie (Henderson & Tocher, 1987; Sargent et al., 2002). Assim, a obtenção de ácidos graxos da dieta pelos peixes pode favorecer melhorias no desempenho e na saúde do animal e por esta razão, a inclusão de diferentes níveis e fontes de lipídios em dietas para peixes vem despertando o interesse de diversos pesquisadores da área.

Entre as pesquisas relacionadas ao estudo de ácidos graxos, a utilização do ácido linoléico conjugado (CLA) tem se destacado por promover efeitos no crescimento, eficiência alimentar e composição corporal dos peixes (Pariza et al., 2001). Para a saúde humana, atribui-se ao CLA as propriedades anticancerígenas, antiaterosclerótica, antioxidante, antibacteriana e imunomodulatória (Jahreis et al., 2000; Pariza et al., 2001; Roche et al., 2001). Porém, os produtos que naturalmente contem CLA, como carnes, leite e queijos apresentam baixos níveis de CLA (Hinders, 1999), quando comparados com peixes alimentados com dietas suplementadas com CLA. Nesse contexto, em uma porção de 150g de leite, encontram-se aproximadamente 61 mg de CLA, enquanto que, em mesma quantidade de filé de bagre do canal (*Ictalurus punctatus*) alimentado com dieta contendo mistura de 1,0% de CLA com 1,5% de óleo de peixe pode fornecer cerca de 500 mg de CLA (Manning et al., 2006).

Com o crescente interesse pelo consumo de alimentos nutracêuticos pela população, fabricantes e produtores de alimentos estão buscando novos métodos de fornecer substâncias benéficas aos consumidores (Manning et al., 2006) e desta forma os peixes se destacam como importantes fornecedores de ácidos graxos poliinsaturados. Portanto, a possibilidade de incorporação de CLA na carne de peixe pode ser interessante para aumentar o valor nutricional desta carne para o consumo humano (Bandarra et al. 2006). No entanto, os efeitos da dieta enriquecida com CLA no desempenho ou na composição tecidual da maioria das espécies de peixes ainda não foram relatados (Bandarra et al. 2006) ou em muitos casos são contraditórios (Santos et. al. 2007).

Entre as muitas espécies de lambaris, os animais do gênero *Astyanax* caracterizam-se por se agruparem em cardumes e apresentarem hábito alimentar onívoro, com ampla plasticidade alimentar (Vilella et al., 2002; Bennemann et al., 2005; Rondinelli, 2007). Dentre as espécies descritas neste gênero, destaca-se o lambari-do-rabo-amarelo (*Astyanax altiparanae*) (Garutti & Britski, 2000), conhecido como lambari-tambiú. Essa espécie apresenta maturidade sexual precoce, carne muito apreciada pela população brasileira e ampla distribuição na natureza, desde o nordeste brasileiro até a Bacia do Prata (Souza & Andrade, 1983; Silva et al., 1983; Serafini, 2003; Cotan et al, 2006). Assim, estudos que viabilizem a melhoria na qualidade da carne dessa espécie tornam-se fundamentais para recomendações destes como alimento funcional.

Portanto, com este estudo objetiva-se avaliar o efeito de diferentes níveis de inclusão do ácido linoléico conjugado (CLA) em dietas para lambaris-do-rabo-amarelo (*Astyanax altiparanae*), sobre o desempenho produtivo, composição química e perfil de ácidos graxos da carcaça dos peixes.

REVISÃO DE LITERATURA

Lipídios

Os lipídios são fundamentais para o organismo animal, uma vez que desempenham funções energéticas, estruturais e de fornecimento de ácidos graxos (Gurr et al., 2002). A β -oxidação dos lipídios libera energia (Froyland et al., 2000) que é utilizada nos diversos processos metabólicos dos animais. Esta energia gerada pela oxidação dos lipídios é duas vezes maior que a energia gerada pela oxidação de carboidratos, o que torna o armazenamento de lipídios, mais vantajoso para os animais (Nelson & Cox, 2006). Entretanto, tanto a falta quanto o excesso de lipídios pode influenciar de forma negativa no crescimento e desenvolvimento dos peixes. Assim, juvenis de tilápia (*Oreochromis niloticus* X *Oreochromis aureus*) alimentados com dietas isoenergéticas suplementadas com 10 e 15% de lipídio, apresentaram maior ganho de peso, melhor conversão alimentar e maior eficiência protéica quando comparadas com os peixes alimentados com dietas suplementadas com 5 e 20% de lipídio, respectivamente (Chou & Shiau, 1996). Para juvenis de “Seabass” japonês (*Lateolabrax japonicus*) níveis superiores a 12% de lipídios na dieta, levaram a redução do consumo e conseqüentemente diminuição do crescimento e da eficiência proteica dos peixes (Xu et al., 2010). Portanto, o nível ideal de lipídio na dieta varia com a espécie, fase de desenvolvimento, hábito alimentar e ambiente de criação.

Os lipídios também participam de outros processos, como absorção de substâncias lipossolúveis, liberação de hormônios e redução da velocidade de passagem do alimento pelo trato intestinal dos animais (Beterchini, 2006).

Os lipídios podem ser classificados em lipídios neutros, quando não apresentam carga elétrica em sua estrutura e lipídios polares, quando possuem carga elétrica em sua estrutura. Os lipídios neutros são representados principalmente pelos triacilgliceróis, responsáveis pelo fornecimento e armazenamento de energia e somam cerca de 90% dos lipídios totais presentes na musculatura da maioria das espécies de peixes (Ribeiro et. al. 2007). Na classe dos lipídios neutros também se encontram aqueles que desempenham funções reguladoras, como transporte de substâncias lipossolúveis, transcrição do código

genético e cofatores de enzimas. Os lipídios polares têm função estrutural, como os fosfolipídios e glicolipídios e representam cerca 5 a 50% dos lipídios totais (Nelson & Cox, 2006, Ribeiro et. al. 2007). A porcentagem de lipídios polares totais apresenta relação inversa com o teor de triacilgliceróis (Nelson & Cox, 2006, Ribeiro et. al. 2007).

Os principais constituintes dos lipídios são os ácidos graxos, os quais determinam suas propriedades gerais. Os ácidos graxos são obtidos a partir da conversão de gorduras e óleos naturais em triacilglicerídeos. Os triacilglicerídeos são hidrolisados em uma molécula de glicerol e três de ácidos graxos (Beterchini, 2006). Os ácidos graxos são classificados conforme a cadeia carbônica em: saturados, quando não apresentam duplas ligações ou insaturados, quando apresentam uma ou mais duplas ligações (Murray et al., 1994). Os ácidos graxos insaturados ainda podem ser classificados em monoinsaturados ou poliinsaturados, em função do número de duplas ligações na cadeia carbônica (Gurr et al., 2002).

Nos peixes, os ácidos graxos saturados podem ser obtidos da dieta ou serem sintetizados por sistema enzimático complexo, onde o ponto de partida é o acetil-CoA derivado de fontes não lipídicas. No fígado, a partir dos ácidos graxos saturados formam-se os monoinsaturados, por meio da reação catalisada pela enzima Δ -9 dessaturase, sendo que apenas o ácido oleico (18:1n-9) pode ser formado. Dos monoinsaturados, vindos da dieta ou sintetizados pelo animal, originam-se os poliinsaturados, por ação das dessaturases específicas para a posição onde a dupla ligação será inserida na cadeia (Belda & Pourchet-Campos, 1991).

Os peixes, assim como a maioria dos vertebrados, não são capazes de sintetizar os ácidos graxos poliinsaturados das séries n-6 e n-3, uma vez que não apresentam as enzimas Δ -12 e Δ -15 dessaturases (Calder, 2001; Wallis et al., 2002; Tocher, 2003). Os principais ácidos graxos das series n-6 e n-3 são os ácidos graxos linoléico (18:2n-6) e α -linolênico (18:3n-3), respectivamente, sendo, portanto, fundamental o fornecimento desses ácidos, via alimentação (Simopoulos, 1999; Calder, 2001; Wallis, et al., 2002; Simopoulos, 2002).

Os ácidos graxos linoléico (18:2n-6) e α -linolênico (18:3n-3) sofrem processos de dessaturação e alongamento, pela ação das enzimas Δ -6 e Δ -5, originando o ácido araquidônico (ARA ou 20:4n-6) e o ácido eicosapentaenóico (EPA ou 20:5n-3) respectivamente, sendo que o EPA pode originar o

docosahexaenóico (DHA ou 22:6n-3) (Tapiero et al., 2002; Tocher, 2003). O ácido araquidônico é incorporado aos fosfolípidios das membranas celulares e tem papel fundamental na produção de eicosanóides (prostaglandinas, prostaciclina, tromboxanos e leucotrienos). Os eicosanóides, por sua vez exercem funções reguladoras nos diferentes tecidos (Suárez-Mahecha et al., 2002). Benefícios nutricionais e medicinais do EPA e DHA como a prevenção e tratamento de doenças cardiovasculares, hipertensão, inflamações em geral, asma, artrite, psoríase e vários tipos de câncer têm sido discutidos, para os humanos (Hearn et al., 1987; Simopoulos, 1990; Simopoulos & Salem, 1989; Kinsella, 1990; Ward, 1995; Hirayama, 1994; Schmidt & Dyerberg, 1994; Mayser et al., 1998; Sander, 2000).

Para peixes, os ácidos graxos poliinsaturados, principalmente o EPA e o DHA, tem importante papel na manutenção da estabilidade mecânica e osmótica da membrana plasmática das células (Steffens, 1997). A estrutura destes ácidos graxos, principalmente do DHA, é forte e flexível, permitindo que eles passem por mudanças em sua conformação, possibilitando às células a reorganização rápida da membrana, como observado em células das membranas cerebrais e da retina, as quais são ricas em DHA (Glencross et al. 2009). EPA e DHA também são encontrados no saco vitelino dos ovos de peixes, sendo importantes para o desenvolvimento visual e neural das larvas (Sargent et al. 1997; Glencross et al. 2009).

A falta destes ácidos graxos pode influenciar no desenvolvimento dos tecidos cerebrais e ópticos, aumentar a fragilidade dos eritrócitos e, em larvas, reduzir a sobrevivência e atuar diretamente na pigmentação dos animais (Steffens, 1997). Porém, o excesso de EPA e DHA também pode ser prejudicial aos peixes, como observado em salmão (*Salmo salar*), onde níveis elevados de ácidos graxos poliinsaturados da série n-3 induziu o estresse oxidativo no fígado (Kjaer et al. 2008) e tecido adiposo dos animais (Todorovic et al. 2009). Altos níveis de EPA e DHA em dietas para juvenis de salmão do Atlântico (*Salmo salar*) ocasionaram danos peroxidativo nas membranas mitocondriais, enquanto que as dietas com baixas concentrações de DHA promoveram ação antioxidante nas mesmas (Ostbye et al., 2011).

Os ácidos graxo linoléico (18:2n-6) e α -linolênico (18:3n-3) são substratos da mesma enzima, a $\Delta 6$ dessaturase e esta enzima tem maior afinidade para os

precursores n-3, podendo levar a maior formação de DHA (22:6n-3) em relação a formação de ARA (20:4n-6) (Zheng et al., 2009). Portanto, torna-se necessário o equilíbrio no consumo de alimentos ricos em ácidos graxos das séries n-3 e n-6, para que não ocorra predominância na formação de determinado ácido graxo em detrimento ao outro. Assim, é indicada maior proporção de ácido linoléico em relação ao α -linolênico (Salem, 1999), tanto para o consumo humano como para os animais. A proporção considerada ideal entre ácidos graxos das séries n-3/n-6 é de 4 a 5:1 e a razão entre ácidos graxos poliinsaturados/saturados (AGPI/AGS) deve ser superior a 0,45 (Department of Health, 1994).

Peixes de água doce apresentam relação n-3/n-6 mais baixa que a dos peixes marinhos (Olsen, 1998) em função da alimentação desses animais ser rica em ácidos graxos da série n-6 (Zenebe et al., 1998). Os peixes marinhos são mais exigentes em ácidos graxos altamente insaturados, principalmente EPA e DHA (Tocher & Ghioni, 1999). As diferenças no perfil lipídico dos peixes marinhos e de água doce também podem ser explicadas pelo fato que os peixes de água doce, de uma forma geral, possuem maior atividade das enzimas $\Delta 6$ e $\Delta 5$, e portanto, estes animais apresentam maior capacidade de alongar e dessaturar os ácidos graxos linoléico (18:2n-6) e α -linolênico (18:3n-3), gerando os demais ácidos graxos essenciais das séries n-6 e n-3, os ácidos araquidônico, eicosapentaenóico e docosahexaenóico (Olsen, 1998). Em alguns peixes de água salgada, a atividade das enzimas $\Delta 6$ e $\Delta 5$ é muito baixa, comprometendo a capacidade desses animais em alongar e dessaturar esses ácidos o que resulta em baixa ou nenhuma capacidade de formação dos ácidos ARA, EPA e DHA (Martino & Takahashi, 2001; Tocher & Ghioni, 1999).

Ácido linoléico conjugado - CLA

O ácido linoléico conjugado (CLA) é formado a partir do ácido linoléico (18:2n-6) e é um termo comum usado para um grupo de ácidos octadecadienóicos, que são isômeros conjugados posicionais e geométricos do ácido linoléico, onde as duplas ligações são separadas por uma ligação simples carbono-carbono (figura 01). Vários alimentos destinados ao consumo humano apresentam o ácido linoléico conjugado (CLA), como carnes de ruminantes, de aves, de peixes, além do queijo, da manteiga e do leite (Pariza et al., 2001).

O CLA foi identificado pela primeira vez, na década de 80, por Pariza et al. (1983), quando esses pesquisadores observaram em extratos de carne bovina a presença de componentes mutagênico e anti-mutagênico, independente do cozimento. Pariza & Hargraves (1985) demonstraram que o extrato da carne bovina foi capaz de inibir a progressão do tumor em células epiteliais de camundongos. Após alguns anos Há et al. (1987) isolaram e caracterizaram o componente anti-mutagênico da fração lipídica da carne, os quatro isômeros isolados eram derivados do ácido linoléico, sendo que cada um dos isômeros continha um sistema de dupla ligação conjugada, os quais foram denominados ácidos linoléicos conjugados. Desde então, diversos estudos confirmam a atividade anti-carcinogênica do CLA, fato este que levou o ácido linoléico conjugado ser considerado pela *National Academy of Sciences* como o único ácido graxo capaz de inibir experimentalmente a carcinogênese em animais.

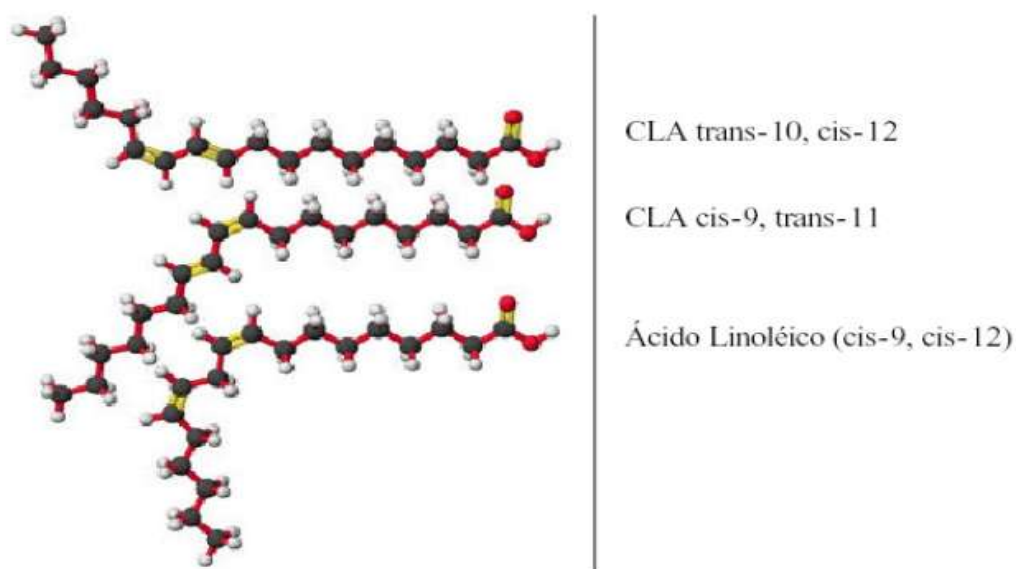


Figura 01. Estrutura do ácido linoléico conjugado, com detalhes do CLA trans-10, cis-12, CLA cis-9, trans-11 e ácido linoléico – cis-9, cis-12. As duplas ligações estão representadas em amarelo na forma molecular (adaptado de Steinhart, 1996).

O ácido linoléico conjugado (CLA) é normalmente citado como uma única molécula, que engloba um grupo de isômeros geométricos e posicionais, com duplas ligações conjugadas (Donovan, et al. 1997). Há 56 possíveis isômeros geométricos e de posição do CLA (Yuraweez, et al., 2001), entretanto apenas os

isômeros 18:2 cis-9, trans-11 e 18:2 trans-10, cis-12 receberam atenção pela a atividade anticarcinogênica (Pariza & Há 1990; Ip, 2001) e influência no metabolismo de gordura (Mcguire et al. 1997; Park et al. 1997; Dunshea et al. 1998), respectivamente.

Produção do CLA

O CLA cis-9, trans-11 é produzido naturalmente no rúmen, por bactérias ruminais, como um ácido graxo intermediário do processo de biohidrogenação do ácido linoléico. A bactéria mais conhecida envolvida neste processo é a *Butyrivibrio fibrisolvens* (Keler et al., 1966). Normalmente a biohidrogenação acontece de forma completa, porém, alguns produtos intermediários podem atravessar a parede do rumem, indo para corrente sanguínea, e serem utilizados na síntese de lipídios nos tecidos mamários ou adiposos, gerando também o CLA (Muller & Delahoy, 2004). Neste caso, esse isômero será produzido por meio da dessaturação do ácido graxo 18:1 trans-11 (ácido vacênico) pela enzima Δ -9 dessaturase (SCD) presente em glândulas mamárias e tecidos adiposos (Corl et al., 2001) (Figura 02).

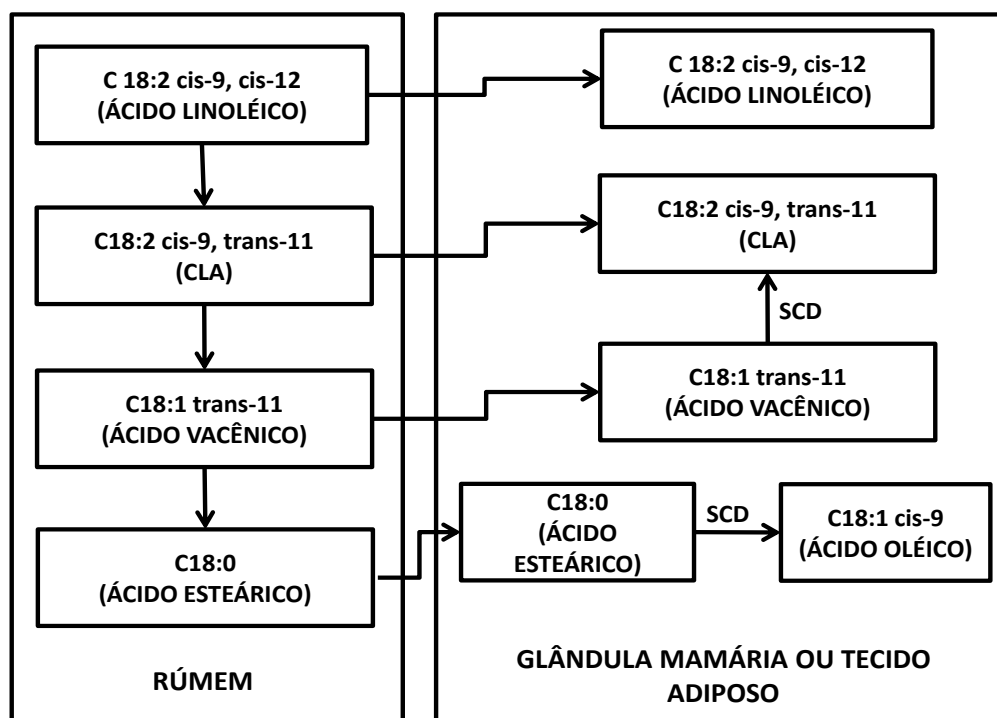


Figura 02. Via metabólica proposta para biossíntese do C18:2 cis-9, trans-11 (adaptado de Bauman e Griinari, 2001).

O isômero do CLA trans-10, cis-12 ocorre exclusivamente no rúmen, durante o processo de biohidrogenação do ácido linoléico pela bactéria *Propionibacter*. O CLA trans-10, cis-12 é intermediário da biohidrogenização do ácido linoléico em ácido octadecenóico trans-10 (18:1 trans-10). Porém como os mamíferos não possuem a enzima Δ -12 desaturase, todo CLA trans-10, cis-12 presente em tecidos de ruminantes é oriundo da sua absorção pelo trato gastrointestinal (Pariza et al., 2001; Lawson et al., 2001). O processo de formação dos demais isômeros de CLA ainda não é conhecido, porém é provável que eles também sejam derivados do metabolismo de bactérias ruminais (Pariza et al., 2001).

O CLA também pode ser produzido sinteticamente gerando moléculas com variadas conformações posicionais e geométricas dos isômeros de 18:2 cis-9, cis-12 conjugados (Chouirnard et al. 2000). Os diversos processos originam óleos com diferentes concentrações de CLA e diferentes proporções de cis-9, tras-11 e tras-10, cis-12. O método comumente utilizado para síntese de CLA é conhecido

como isomerização alcalina, que consiste em aquecer sob condições básicas o ácido linoléico com etilenoglicol e hidróxido de potássio (Chin et al., 1992). Este processo gera um óleo com 40% dos isômeros cis-9, trans-11 e 50% do trans-10, cis-12. Existem outros métodos para sintetizar o CLA, como o método apresentado por Delmonte et al. (2003) que obtiveram o CLA pela conjugação de bases do ácido gama-linolênico (18:3n-6) parcialmente hidrogenado, partindo de óleos vegetais com altas concentrações de ácido gama-linolênico.

Efeitos do CLA

Vários autores vêm demonstrando, em diversas espécies, principalmente para o ser humano, efeitos positivos do CLA como as ações anticarcinogênica (Ip et al., 1991; Ip et al., 1996; Pariza et al., 2001; Masso-Welch et al., 2002; Field et al., 2004; Ochoa et al., 2004) e antiobesidade (Park et al., 1997; Ostrowska et al., 1999). Melhorias nas funções imunológicas (Hayek et al., 1999) e prevenção da aterosclerose (Lee et al., 1994; Nicolosi et al., 1997) também são atribuídas ao CLA. O CLA também interfere na formação óssea (Watkins et al., 2000; MacDonald, 2000); no metabolismo de lipídios (Pariza et al., 2001; Azain et al., 2000; Müller et al., 1999); no ganho de peso e na eficiência alimentar dos animais (Chin et al., 1994). Entretanto, o papel desencadeado pelos diversos isômeros ainda é muito discutido em função dos isômeros produzem diferentes efeitos no organismo (Pariza et al., 2000).

O CLA pode influenciar a composição corporal dos animais, como em estudos com suínos alimentados com 0,05-1,0% de uma mistura de isômeros do CLA, onde se observou redução da gordura, porém, sem influenciar no peso corporal total dos animais (Cook et al., 1999). Da mesma forma, suínos em crescimento (8 semanas) alimentados com 0,07-0,5% de CLA (mistura de isômeros) apresentaram redução da deposição de gordura, em relação aos suínos do grupo controle (Ostrowska et al., 1999). Entretanto, a utilização de apenas 1% de CLA na alimentação de suínos, por oito semanas, não proporcionou mudanças na produção de calor, retenção de energia, ou no peso corporal dos animais (Muller et al., 1999). Maior eficiência em reduzir gordura corporal dos

camundongos foi atribuída ao isômero trans-10, cis-12 quando comparado ao isômero cis-9, trans-11 (Park et al., 1999).

Condições experimentais, fase de desenvolvimento e estado metabólico do animal, nível de cada isômero e tempo de administração do CLA são fatores que podem afetar a forma com que o CLA altera a composição corporal dos animais (Evans et al. 2002). Assim, frangos de corte machos, alimentados durante a fase inicial com dietas contendo 5% de CLA apresentaram menor consumo, menor ganho de peso médio diário e pior conversão alimentar quando comparados com os animais que receberam uma dieta contendo 5% de óleo de milho (Badinga et al., 2003). Hamsters alimentados com dieta hipercolesterolêmica suplementada com 1% da mistura de isômero do CLA apresentaram peso significativamente menor e maior consumo de alimento, quando comparado com os animais que consumiram apenas dietas suplementada com 0,2% de CLA (cis-9, trans-11) ou 1% de ácido linoléico (Gavino et al., 2000).

Diversos fatores explicam a influência do CLA sobre a composição corporal dos animais, como por exemplo, a alteração no metabolismo dos adipócitos, aumento do gasto energético com o aumento da β -oxidação de ácidos graxos e controle das adipocinas e das citocinas (Park & Pariza, 2007).

Com relação ao efeito do CLA sobre a adipogênese, Park et al. (1997), demonstraram que as culturas de adipócitos (3T3-L1) tratados com 20 a 200M da mistura de isômeros de CLA por 2 dias, apresentaram redução de 8% no conteúdo de lipídeos e 66% na atividade da lipoproteína lípase, além de aumentar em 22% a liberação de glicerol em relação às células não tratadas. Nesse mesmo aspecto, Brodie et al. (1999), observaram que 25 a 100M de uma mistura de isômeros do CLA inibe a proliferação de culturas de pré-adipócitos 3T3-L1. O isômero trans-10, cis-12 reduz o índice de triglicerídeos na diferenciação de pré-adipócitos 3T3-L1 (Evans et al., 2000; Park et al., 1999).

Para Choi et al. (2000), a concentração de 10 a 100M do isômero trans-10, cis-12 reduziu a expressão gênica da enzima Δ -9 dessaturase, enzima responsável pela dessaturação de ácidos graxos saturados (AGS), em ácidos graxos monoinsaturados (AGM). A dessaturação de AGS em AGM é fundamental para que ocorra a síntese e armazenamento de triglicerídeos (Evans et al., 2002).

Lee et al. (1998), também sugeriram que o isômero trans-10, cis-12 seja o responsável pelos efeitos inibitórios da expressão do mRNA que codifica a

enzima Δ -9 dessaturase. Assim, como a Δ -9 dessaturase é inibida pelo CLA, este é capaz de aumentar o depósito de ácidos graxos saturados e reduzir a deposição de monoinsaturados (Kang et al., 2004).

O CLA é β -oxidado nos peroxissomos influenciando na expressão dos genes, pela ativação de receptores de ativação e proliferação peroxissomal (PPARs). Os receptores de ativação e proliferação peroxissomal (PPARs - α , δ/β e γ) são reguladores da expressão gênica de proteínas envolvidas nos diversos processos metabólicos, como o metabolismo de lipídios e ácidos graxos. Entre os efeitos observados nas diversas espécies de animais alimentados com dietas suplementadas com CLA, o aumento de fatores de transcrição envolvidos na β -oxidação, aumento nas vias de transporte dos ácidos graxos e redução na diferenciação de adipócitos confirmam a afinidade de ligação do CLA com os PPARs (Rivera, 2006).

É possível que o CLA, por ser derivado do ácido linoléico, siga a mesma tendência dos ácidos graxos linoléico e araquidônico que apresentam tendência a se ligarem ao PPAR- α (Rivera, 2006). O receptor nuclear PPAR- γ atua controlando o metabolismo lipídico, principalmente no tecido adiposo, regulando vários processos nos adipócitos como a diferenciação, proliferação e lipogênese. A redução da expressão desse receptor foi atribuída ao CLA (Park & Pariza, 2007). Entretanto, resultados opostos foram observados por Corino et al. (2002) e Mc Neel & Mersmann (2003). Portanto, ainda é desconhecido como o CLA interage com os PPARs

Evans et. al. 2002, apresentam duas hipóteses para explicar a influência do ácido linoléico conjugado (CLA) na redução do conteúdo de triglicérides e na alteração na morfologia dos lipídios dos adipócitos. A primeira apresenta o CLA ligando-se ao PPAR- α , e assim ativando-o, tendo como consequência aumento do gasto energético, da lipólise e da β -oxidação dos ácidos graxos. Neste caso o PPAR- α estaria envolvido na regulação de diversas enzimas nos peroxissomos e mitocôndrias. Na segunda hipótese, o CLA diminuiria a atividade PPAR- γ , reduzindo a expressão de genes que controlam a lipogênese e a esterificação dos triglicerídeos (Figura 03).

Em culturas de pré-adipócitos humanos, ocorreu redução da lipogênese (Brown et al., 2001a) e esterificação de triglicerídeos (Brown et al., 2001b) com o aumento dos níveis do isômero trans-10, cis-12, porém o mesmo não foi

observado quando se aumenta os níveis do cis-9, trans-11. Estes resultados sugerem que o isômero trans-10, cis-12 possa diminuir o conteúdo de triglicerídeos, pela diminuição da síntese de ácidos graxos e esterificação dos triglicerídeos.

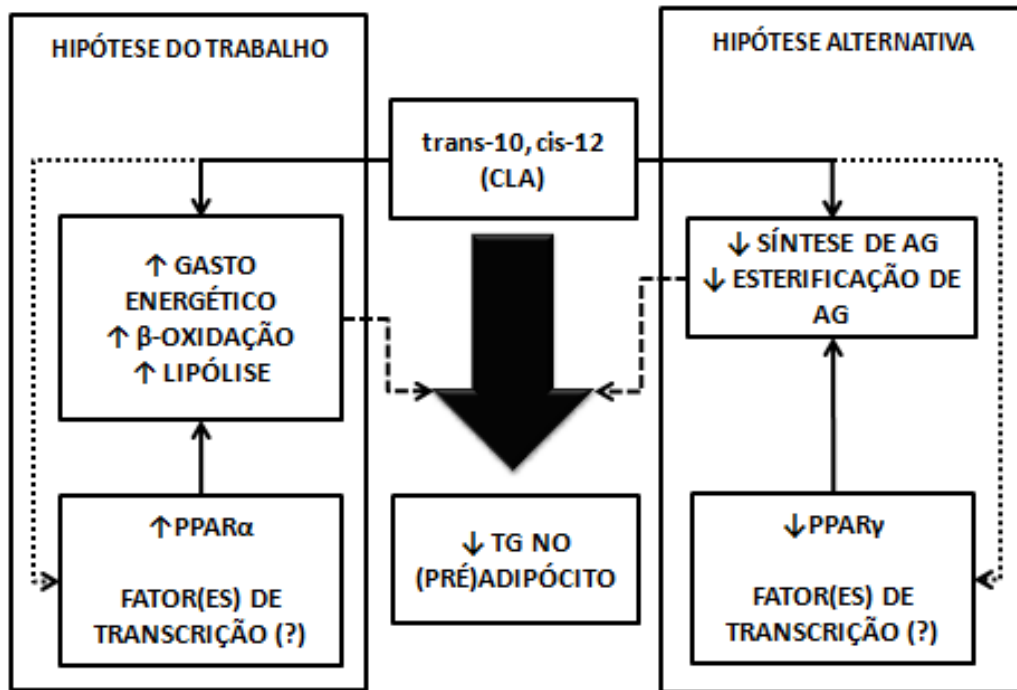


Figura 03. Hipóteses que explicam a influência do ácido linoléico conjugado (CLA) na redução do conteúdo de triglicérides (adaptado de Evans et al. 2002). AG: ácido graxo; TG: triglicerídeos.

A hipótese de que o CLA aumenta a β -oxidação de ácidos graxos no músculo esquelético (Pariza et al., 2001), foi descrita em vários estudos, como por exemplo, os de Martin et al. (2000), que observaram aumento da carnitina palmitoil transferase I (CPT-1) hepática e adiposa em ratos alimentados com dieta contendo 1% do isômero trans-10, cis-12 do CLA. Essa enzima é responsável pela entrada do ácido graxo na mitocôndria para ser β -oxidado (Park et al., 1997; Park et al., 1999c).

O CLA também pode regular as adipocinas e citocinas. As adipocinas são peptídeos secretados pelos adipócitos responsáveis pela regulação do apetite e balanço energético, imunidade, sensibilidade à insulina, inflamação, metabolismo de lipídeos, entre outros papéis (Mafra & Farage, 2006), sendo as mais estudadas a

leptina, adiponectina e resistina. As citocinas são um grupo de moléculas envolvidas na sinalização celular durante o desencadeamento das respostas imunes. São produzidas por diversas células como: macrófagos, linfócitos além de células não linfóides. Alguns exemplos de citocinas pró-inflamatórias são: fator de necrose tumoral (TNF- α), interleucina-1 e interleucina-6. As citocinas podem exercer diversas ações sobre vários tipos de células e tecidos (Torres et al., 2000).

Aumento nos níveis de CLA levam a redução nos níveis de leptina do organismo (Ryder et al. 2001; Tsuboyama-Kasaoka et al., 2000), o que pode ser explicado pelo fato do CLA se ligar aos PPAR- γ , o que levaria a redução da expressão gênica da leptina ou redução na massa de tecido adiposo promovida pelo CLA (Park & Pariza, 2007). Altas concentrações de CLA também podem levar a redução dos níveis de algumas citocinas, como TNF- α e a interleucina-6, as quais, em níveis normais, estão relacionadas ao aumento da expressão de RNAm para síntese de leptina (Mota & Zanesco, 2007; Fonseca et. al., 2006). O aumento dos níveis de CLA está relacionado à redução do TNF- α , assim como o aumento dos níveis de adiponectina (Pariza et al., 2000; Pariza et al., 2001; Tsuboyama-Kasaoka et al., 2000).

Deste modo o CLA influencia na composição corporal, tendendo a destinar os ácidos graxos a serem utilizados como fonte de energia, o que consequentemente leva a uma redução no depósito de gordura corporal (Park & Pariza, 2007), além de atenuar a resposta imune, regulando algumas adipocinas e citocinas.

CLA em peixes

Entre as pesquisas relacionadas ao estudo de ácidos graxos, a utilização do ácido linoléico conjugado (CLA) em dietas para peixes tem se destacado por promover efeitos no crescimento, eficiência alimentar e composição corporal dos peixes, melhorando assim, a produção final. Várias pesquisas indicam que a habilidade dos peixes em acumular CLA é dependente da espécie e da fonte do lipídio utilizado na dieta (Twibell et al., 2001). Entretanto, os resultados obtidos para os peixes alimentados com dietas suplementadas com CLA ainda são contraditórios, principalmente sobre seu efeito no crescimento e composição dos lipídios corporais dos animais (Santos et al., 2007).

Juvenis de salmão do atlântico (*Salmo salar*) alimentados com dieta contendo 1% de CLA apresentaram maiores teores de P e Ca na musculatura quando comparado com os peixes que receberam dietas contendo 0% e 0,5% e maior teor de Mg, que os peixes alimentados com a dieta controle (0%). Como as dietas continham quantidades semelhantes de P e Mg, as diferenças nos níveis destes minerais foram atribuídas as diferenças na utilização dos mesmos, sugerindo efeito positivo do CLA sobre a mineralização óssea (Berge et. al., 2004).

A inclusão de 0,5% de CLA na dieta de juvenis de truta arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*) promoveu redução no teor de lipídios das vísceras dos animais quando comparado com aqueles que receberam dieta sem CLA (Bandarra et al. 2006). Da mesma forma, a utilização de dietas suplementadas com 5 a 10 g Kg⁻¹ de CLA levaram a diminuição do conteúdo de lipídios no filé e aumento nos níveis de proteína na carcaça de tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*) (Santos et al., 2011). Resultados semelhantes foram observados para o bagre amarelo (*Pelteobagrus fulvidraco*) quando da utilização de dietas contendo CLA (Tan et al., 2010). Para essa espécie o conteúdo lipídico da carcaça e do fígado reduziu com o aumento dos níveis de CLA da dieta. Entretanto, não foram observadas diferenças nos valores de lipídios totais nos filés de híbridos de “striped bass” (*Morone saxatilis* × *M. chrysops*), perca amarela (*Perca flavescens*) e salmão do atlântico (*Salmo salar*), alimentados com dietas suplementadas ou não com CLA, (Twibell et al. 2000; Twibell et al., 2001; Berge et. al., 2004). Resultados semelhantes foram encontrados para o bagre-do-canal (*Ictalurus punctatus*) alimentado com dietas contendo 0; 0,5 e 1,0% de CLA (Twibell et al., 2003). Também não foram observadas diferenças na composição química da musculatura de tilápia (*Oreochromis niloticus*) (Yasmin et al., 2004), salmão-do-atlântico (*Salmo salar*) (Berge et al., 2004) e truta arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*) (Figueiredo-Silva et al., 2005) alimentados com dietas contendo CLA.

Para híbridos de “striped bass” (*Morone saxatilis* × *M. chrysops*), a utilização de dietas suplementadas com 1% de CLA promoveu melhorias na conversão alimentar e índice hepatossomático, entretanto diminuiu o consumo e o ganho de peso dos animais, quando comparado com aqueles que consumiram a ração controle, com 0% de CLA (Twibell et al., 2000). Da mesma forma, Choi et al. (1999) observaram que níveis de CLA superiores a 1% em dietas para tilápia-

do-nilo (*Oreochromis niloticus*) e “rockfish” (*Sebates schlegi*) e 2,5% para carpa-comum (*Cyprinus carpio*), resultaram em menor ganho de peso. Para o bagre amarelo (*Pelteobagrus fulvidraco*), observou-se redução no consumo de ração, no ganho de peso e na taxa de crescimento específico com o aumento dos níveis de CLA na ração (Tan et al., 2010).

Aumento no índice hepatossomático foi observado tanto em “striped bass” (*Morone saxatilis* × *M. chrysops*) quanto em perca amarela (*Perca flavescens*), alimentados com 1% de CLA na dieta (Twibell et al., 2000; Twibell et al., 2001). Porém, o aumento dos níveis de CLA de 0,00%, 0,50%, 0,75%, 1,00% e 2,00% na dieta não afetaram o crescimento, conversão alimentar e os índices hepatossomático e viscerossomático de juvenis de truta arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*), (Bandarra et al. 2006). Resultados semelhantes para os valores de conversão alimentar, índice de crescimento diário, taxa de eficiência protéica e índice hepatossomático foram observados para o robalo europeu (*Dicentrarchus labrax*), alimentados com dietas suplementadas com os níveis de 0,00, 0,50, 0,75, 1,00 ou 2,00% de CLA (Valente et. al., 2007a).

Os diferentes resultados observados com a inclusão de ácido linoléico conjugado (CLA) em dietas para peixes podem estar relacionados às diferenças no metabolismo energético das espécies (Terpstra et al., 2001) e ou diferenças nas condições experimentais a que os peixes foram submetidos (Twibell et al., 2003). Tais resultados podem ser reflexos da habilidade do animal em metabolizar ácidos graxos no fígado e da utilização destes como fonte de energia ou de ácidos graxos essenciais (Twibell et al., 2001).

As concentrações de CLA nos tecidos dos peixes também são dependentes da espécie, assim como da fonte lipídica utilizada na dieta e principalmente da quantidade e composição de CLA consumido pelos peixes (Twibell et. al., 2001). Assim, na musculatura de bacalhau do atlântico (*Gadus morhua* L.), observou-se 1,5 e 2,9% de CLA no total de ácidos graxos dos peixes alimentados com 0,5 e 1,0 % de CLA na dieta, respectivamente (Kennedy et. al. 2007). A incorporação de CLA nos lipídios do peixe inteiro e da musculatura do pacu (*Piaractus mesopotamicus*) foi estimada em 36,2 e 35,8 mg/g de lipídio, respectivamente, quando esses animais foram alimentados com dietas contendo 1,2% de CLA (Santos et. al. 2009). Valores semelhantes de CLA na musculatura dos peixes foram encontrados por Berge et al. (2004) e Kennedy et al. (2005) em salmão-do-

atlântico (*Salmo salar*), quando os peixes receberam 2,0% de CLA na dieta, e por Valente et al. (2007b) em truta arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*) alimentadas com 1,0% de CLA.

Santos et al., 2011 observaram que o filé de tilápia-do-nylo (*Oreochromis niloticus*) alimentadas com 5g de CLA por Kg da dieta, apresentou 15,4 mg de CLA/g, enquanto que nos animais alimentados com 10g de CLA por Kg da dieta o filé apresentou concentração igual a 33 mg/g de CLA. Concentrações de CLA na musculatura de carpa comum (*Cyprinus carpio*), tilápia-do-nylo (*Oreochromis niloticus*) e do “rockfish” (*Sebastes schlegeli*) alimentados 1,0% de CLA na dieta foram de 130,1; 41,3 e 51,0 mg/g de ácidos graxos, respectivamente (Choi et al., 1999).

Twibell et. al., 2001, trabalhando com diferentes fontes de óleo associados a níveis de CLA, para juvenis de perca amarela (*Perca flavescens*), observaram que a concentração no músculo dos isômeros de CLA foi significativamente maior nos peixes alimentados com o CLA associado ao óleo de peixe, quando comparados com animais alimentados com CLA associado ao óleo de soja.

Os animais ruminantes que, naturalmente, produzem o CLA, apresentam teores muito menores destes ácidos graxos, quando comparado aos peixes, variando de 0,27% em bovino e 0,56% do total de ácidos graxos em cordeiro (Watkins e Li 2001). Incorporar com sucesso o CLA em todo o corpo do peixe contribui para a produção de alimento funcional, uma vez que alimentos contendo CLA podem ser benéficos à saúde humana (Tan et al., 2010). Deste modo, o consumo de peixes suplementados com CLA pode ser um modo eficaz de aumentar o consumo desses ácidos graxos pelo homem (Twibell et. al., 2001).

***Astyanax altiparanae* (lambari-do-rabo-amarelo)**

O *Astyanax altiparanae* (Garutti & Britski, 2000), espécie anteriormente classificada como *Astyanax bimaculatus* (Linnaeus, 1758), é um peixe da família *Characidae* (subfamília *Tetragonopterinae*), que possui ampla distribuição na natureza, sendo encontrado desde o nordeste brasileiro até a Bacia do Prata (Souza & Andrade, 1983; Silva et al., 1983; Serafini, 2003), o que permite sua criação em várias regiões do Brasil. Esta espécie caracteriza-se por se agrupar em cardumes, apresentar hábito alimentar onívoro e alta plasticidade alimentar, alimentando-se

desde logo a larvas de insetos (Vilella et al, 2002; Bennemann et al, 2005; Rondinelli, 2007). Na natureza podem atingir 40 a 60 gramas e medir até 15 cm de comprimento (Ihering & Azevedo, 1936; Porto-Foresti et al, 2010). Apresentam dimorfismo sexual, sendo que as fêmeas maduras apresentaram ventre desenvolvido e vascularizado, o macho corpo mais esguio e ventre menos desenvolvido (Almeida, 2007; Porto-Foresti et al, 2010), além de espículas ásperas na nadadeira anal, no período reprodutivo (Porto-Foresti et al., 2005; Almeida, 2007; Porto-Foresti et al, 2010).

Os lambaris destacam-se, entre as espécies nativas com potencial zootécnico, por apresentarem características desejáveis para o cultivo intensivo como crescimento rápido, alta prolificidade e ciclo de produção curto (Cotan et al, 2006). Também apresentam hábito alimentar onívoro (Porto-Foresti, 2001; Cotan et al, 2006), o que é vantajoso pois possibilita a formulação de dietas com utilização de proteínas de origem vegetal em substituição a proteína de origem animal (Salaro, et al, 2008), assim como aceitam prontamente dietas processadas. Os lambaris são bastante procurados como petisco, como isca para a pesca esportiva (Hayashi et al., 2004) e como matéria prima para fabricação de farinha de peixe (Porto-Foresti et al., 2001; Porto-Foresti et al, 2010), portanto possuem um mercado específico e em franca expansão

Baseado no exposto acima, com esta pesquisa objetivou-se avaliar a influência de diferentes níveis de CLA em dietas para lambari-do-rabo-amarelo (*Astyanax altiparanae*) sobre o desempenho produtivo, composição química e perfil de ácidos graxos da carcaça dos peixes. Assim, o presente estudo será apresentado sob a forma de artigo intitulado: “Ácido linoléico conjugado (CLA) em dietas para lambaris-do-rabo-amarelo (*Astyanax altiparanae*)”, o qual foi redigido segundo as normas para publicação da Revista Aquaculture Nutrition.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almeida R.B.C. (2007) *Astyanax altiparanae* (Pisces, Characiformes) como modelo biológico de espécie de peixe para exploração zootécnica e biomanipulação. Tese (Doutor em Ciências Biológicas) Universidade Estadual Paulista, Botucatu, SP, BRASIL.
- Azain, M.J., Hausman, D.B., Sisk, M.B., Flatt, W.P. & Jewell, D.E. (2000) Dietary conjugated linoleic acid reduces rat adipose tissue cell size rather than cell number. *The Journal of Nutrition*, 130, 1548–1554.
- Badinga, L., Selberg, K.T., Dinges, A.C., Corner, C.W. & Miles, R.D. (2003) Dietary conjugated linoleic acid alters hepatic lipid content and fatty acid composition in broiler chickens. *Poultry Science*, 82, 111-116.
- Bandarra, M., Nunes, M.L., Andrade, A.M., Prates, J.A.M., Pereira, S., Monteiro M., Remac, P. & Valente, L.M.P. (2006) Effect of dietary conjugated linoleic acid on muscle, liver and visceral lipid deposition in rainbow trout juveniles (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, 254, 496-505.
- Bauman, D. E. & Griinari, J. M. (2001) Regulation and nutritional manipulation of milk fat: low-fat milk syndrome. *Livestock Production Science*, 70, 15-29.
- Belda, M.C.R. & Pourchet-Campos, M.A. (1991) Ácidos graxos essenciais em nutrição: uma visão atualizada. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v.11, 1, 5-35, Campinas.
- Bennemann, S.T., Gealh A.M., Orsi, M.L. & Souza, L.M. (2005) Ocorrência e ecologia trófica de quatro espécies de *Astyanax* (Characidae) em diferentes rios da bacia do rio Tibagi, Paraná, Brasil. *Iheringia*, 95, 247-254.
- Berge, G.M., Ruyter, B. & Asgard, T. (2004) Conjugated linoleic acid in diets for juvenile Atlantic salmon (*Salmo salar*); effects on fish performance, proximate composition, fatty acid and mineral content. *Aquaculture*, 237, 365-380.
- Bertechini, A.G. (2006) *Nutrição de Monogátricos*. Lavras: Editora UFLA, ISBN 85-87692-34-8.
- Brodie, A., Manning, V., Ferguson, K., Jewell, D., & Hu, C. (1999) Conjugated linoleic acid inhibits differentiation of pre- and post-confluent 3t3–11 preadipocytes but inhibits cell proliferation only in pre-confluent cells. *The Journal of Nutrition*, 129, 602–606.
- Brown, J., Halverson, Y-D., Lea-Currie, R., Geigerman, C. & McIntosh M. (2001)a Trans-10, cis-12, but not cis-9, trans-11, conjugated linoleic acid

attenuates lipogenesis in primary cultures of stromal vascular cells from human adipose tissue, *The Journal of Nutrition* 131, 2316–2321.

Brown, J., Lea-Currie, Y., Sen, A. & McIntosh, M. (2001) Trans-10, cis-12 conjugated linoleic acid suppress fatty acid incorporation into lipid in cultures of human preadipocytes. *Obesity Research*, 9, 142.

Calder, P.C. (2001) n-3 polyunsaturated fatty acids, inflammation and immunity: pouring oil on troubled waters or another fish tale? *Nutrition Research*, 21, 309-341.

Carta, G., Satta, R., Pani, L., Colombo, G., Gessa, G. L. & Nava, F. (2001) Baclofen suppression of alcohol-induced dopamine release in the nucleus accumbens. *Pharmacological Research*, 43, 35.

Chin, S.F., Liu, W., Storkson, J.M., Ha, Y.L. & Pariza, M.W. (1992) Dietary sources of conjugated dienoic isomers of linoleic acid a newly recognized class of anticarcinogens. *Journal of Food Composition and Analysis*, 5, 185-197.

Chin, S.F.; Storkson, J.M.; Albright, K.J. Cook, M.E., & Pariza, M.W. (1994) Conjugated linoleic acid is a growth factor for rats as shown by enhanced weight gain and improves feed efficiency. *The Journal of Nutrition*, 124, 2344-2349.

Choi, B.D., Kang, S.J. & Ha, Y.L. (1999) Accumulations of conjugated linoleic acid (CLA) in tissues of fish fed diets containing various levels de CLA. In: *Advances in Conjugated Linoleic Acid Research*. vol. 1, eds. Champaign: AOCS Press: 283-295.

Choi, Y., Kim, Y., Han, Y., Park, Y., Pariza, M. & Ntambi, J. (2000) The trans-10, cis-12 isomer of conjugated linoleic acid downregulates stearyl-coa desaturase 1 gene expression in 3t3–11 adipocytes. *The Journal of Nutrition*, 130, 1920–1924.

Chou, B.S & Shiau, S.Y. (1996) Optimal dietary lipid level for growth of juvenile hybrid tilapia, *Oreochromis niloticus* X *Oreochromis aureus*. *Aquaculture*, 143, 185-195.

Chouirnard, P.Y., Bauman, D.E., Corl, B.A., Baumgard, L.H., McGuire, M. A. & Giesy, J. G., (2000). An update on conjugated linoleic acid. In: *Cornell Nutritional Conference*. 93-101. Proceedings, Cornell University, Ithaca.

Cook, M., Jerome, D., Crenshaw, T., Buege, P., Pariza, M., Albright, K., Schmidt, S., Scimeca, J., Lotgren, P. & Hentges, E. (1999) Feeding conjugated linoleic acid improves feed efficiency and reduces carcass fat in

pigs, Adipocyte Biology and Hormone Signaling Symposium. University of Wisconsin-Madison, Dept. Biochemistry, 67.

Corino, C., Mourot, J., Magni, S., Pastorelli, G. & Rosi, F. (2002) Influence of dietary conjugated linoleic acid on growth, meat quality, lipogenesis, plasma leptin and physiological variables of lipid metabolism in rabbits. *Journal of Animal Science*, 80, 1020–1028.

Cotan, J.L.V., Lanna, E.A.T., Bomfim, M.A.D., Donzele, J.L., Ribeiro, F.B. & Serafini, M.A. (2006) Níveis de energia digestível e proteína bruta em rações para alevinos de lambari tambuí. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 35, 634-640.

Delmonte, P., Roach, J.A., Mossoba, M.M., Losib, G., & Yurawecza, M.P. (2003) Synthesis and isolation of trans-7, cis-9 octadecadienoic acid and other CLA isomers by base conjugation of partially hydrogenated gamma-linolenic acid. *Lipids*, 38, 579-583.

Department of Health. (1994) Report on Health and Social Subjects. In: *Nutritional Aspects of Cardiovascular Disease*, n.46, pp 178. HMSO, London, England.

Donovan, D.C., Schingoethe, D.J., Baer, R.J., Ryali, J. & Hippen, A.R. (1997) Crescimento Animal. *Revista de Farmácia e Bioquímica*, 33, 13-21.

Dunshea, F.R., King, R.H., Campbell, R.G., Sainz, R.D. & Kim, Y.S. (1998) Interrelationships between dietary ractopamine, energy intake, and sex in pigs. *Australian Journal Agriculture Research*, 49, 565-574.

Evans, M., Geigerman, C., Cook, J., Curtis, L., Kuebler, B. & McIntosh, M. (2000) Conjugated linoleic acid suppresses triglyceride content and induces apoptosis in 3t3–11 preadipocytes, *Lipids* 35, 899–910.

Evans, M.E., Brown, J.M. & McIntosh, M.K. (2002) Isomer-specific effects of conjugated linoleic acid (CLA) on adiposity and lipid metabolism. *Journal of Nutritional Biochemistry*, 13, 508-516.

Field, C.J. & Schley, P.D. (2004) Evidence for potential mechanisms for the effect of conjugated linoleic acid on tumor metabolism and immune function: lessons from n–3 fatty acids. *American Journal of Clinical Nutrition*, 79, 1190-1198.

Figueiredo-Silva, A.C., Rema, P., Bandarra, N.M., Nunesc, M.L. & Valente, L.M.P. (2005) Effects of dietary conjugated linoleic acid in growth, nutrient utilization, body composition and hepatic lipogenesis in rainbow trout juveniles (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, 248, 163-172.

- Fonseca-Alaniz, M.H., Takada, J., Alonso-Vale, M.I.C. & Lima, F.B. (2006) O tecido adiposo como centro regulador do metabolismo. *Arquivos Brasileiros de Endocrinologia & Metabologia*, 50 (2), 216-229.
- Froyland, L., Lie, O. & Berge, R.K. (2000) Mitochondrial and peroxisomal β -oxidation capacities in various tissues from Atlantic salmon *Salmo salar*. *Aquaculture Nutrition*, 6, 85-89.
- Garutti, V. & Britski, H.A. (2000) Descrição de uma espécie nova de *Astyanax* (Teleostei: *Characidae*) da bacia do alto rio Paraná e considerações sobre as demais espécies do gênero na bacia. *Comunicações do Museu de Ciências e Tecnologia da PUCRS*, 13, 65-88. Porto Alegre, RS, BRASIL.
- Gavino, V., Gavino, G., LeBlanc, M. & Tuchweber, B. (2000) An isomeric mixture of conjugated linoleic acids but not pure cis-9, trans-11-octadecadienoic acid affects body weight gain and plasma lipids in hamsters. *The Journal of Nutrition*, 130, 27-29.
- Glencross, B.D. (2009) Exploring the nutritional demand for essential fatty acids by aquaculture species. *Reviews in Aquaculture*, 1, 71-124.
- Gurr, M.I., Harwood, J.L. & Frayn, K.N. (2002) Lipid biochemistry. In: *An Introduction*. 5 ed, Blackwell Science, ISBN 0-632-05409-3.
- Hayashi, C., Meurer, F., Boscolo, W.R., Lacerda, C.H.F. & Kavata, L.C.B. (2004) Frequência de Arraçamento para Alevinos de Lambari do Rabo-Amarelo (*Astyanax bimaculatus*). *Revista Brasileira de Zootecnia*, 33, 21-26.
- Hayek, M.G., Han, S.N., Wu, Watkins, B.A., Meydani, M., Dorsey, J.L., Smith, D.E. & Meydani, S.N. (1999) Dietary conjugated linoleic acid influences the immune response of young and old C57BL/6NCrIBR mice. *Journal of Nutrition*, 129, 32-38.
- Hearn, T.L., Sgoutas, S.A., Hearn, J.A. & Sgoutas, D.S. (1987) Polyunsaturated fatty acids and fat in fish flesh for selecting species for health benefits. *Journal of Food Science*, 52, 1209-1211.
- Henderson, R.J. & Tocher, D.R. (1987) The lipid composition and biochemistry fish. *Progress in Lipid Research*, 26, 281-347.
- Hinders, R. (1999) Special rations for specialty milks: high conjugated linoleic acid milk fat. *Feedstuffs*, 71, 18.
- Hirayara, T. (1994) Japanese studies on diet and cancer. In: *Epidemiology of diet and cancer* (Hill, M.J.; Giacosa, A.; Caygill, C.P.J. ed), pp 17-64. Chichester, Ellis Horwood.

Ihering, R.V., & Azevedo, P. (1936) As piabas dos açudes nordestinos (Characidae, Tetragonopterinae). *Arquivos do Instituto Biológico*, 7, 75-110.

Ip, C., Chin, S.F., Scimeca, J.A. & Pariza, M.W. (1991) Mammary cancer prevention by conjugated dienoic derivative of linoleic acid. *Cancer Research*, 51, 6118-6124.

Ip, C., Briggs, S.P., Haegele, A.D., Thompson, H.J., Storkson, J. & Scimeca, J.A. (1996) The efficacy of conjugated linoleic acid in mammary cancer prevention is independent of the level or type of fat in the diet. *Carcinogenesis*, 17, 1045-1050.

Ip, C. (2001) CLA and cancer prevention. In: *International Conference on CLA 1*, Alesund, Proceedings. Alesund: Natural ASA, 8.

Jahreis, G., Kraf, J., Tischendorf, F., Schöne, F. & Von Leffelholz, C. (2000) Conjugated linoleic acids: physiological effects in animal and man with special regard to body composition. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 102, 695–703.

Kang, Y.M., Chen, J.Y., Ouyang, W., Qiao, J.T. & Reyes-Vazquez, C. (2004) Serotonin modulates hypothalamic neuronal activity. *International Journal of Neuroscience*, 114, 293–319.

Keller, W.D., Pickett, E.E. & Reesman, A.L. (1966) Elevated dehydroxylation temperature of the Keokuk geode kaolinite-a possible reference clay mineral. In: *Proc. Intern. Clay Conf.* (L. Heller and A. Weiss eds.), 1, 75-85. Israel Prog. Sci. Transl, Jerusalem.

Kennedy, S.R., Campbell, P.J., Porter, A. & Tocher, D.R. (2005) Influence of dietary conjugated linoleic acid (CLA) on lipid and fatty acid composition in liver and flesh of Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Comparative Biochemistry and Physiology*, 141, 168–178.

Kennedy, S.R., Bickerdike, R., Berge, R.K., Porter, A.R. & Tocher, D.R. (2007) Influence of dietary conjugated linoleic acid (CLA) and tetradecylthioacetic acid (TTA) on growth, lipid composition and key enzymes of fatty acid oxidation in liver and muscle of Atlantic cod (*Gadus morhua* L.). *Aquaculture*, 264, 372–382.

Kinsella, J.E. (1990) Dietary n-3 polyunsaturated fatty acids and amelioration of cardiovascular disease: possible mechanisms. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 52, 1-28.

Kjaer, M.A., Todorovic, M., Torstensen, B.E., Vegusdal, A. & Ruyter, B. (2008) Dietary n-3 HUFA affects mitochondrial fatty acid beta-oxidation

capacity and susceptibility to oxidative stress in Atlantic salmon. *Lipids*, 43, 813–827.

Lawson, R.E., Moss, A.R., & Givens, D.I. (2001) The role of dairy products in supplying conjugated linoleic acid to man's diet: a review. *Nutrition Research Reviews*, 14, 153-72.

Lee, K.N., Kritchevsky, D. & Pariza, M.W. (1994) Conjugated linoleic acid and atherosclerosis in rabbits. *Atherosclerosis*, 108, 19-25.

Lee, K., Pariza, M. & Ntambi, J. (1998) Conjugated linoleic acid decreases hepatic stearyl-coa desaturase mrna expression. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 248, 817–821.

MacDonald, H.B. (2000) Conjugated linoleic acid and disease prevention: A Review of current knowledge. *Journal of the American College of Nutrition*, 19, 111– 118.

Mafra, D. & Farage, N.E. (2006) O papel do tecido adiposo na doença renal crônica. *Jornal Brasileiro de Nefrologia*, 28, 108-113.

Manning, B.B., Menghe, H.L., Robinson, E.H. & Peterson, B.C. (2006) Enrichment of channel catfish (*Ictalurus punctatus*) fillets with conjugated linoleic acid and omega-3 fatty acids by dietary manipulation. *Aquaculture*, 261, 337–342.

Martin, J., Gregoire, S., Seiss, M., Genty, M., Chardigny, J., Berdeaux, O., Juaneda, P. & Sebedio J. (2000) Effects of conjugated linoleic acid isomers on lipid-metabolizing enzymes in male rats. *Lipids*, 35, 91–98.

Martino, R., & Takahashi, N.S. (2001) A importância da adição de lipídios em rações para a aquicultura. *Óleos e grãos*, 58, 32-7.

Masso-Welch, P.A., Zangani, D. & Ip, C. (2002) Inhibition of angiogenesis by the cancer chemopreventive agent conjugated linoleic acid. *Cancer Research*, 62, 4383– 4389.

Mayser, P., Mrowietz, U., Arenberger, P., Bartak, P., Buchvald, J., Cristhopher, E., Jablonska, S., Salmhofer, W., Schill, W.B., Kramer, H.J., Schlotzer, E., Mayer, K., Seeger, W. & Grimminger, F. (1998) Omega-3 fatty acid-based lipid infusion in patients with chronic plaque psoriasis: results of a double-blind, randomized, placebo-controlled, multicenter trial. *Journal of the American Academy of Dermatology*, 38, 421.

McGuire, M. A., McGuire, M. K., McGuire, M. S. & Griinari, J. M. (1997). Bovine acid: The natural CLA. In: Cornell nutrition conference feed manufacturers, 59, 217-226. Cornell University, Proceedings, Ithaca.

- McNeel, R.L. & Mersmann, H.J. (2003) Effects of isomers of conjugated linoleic acid on porcine adipocyte growth and differentiation. *Journal of Nutritional Biochemistry*, 14, 266–274.
- Mota G.R. & Zanesco A. (2007) Leptina, ghrelina e exercício físico. *Arquivos Brasileiros de Endocrinologia & Metabologia*, 51, 25-33.
- Müller, H., Stangl, G. & Kirchgessner, M. (1999) Energy balance of conjugated linoleic acid-treated pigs. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 81, 150-156.
- Muller, L.D. & Delahoy, J.E. (2004) Conjugated linoleic acid (CLA) Implications for animal production and animal health. *Dairy Animal Science*, 9, 04-88.
- Murray, R.K., Granner, D.K., Mayes, P.A. & Rodwell, V.W. (1994) Harper: bioquímica. 7.ed, pp 763. Atheneu, São Paulo, SP, BRASIL.
- Nelson, D.L. & Cox, M.M. (2006) Princípios de bioquímica. (Lehninger) 4 ed, pp 1202. São Paulo, SP, BRASIL.
- Nicolosi, R.J., Rogers, E.J. & Kritchevsky, D. (1997) Dietary conjugated linoleic acid reduces plasma lipoproteins and early aortic atherosclerosis in hypercholesterolemic hamsters. *Artery*, 22, 266-277.
- Ochoa, J.J., Farquharson, A.J. & Grant, I. (2004) Conjugated linoleic acids (CLA's) decrease prostate cancer cell Proliferation: Different molecular mechanism for cis- 9,trans-11 and trans-10, cis-12 isomers. *Carcinogenesis*, 25, 1185-1191.
- Olsen, Y. (1998) Lipids and essential fatty acids in aquatic foods webs: what can freshwater ecologists learn from mariculture. In: *Lipids in freshwater ecosystems*. (Arts, M. T., Wainman, B. C. ed) cap. 8, pp 161-202.
- Ostbye, T.K., kajaer, M.A., Rora, A.M.B., Torstensen, B. & Ruyter, B. (2011) High n-3 HUFA levels in the diet of Atlantic salmon affect muscle and mitochondrial membrane lipids and their susceptibility to oxidative stress. *Aquaculture Nutritional*, 17, 177-190.
- Ostrowska, E., Muralitharan, M., Cross R., Bauman, D. & Dunshea, F. (1999) Dietary conjugated linoleic acids increase lean tissue and decrease fat deposition in growing pigs. *Journal of Nutrition*, 129, 2037–2042.
- Pariza, M.W., Loretz, L.J., Storkson, J.M. & Holland, N.C. (1983) Mutagens and modulador of mutagens in fried ground beef. *Cancer Research*, 43, 2444-2446.

- Pariza, M.W. & Hargraves, W.A. (1985) A beef-derived mutagenesis modulator inhibits initiation of mouse epidermal tumors by 7,12-dimethylbenzanthracene. *Carcinogenesis*, 6, 591-593.
- Pariza, M.W. & Ha, Y.L. (1990) Conjugated dienoic derivatives of linoleic acid: a new class of anticarcinogens. *Medical Oncology Tumor Pharmacology*, 7, 169-171.
- Pariza, M.W.; Park, Y.; Cook, M.E. (2000) Mechanisms of Action of Conjugated Linoleic Acid: Evidence and Speculation. *Proceedings of the Society for Experimental Biology and Medicine*, 223, 8-13.
- Pariza, M.W., Park, Y. & Cook, M.E. (2001) The biologically active isomers of conjugated linoleic acid. *Progress in Lipid Research*, 40, 283-298.
- Park, Y., Albright, K.J., Liu, W., Storkson, J.M., Cook, M.E. & Pariza, M.W. (1997) Effect of conjugated linoleic acid on body composition in mice. *Lipids*, 32, 853-858.
- Park, Y., Storkson, J., Albright, K., Liu, W. & Pariza, M. (1999) Evidence that trans-10, cis-12 isomer of conjugated linoleic acid induces body composition changes in mice. *Lipids*, 34, 235-41.
- Park, Y. & Pariza, M.W. (2007) Mechanisms of body fat modulation by conjugated linoleic acid (CLA). *Food Research International*, 40, 311-323.
- Porto-Foresti, F., Oliveira, C., Foresti, F. & Almeida, R.B.C. (2001) Cultivo do lambari: uma espécie de pequeno porte e grandes possibilidades. *Panorama da Aqüicultura*, 67, 15-19.
- Porto-Foresti, F., Castilho-Almeida, R.B., Senhorini, J.A. & Foresti, F (2005) Biologia e criação do lambari-do-rabo-amarelo (*Astyanax altiparanae*). In: *Espécies nativas para piscicultura no Brasil*. (Baldisserotto, B., Gomes, L.C. ed), 1 ed, pp 05-120. UFSM, Santa Maria, RS, BRASIL.
- Porto-Foresti, F., Castilho-Almeida, R.B., Senhorini, J.A. & Foresti, F (2010) Biologia e criação do lambari-do-rabo-amarelo (*Astyanax altiparanae*). In: *Espécies nativas para piscicultura no Brasil*. (Baldisserotto, B., Gomes, L.C. ed), 2 ed, pp 101-115. UFSM, Santa Maria, RS, BRASIL.
- Ribeiro, P.A.P.; Bressan, M.C.; Logato, P.V.R. & Gonçalves, A.C.S. (2007) Nutrição lipídica para peixes lipid nutrition for fish. *Revista Eletrônica Nutritime*, 4, 436-455.
- Rivera, N.L.M. (2006) Suplementação de ácido linoléico conjugado na dieta de Beagles em crescimento. *Dissertação (Mestrado)*, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, PR, BRASIL.

Roche, H.M., Noone, E., Nugent, A. & Gibney, M.J. (2001) Conjugated linoleic acid: a novel therapeutic nutrient? *Nutrition Research Reviews*, 14, 173–187.

Rondinelli, G.R. (2007) *Biologia alimentar e reprodutiva na comunidade de peixes de rio passa cinco (SP)*. Dissertação (Mestrado), Universidade Estadual Paulista. Rio Claro, SP, BRASIL.

Ryder, J.W., Portocarrero, C.P., Song, X.M., Cui, L., Yu1, M., Combatsiaris, T., Galuska, D., Bauman, D.E., Barbano, D.M., Charron, M.J., Zierath, J.R. & Houseknecht, K.L. (2001) Isomer-specific antidiabetic properties of conjugated linoleic acid. improved glucose tolerance, skeletal muscle insulin action, and UCP-2 gene expression. *Diabetes*, 50, 1149– 1157.

Salaro, A.L., Saraiva, A., Zuanon, J.A.S., Balbino, E.M., Moraes, S.S.S. & Kasai, R.Y.D. (2008) Níveis protéicos e energéticos em dietas para lambarido-rabo-vermelho, *Astyanax fasciatus*. In: *Tópicos especiais em biologia aquática e aqüicultura II*, cap.7, pp 87-93. Aquaciência, Sociedade Brasileira de Aquicultura e Biologia Aquática, Jaboticabal, SP, BRASIL.

Salem, J.N. (1999) Introduction to polyunsaturated fatty acids. *Backgrounder*, 3, 1-8.

Sander, A.B.T. (2000) Polyunsaturated fatty acids in the food chain in Europe. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 71(suppl), 176-178.

Santos, L.D., Furuya, W.M., Matsushita, M., Silva, L.C.R., Castro Silva, T.S. & Botaro, D. (2007) Ácido linoléico conjugado (CLA) em dietas para tilápia-do-nilo: desempenho produtivo, composição química e perfil de ácidos graxos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 36, 1481-1488.

Santos, L.D., Furuya, W.M., Castro Silva, T.S., Michelato, M. & Matsushita, M., (2009) Ácido linoléico conjugado em dietas para pacu: tempo de deposição, desempenho e perfil de ácidos graxos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 38, 980-988.

Santos, L.D., Furuya, W.M., Silva, L.C.R., Matsushita, M. & Castro Silva, T.S. (2011) Dietary conjugated linoleic acid (CLA) for finishing Nile tilapia. *Aquaculture Nutrition*, 17, 70-81.

Sargent, J.R., McEvoy, L.A. & Bell, J.G. (1997) Requirements, presentation and sources of polyunsaturated fatty acids in marine fish larval feeds. *Aquaculture*, 155, 119–129.

Sargent, J.R., Tocher, D.R., & Bell, J.G. (2002) The lipids. In: *Fish Nutrition*. (Halver, J. E., ed.), 3 ed, pp 181–257, cap 4. Acadêmico Inc. Press, San Diego, CA, EUA.

- Schmidt, E.B. & Dyerberg, J. (1994) Omega-3 fatty acids current status in cardiovascular medicine. *Drugs*, 47, 405-424.
- Serafini, M.A. (2003) Níveis de proteína em dietas de lambari também dos 0,7 aos 4,8 gramas de peso. Dissertação (Mestrado em Zootecnia), Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, MG, BRASIL.
- Silva, J.M.F., Andrade, D.R. & Teixeiras, S.M. (1983) Alimentação de lambari, *Astyanax bimaculatus* (Linnaeus, 1758) com excremento de suínos e ração. In: Reunião anual para o progresso da ciência, ed 35, pp 736-737. Belém, PA, BRASIL.
- Simopoulos, A.P. & Salem, N.J. (1989) Purslane: a terrestrial source of omega-3 fatty acids. *New England Journal of Medicine*, 321, 1412-1415.
- Simopoulos, A.P. (1990) Omega-3 fatty acids in health and disease. *Nutrition and aging*, 1, 129-156.
- Simopoulos, A.P. (1999) Essential fatty acids in health and chronic disease. *American Journal of Clinical Nutrition*, 70, 560-569.
- Simopoulos, A.P. (2002) Omega-3 Fatty Acids in Inflammation and Autoimmune Diseases. *Journal of the American College of Nutrition*, 21, 495-505,
- Souza, J.R. & Andrade, O.R. (1983) Dados preliminares sobre nutrição de *Astyanax bimaculatus* (Linnaeus, 1758), Pisces: Characidae. *Seiva*, 2, 81-83.
- Steffens, W. (1997) Effects of variation in essential fatty acids in fish feeds on nutritive value of freshwater fish for humans. *Aquaculture*, 151, 97-119.
- Steinhart, C. (1996) Conjugated linoleic acid: The good news about animal fat. *Journal of Chemical Education*, 73, 302-303.
- Suárez-Mahecha, H.; Francisco, A. & Beirão, L.H. (2002) Importância de ácidos graxos poliinsaturados presentes em peixes de cultivo e de ambiente natural para a nutrição humana. *Boletim do Instituto de Pesca*, 28, 101-110.
- Tan, X.Y., Luo, Z., Xie P., Li X.D., Liu X.J. & Xi W.Q. (2010) Effect of dietary conjugated linoleic acid (CLA) on growth performance, body composition and hepatic intermediary metabolism in juvenile yellow catfish *Pelteobagrus fulvidraco*. *Aquaculture*, 310, 186–191.
- Tapiero, H.; Nguyen, BA, G.; Couvreur, P. & Tew, K.D. (2002) Polyunsaturated fatty acids (PUFA) and eicosanoids in human health and pathologies. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 56, 215-222.

- Terpstra, A.H.M. (2001) Differences between humans and mice in efficacy of the body fat lowering effect of conjugated linoleic acid: role of metabolic rate. *Journal of Nutrition*, 131, 2067-2068.
- Tocher, D.R. & Ghioni, C. (1999) Fatty acid metabolism in marine fish: Low activity of fatty acyl Δ -5 desaturation in gilthead sea bream (*Sparus aurata*) cells. *Lipids*, 34, 433-40.
- Tocher, D.R. (2003) Metabolism and functions of lipids and fatty acids in teleost fish. *Reviews in Fisheries Science*, 11, 107-184.
- Todorovic, M., Kjær, M.A., Djakovic, N., Vegusdal, A., Torstensen, B.E. & Ruyter, B. (2009) n-3 HUFAs affect fat deposition, susceptibility to oxidative stress, and apoptosis in Atlantic salmon visceral adipose tissue. *Comparative Biochemistry and Physiology*, 152, 135–143.
- Torres, C.R.G.; Carvalho, J.C.; Valera, M.C. & Araújo, M.A.M. (2000) Materiais ósseo-indutores para o complexo dentino pulpar. *Revista da Faculdade de Odontologia de São José dos Campos*, v.3, n.1.
- Tsuboyama-Kasaoka, N., Takahashi, M., Tanemura, K., Kim, H.J., Tange, T., Okuyama, H., Kasai, M., Ikemoto, S. & Ezaki, O. (2000) Conjugated Linoleic Acid Supplementation Reduces Adipose Tissue by Apoptosis and Develops Lipodystrophy in Mice. *Diabetes*, 49, 1534-1542.
- Twibell, R.G., Watkins, B.A. & Rogers, L. (2000) Effects of dietary conjugated linoleic acids on hepatic and muscle lipids in hybrid striped bass. *Lipids*, 35, 155-161.
- Twibell, R.G.; Watkins, B.A. & Brown, P.B. (2001) Dietary conjugated linoleic acids and lipid source alter fatty acid composition of juvenile yellow perch, *Perca flavescens*. *Journal of Nutrition*, 131, 2322-2328.
- Twibell, R.G. & Wilson, R.P. (2003) Effects of dietary conjugated linoleic acids and total dietary lipid concentrations on growth responses of juvenile channel catfish, *Ictalurus punctatus*. *Aquaculture*, 221, 621-628.
- Valente, L.M.P., Bandarra, N.M., Figueiredo-Silva, A.C., Cordeiro, A.R., Simoes, R.M. & Nunes, M.L. (2007)a. Influence of conjugated linoleic acid on growth, lipid composition and hepatic lipogenesis in juvenile European sea bass (*Dicentrarchus labrax*). *Aquaculture* 267, 225–235.
- Valente, L.M.P., Bandarra, N.M., Figueiredo-Silva, A., Rema, P., Vaz-Pires, S., Martins, J.A. M. & Pratese Nunes, M.L. (2007)b. Conjugated linoleic acid in diets for large size rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*): effects on growth, chemical composition and sensory attributes. *British Journal of Nutrition*. 97, 289–297.

- Vilella, F.S., Becker, F.G. & Hartz, S.M. (2002) Diet of *Astyanax* species (Teleostei, Characidae) in na Atlantic Forest in southern Brazil. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 45, 223-232.
- Wallis, J.G; Watts, J.L & Browse, J. (2002) Polyunsaturated fatty acid synthesis: what will they think of next? *Trends in Biochemical Sciences*, 27, 9.
- Ward, O.P. (1995) Microbial production of long-chain PUFAs. *Biotechnology Inform*, 6, 683-687.
- Watkins, B.A. & Seifert, M.F. (2000) Conjugated linoleic acid and bone biology. *Journal of the American College of Nutrition*, 19, 478–486.
- Watkins, B.A. & Li, Y. (2001) Conjugated linoleic acid: the present state of knowledge. In: *Handbook of Nutraceuticals and Functional Food* (Wildman, R., ed.), pp. 443–474. CRC Press, Boca Raton, FL, EUA.
- Xu, H., Ai, Q., Mai, K., Xu, W., Wang, J., Ma, H., Zhang, W., Wang, X. & Liufu, Z. 2010 Effects of dietary arachidonic acid on growth performance, survival, immune response and tissue fatty acid composition of juvenile Japanese seabass, *Lateolabrax japonicus*. *Aquaculture*. 307, 75–82.
- Yasmin, A., Takeuchi, T., Hayashi, M., Hirota, T., Ishizuka, W., Ishida, S. (2004) Effect of conjugated linoleic acid and docosahexaenoic acids on growth of juvenile *Oreochromis niloticus*. *Fisheries Science*, 70, 473– 481.
- Yurawecz, M.P. et al. (2001) Analytical methodology for CLA. In *International Conference on CLA*, 1. Proceeding... Alesund: Natural ASA, 14.
- Zenebe, T., Ahlgren, G. & Gustafsson, I.B. (1998) Fatty acid and lipid content or *Oreochromis niloticus* L. in Ethiopian lakes - dietary effects of phytoplankton. *Ecology of Freshwater Fish. Journal of Fish Biology*, 53, 987-1005.
- Zheng, X.; Leaver, M.J.; Tocher, D.R. (2009) Long-chain polyunsaturated fatty acid synthesis in fish: Comparative analysis of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) and Atlantic cod (*Gadus morhua* L.), Delta6 fatty acyl desaturase gene promoters, comparative biochemistry and Physiology. *Biochemistry and Molecular Biology*, 154, 255-263.

**CAPÍTULO I - ÁCIDO LINOLÉICO CONJUGADO (CLA) EM DIETAS
PARA LAMBARIS-DO-RABO-AMARELO (*Astyanax altiparanae*)**

ÁCIDO LINOLÉICO CONJUGADO (CLA) EM DIETAS PARA LAMBARIS-DO-RABO-AMARELO (*Astyanax altiparanae*)

RESUMO

Objetivou-se avaliar o efeito de diferentes níveis de CLA no desempenho produtivo, composição química e perfil de ácidos graxos da carcaça de lambaris-do-rabo-amarelo (*Astyanax altiparanae*). Utilizou-se DIC com seis tratamentos (0,0; 0,5; 1,0; 1,5; 2,0 e 2,5% de CLA), e cinco repetições. Juvenis de lambaris foram distribuídos em 30 aquários, na densidade de 19 peixes por aquário, e alimentados com as dietas-teste durante 90 dias. Ao final do experimento foram realizadas análises de desempenho produtivo, composição química e perfil de ácidos graxos da carcaça. Não houve diferença ($p>0,05$) para o desempenho produtivo e a composição química da carcaça dos animais. O perfil de ácidos graxos da carcaça refletiu a composição das dietas. Os peixes que receberam os maiores níveis de CLA na dieta apresentaram maior proporção dos ácidos graxos 15:1n-7, 16:00, 16:1n-9, 16:1n-5, 18:1n-9, 18:2n-6, 18:3n-3, 18:2 (c9,t11) e o 18:2 (t11,c12), 20:1n-9, 22:1n-9, 20:5n-3 e 22:4n-6 assim como o somatório de ácidos graxos saturados (AGS), moinsaturados (AGMI) e polinsaturados das séries n-6 e n-3 presentes na carcaça dos peixes sofreram influencia ($p>0,05$) dos níveis de CLA. Conclui-se que para esta fase de desenvolvimento, fornecimento de CLA pode refletir em incorporação na carcaça dos lambaris-do-rabo-amarelo, sendo recomendado como alimento nutracêutico.

Palavras-chave: ácidos graxos, alimento nutracêutico, composição de carcaça, desempenho zootécnico, perfil de ácidos graxos.

CONJUGATED LINOLEIC ACID (CLA) IN DIETS FOR THE LAMBARIS-DO-RABO-AMARELO (*Astyanax altiparanae*)

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the effect of different levels of CLA on growth performance, carcass composition and fatty acid profile of lambaris-do-rabo-amarelo (*Astyanax altiparanae*). It was used a completely randomized experimental design with six treatments (0.0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 and 2.5% CLA), and five repetitions. Lambaris juveniles were distributed in 30 tanks, density of 19 fish per tank, and fed the test diets for a period of 90 days. At the end of the experiment were analyzed the productive performance parameters, chemical composition and fatty acid profile of the carcass. There was no significant difference ($p>0,05$) between the parameters evaluated for both production performance and chemical composition of the carcass of the fish. The fatty acid profile of the carcass reflected the composition of the diets, with fish receiving higher proportion of CLA showed the highest proportion of this acid, fatty acids 15:1n-7, 16:00, 16:1n-9, 16:1n-5, 18:1n-9, 18:2n-6, 18:3n-3, 18:2 (c9,t11) e o 18:2 (t11,c12), 20:1n-9, 22:1n-9, 20:5n-3 e 22:4n-6 also the sum of saturated fatty acids (SFA), monounsaturated (MUFA) and polyunsaturated (PUFA) n-6 and n-3 series, present in the carcass of the fish suffered influences ($p>0,05$) of the levels of CLA. Was concluded, for this stage of development, provision of CLA may reflect in incorporation in the tissues of the lambaris-do-rabo-amarelo, being recommended as a nutraceutical food.

Keyword: fatty acids, nutraceutical food, carcass composition, animal performance, fatty acid profile.

INTRODUÇÃO

A utilização do ácido linoléico conjugado (CLA) em dietas para peixes tem se destacado por promover efeitos positivos no crescimento, eficiência alimentar e composição corporal dos peixes, melhorando assim, a produção final (Twibell et al., 2000; Bandarra et al., 2006; Kennedy et. al., 2007; Tan et al., 2010; Santos et al, 2011). O CLA também vem sendo muito estudado em função de seus benefícios à saúde humana (Whigham et al., 2000).

O ácido linoléico conjugado é um termo amplamente utilizado para designar um grupo de ácidos graxos octadecadienóicos, os quais são isômeros conjugados posicionados e geométricos do ácido linoléico (18:2n-6), onde as duplas ligações são separadas por uma ligação simples carbono-carbono no lugar de um grupo metileno. Dentre os isômeros do CLA, o cis-9, trans-11 e o trans-10, cis-12 possuem atividade biológica (Pariza, et.al. 2001), sendo que cis-9, trans-11 é considerado a forma primária de CLA e esta presente naturalmente em alguns alimentos (Chin et al., 1992), como carnes de ruminantes, queijo, manteiga e leite (Pariza et al., 2001).

Efeitos benéficos para peixes, como a redução de lipídios totais em bagre amarelo (*Pelteobagrus fulvidraco*) (Tan et al., 2010), aumento da proteína total em tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*) (Santos et al, 2011), redução do índice viscerosomático em bacalhau do Atlântico (*Gadus morhua L.*) (Kennedy et. al. 2007) e melhoria na conversão alimentar em “rockfish” (*Sebastes schlegi*) (Twibell et al., 2000), vem sendo atribuído ao ácido linoléico conjugado (CLA). Porém, os efeitos do CLA variam entre as espécies, provavelmente pelas diferentes respostas fisiológicas dos animais à inclusão de CLA na dieta (Tan et al., 2010). Tais respostas fisiológicas estão relacionadas à habilidade do animal em metabolizar ácidos graxos no fígado e a utilização destes como fonte de energia ou de ácidos graxos essenciais (Twibell et al., 2001).

Dentre as muitas espécies de peixes com potencial zootécnico, os lambaris, principalmente os do gênero *Astyanax*, destacam-se como uma alternativa altamente promissora para a piscicultura por apresentarem reprodução precoce, ciclo produtivo relativamente curto, reprodução natural em ambientes de criação e plasticidade alimentar (Vilella et al, 2002; Bennemann et al, 2005; Rondinelli,

2007). Dentro deste gênero a espécie *Astyanax altiparanae* (Garutti & Britski, 2000), anteriormente classificada como *Astyanax bimaculatus* (Linnaeus, 1758), lambari-do-rabo-amarelo, destaca-se pela maturidade sexual aos quatro meses de idade e carne com excelente aceitação no mercado consumidor (Souza & Andrade, 1983; Silva et al., 1983; Hayashi et al., 2004; Cotan et al., 2006). Entretanto, poucas pesquisas avaliam as exigências nutricionais dos lambaris, visando à formulação de rações completas de baixo custo e menor impacto ambiental (Cotan et. al, 2006).

Assim, com este trabalho objetivou-se avaliar os efeitos de diferentes níveis de inclusão do ácido linoléico conjugado (CLA) em dietas para lambaris-do-rabo-amarelo (*Astyanax altiparanae*), por meio da avaliação do desempenho produtivo, composição química e perfil de ácidos graxos da carcaça dos peixes.

MATERIAL E MÉTODOS

Peixes e condições experimentais

O experimento foi realizado no Laboratório de Nutrição de Peixes do Setor de Piscicultura do Departamento de Biologia Animal da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais, em delineamento experimental inteiramente casualizado com seis tratamentos e cinco repetições.

Juvenis de *Astyanax altiparanae* com $1,58 \pm 0,23$ g (peso médio \pm DP) foram distribuídos em 30 aquários circulares (70L de água), na densidade de 19 peixes por aquário, sendo que cada aquário constituiu uma unidade experimental. Em cada aquário foi colocado uma unidade da macrófita aquática (*Eichornia crassipes*) previamente lavada em água corrente, que serviu para refúgio para os peixes. Os aquários foram cobertos com tela de nylon branca (2 mm) para evitar a fuga dos peixes. O laboratório foi mantido em fotoperíodo de 12 horas.

Os lambaris foram alimentados por um período de 90 dias com as dietas-teste, quatro vezes ao dia (8:00, 11:00, 14:00 e 17:00 horas) até a saciedade. Os aquários foram sifonados mensalmente para a retirada de fezes e troca da macrófita aquática (*Eichornia crassipes*).

Durante todo o período a temperatura da água foi mantida em $26,0 \pm 2,0$ °C, o oxigênio dissolvido entre 6,5 a 7,5mg/L, o pH entre 6,5 a 6,8 e a amônia em 0,00 a 0,02 mg/L.

Dietas-teste

Foram formuladas dietas-teste isoprotéicas e isoenergéticas (32% PB e 4310 Kcal/kg EB) as quais foram confeccionadas com diferentes níveis de óleo de CLA (0,0%, 0,5%, 1,0%, 1,5%, 2,0%, 2,5%). Foi utilizado o produto comercial LUTA-CLA® 60-BASF, Brasil, que contem 60% de CLA. As dietas-teste foram peletizadas, secas em estufa de ventilação forçada, a 50°C, trituradas em moinho manual e passadas em peneiras de diversas malhas para obter peletes entre 0,5 a 1,5mm, adequados ao tamanho da boca dos animais.

Amostras das dietas-teste foram selecionadas para análise quanto à composição química. Para determinação do teor de proteína bruta, foi utilizado protocolo descrito por Silva & Queiroz (2002), extrato etéreo, matéria seca e

cinzas de acordo com protocolo da AOAC (2000) e energia bruta obtida em bomba calorimétrica (Tabela 01). A composição de ácidos graxos foi realizada por meio de cromatógrafo a gás CP-3380 (Varian, EUA) equipado com detector de ionização de chama e coluna capilar de sílica fundida CP – 7420 (Select FAME) de 100 metros de comprimento, 0,25 mm de diâmetro interno e 0,25 µm de cianopropil (Tabela 02).

Análise de desempenho produtivo e índices de rendimento corporal

Ao final do experimento todos os peixes de cada unidade experimental foram contados e pesados, para avaliação dos seguintes parâmetros zootécnicos: taxa de sobrevivência, ganho de peso, taxa de crescimento específico e conversão alimentar. Em seguida, os animais foram eutanasiados em solução de benzocaína (Gimbo et al., 2008) conforme recomendado pela resolução bioética 714, posteriormente eviscerados, descamados e pesados, para avaliação do rendimento de carcaça dos animais. As vísceras, gônadas e o fígado, de cada animal, foram pesados separadamente para a obtenção dos índices viscerossomático, gonadossomático e hepatossomático, respectivamente. Foram considerados como víscera os órgãos: estômago, intestino, cecos pilóricos, gônadas, coração, fígado, vesícula biliar e bexiga natatória. A carcaça de cada animal foi congelada e armazenada em freezer -80°C para análise da composição química e perfil de ácidos graxos.

Composição química da carcaça

Para avaliar a composição química da carcaça dos peixes foi coletada uma amostra aleatória de seis carcaças de peixes, de cada unidade experimental, as quais foram liofilizadas e trituradas em moinho de bola. A proteína bruta da carcaça foi avaliada pelo método semi-micro Kjeldahl, segundo protocolo descrito por Silva & Queiroz (2002) e os teores de matéria seca, extrato etéreo e cinzas totais das carcaças, segundo AOAC (2000). A energia bruta da carcaça foi obtida em bomba calorimétrica.

Análise do perfil de ácidos graxos da carcaça

Para a determinação do perfil de ácidos graxos das carcaças dos animais, três peixes de cada unidade experimental foram triturados, homogeneizados e submetidas à extração com mistura de clorofórmio, metanol e água (2:2:1,8 v/v), conforme método Bligh & Dyer (1959). A preparação dos ésteres metílicos de ácidos graxos foi realizada segundo método Hartman & Lago (1973).

Os ésteres metílicos foram separados em cromatógrafo a gás CP-3380 (Varian, EUA), equipado com detector de ionização de chama e coluna capilar de sílica fundida CP – 7420 (Select FAME, com 100 m de comprimento, 0,25 mm de diâmetro interno e 0,25 µm de cianopropil).

Os fluxos dos gases (White Martins) foram de 1,2 mL/min para o gás de arraste (H₂); 30 mL/min para o make-up (N₂) e 30 mL/min e 300 mL/min para o H₂ e para o ar sintético da chama, respectivamente. A razão de divisão da amostra (split) foi de 1/100.

As condições cromatográficas adotadas para separação dos AG foram: no ponto de injeção e no ponto onde o detector manteve-se a 220°C e 240°C respectivamente. A temperatura inicial da coluna foi programada a 165°C, mantida por 12 min, e aumentada de 165°C para 235°C a uma taxa de 5°C/min, mantida em 235°C por 9 min.

Análise estatística

Os dados de desempenho produtivo, índices de rendimento corporal e de composição química das carcaças dos peixes de todos os tratamentos foram submetidos à análise de variância (ANOVA), ao nível de 5% significância. Para realização das análises estatísticas destes parâmetros utilizou-se o programa de análise estatística SAEG 9.1.

Os dados do perfil de ácidos graxos da carcaça foram submetidos à análise de variância (ANOVA), ao nível de 5% significância, e em caso de diferença significativa foi realizada análise de regressão. Para escolha do modelo de regressão mais adequado foi considerados a significância dos coeficientes de regressão, a magnitude dos coeficientes de determinação bem como o comportamento das variáveis em estudo. Para realização das análises estatísticas deste parâmetro utilizou-se o programa de análise estatística SAS 9.1.

RESULTADOS

Desempenhos produtivos e índices de rendimento corporal dos peixes

Não foi observada diferença estatística entre os níveis de CLA da dieta ($p>0,05$) e os parâmetros de sobrevivência, ganho de peso, taxa de crescimento específico, conversão alimentar e rendimento de carcaça para lambaris-do-rabo-amarelo. Do mesmo modo, não houve influência dos níveis de inclusão de CLA sobre os índices de rendimento corporal, índices viscerossomático, gonadossomático e hepatossomático, dos peixes (Tabela 03).

Composição química da carcaça dos peixes

Os níveis de ácido linoléico conjugado (CLA) nas dietas teste não influenciaram significativamente ($p>0,05$) a composição química das carcaças dos peixes (Tabela 04). Os valores de proteína bruta, energia bruta, extrato etéreo, matéria seca e cinzas da carcaça dos peixes não diferiram entre os diferentes níveis de CLA testados.

Perfil de ácidos graxos na carcaça dos peixes

A análise do perfil lipídico das carcaças dos peixes, alimentados com as dietas-teste, mostra que o ácido linoléico conjugado (CLA) influencia ($p<0,05$) na concentração dos ácidos graxos 15:1n-7, 16:00, 16:1n-9, 16:1n-5, 18:1n-9, 18:2n-6, 18:3n-3, 18:2 (c9,t11), 18:2 (t11,c12), 20:1n-9, 22:1n-9, 20:5n-3 e 22:4n-6 (Tabela 05). O somatório: de CLA, de ácidos graxos saturados (AGS), de ácidos graxos moinsaturados (AGMI) e de ácidos graxos polinsaturados das séries n-6 e n-3 presentes na carcaça dos peixes alimentados com as diferentes dietas-teste, também sofreram influencia dos níveis de CLA (Tabela 06).

Os maiores valores no somatório total de CLA e nas concentrações de seus izômeros 18:2 (c9,t11) e 18:2 (t11,c12) foram detectados no perfil lipídico dos peixes alimentados com a dieta contendo 2,5% de CLA (6,40%, 3,52% e 2,88% do total de lipídios da carcaça, respectivamente). Não foi detectado o ácido linoléico conjugado (CLA) e nenhum de seus isômeros no perfil lipídico das carcaças dos peixes alimentados com a dieta isenta de CLA (Tabelas 5 e 6).

A concentração dos ácidos graxos 18:2n-6 (linoléico) e 18:3n-3 (α -linolênico) no perfil lipídico das carcaças dos peixes reduziram com o aumento dos níveis de CLA das dietas (Tabela 5). O mesmo padrão de comportamento foi observado para o ácido graxo 16:00, onde a maior concentração foi observada no perfil lipídico da carcaça dos animais que foram alimentados com dietas isentas de CLA (Tabela 5).

Não houve influência dos níveis de CLA da dieta nas concentrações dos ácidos 20:4n-6 (araquidônico) e do 22:6n-3 (docosaheptaenóico), porém o 20:5n-3 (eicosapentaenóico) e o 22:4n-6 (decosatetraenóico) apresentaram efeito quadrático para os diferentes níveis de CLA, sendo que a dieta isenta de CLA proporcionou os maiores níveis desses ácidos (tabela 5). Pela equação de regressão os níveis de 2,49% e 2,65% de CLA proporcionam as menores concentrações dos ácidos 20:5n-3 (eicosapentaenóico) e o 22:4n-6 (decosatetraenóico) no perfil lipídico da carcaça dos peixes.

O mesmo efeito quadrático foi observado para os ácidos 15:1n-7 e 16:1n-5, onde maiores concentrações desses ácidos (0,41% e 0,47%, respectivamente) foram registradas nas dietas que continham 0,0% de CLA. De acordo com a equação de regressão, a concentração de CLA na dieta, para promover menor concentração desses ácidos na carcaça dos peixes foi estimada em 2,20% e 2,44% de CLA, respectivamente.

Os ácidos graxos 16:1n-9, 20:1n-9 e 22:1n-9 apresentaram aumento linear da concentração no perfil lipídico da carcaça dos peixes com o aumento dos níveis de CLA na dieta (Tabela 5). Aumento linear também foi observado para o ácido 18:1n-9 (oleico), onde a concentração foi menor nos peixes alimentados com dieta contendo 0,0% de CLA (36,09%) (Tabela 5).

Os peixes alimentados com dietas contendo 0,0% e 0,5% de CLA apresentaram as maiores concentrações de ácidos graxos saturados (AGS) na carcaça (27,57% e 28,28%, respectivamente). O somatório desses ácidos graxos apresentou redução linear à medida que a concentração de CLA na dieta aumentou. O contrário foi observado para os ácidos graxos monoinsaturados (AGMI), que apresentaram aumento linear à medida que a concentração de CLA na dieta aumentou (Tabela 6). O somatório de ácidos graxos poliinsaturados (AGPI) e a relação AGPI/AGS não foram influenciados pelas diferentes concentrações de CLA na dieta (Tabela 6).

Para o total de ácidos graxos polinsaturados das séries n-6 e n-3, houve efeito significativo dos níveis de CLA no perfil lipídico das carcaças dos peixes, onde dectetou-se redução linear com o aumento dos níveis de CLA da dieta (Tabela 6). A relação dos ácidos graxos das series n-6/n-3 do perfil lipídico da carcaça dos peixes dos diferentes tratamentos não sofreu influência dos níveis de CLA na dieta (Tabela 6).

DISCUSSÃO

A ausência de efeito significativo para os parâmetros de desempenho produtivo nos lambaris-do-rabo-amarelo alimentados com diferentes níveis de CLA nas dietas provavelmente esta relacionada ao modo como esta espécie metaboliza este ácido graxo. Os efeitos da inclusão de CLA na dieta dos peixes estão relacionados com as diferenças nas respostas fisiológicas das diversas espécies (Tan et al., 2010). Resultados semelhantes foram observados em juvenis de truta arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*) (Bandarra et al., 2006), em alevinos de salmão do atlântico (*Salmo salar*) (Kennedy et al., 2005) e em juvenis de robalo europeu (*Dicentrarchus labrax*) (Valente et. al., 2007a) alimentados com dietas suplementadas com diferentes níveis de CLA. A suplementação de 5% de CLA na dieta de alevinos de tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*) também não levou a diferenças no ganho de peso, consumo de dieta, conversão alimentar e índice hepatossomático dos peixes (Yásmin et al., 2004). Entretanto, efeitos negativos da suplementação de dietas com CLA sobre o desempenho produtivo de bagre amarelo (*Pelteobagrus fulvidraco*) foram observados por (Tan et al., 2010). Esses autores observaram que o aumento dos níveis de CLA na dieta de 0,0, 0,5, 1,0, 1,5 e 2,0% promoveram redução no ganho de peso, taxa de crescimento específico, consumo de ração e piora na conversão alimentar dos peixes.

Diminuição no ganho de peso em tilápias-do-nilo (*Oreochromis niloticus*), “rockfish” (*Sebastes schlegli*) e carpa comum (*Cyprinus carpio*) foi observada quando esses peixes foram alimentados com dietas suplementadas com níveis superiores a 1% e 2,5% de CLA, respectivamente (Choi et al., 1999). Resultados semelhantes foram observados em híbridos de “striped bass” (*Morone saxatilis* × *M. chrysops*) alimentados com a dieta contendo 1,0% de CLA (Twibell et al., 2000). Redução do índice viscerossomático também foi observado por Kennedy et al. (2007), em bacalhau do Atlântico (*Gadus morhua* L.) alimentados com dietas suplementadas com 0,5% de CLA.

Os diferentes resultados observados no desempenho produtivo dos peixes alimentados com dietas suplementadas com ácido linoléico conjugado (CLA) podem estar relacionados às diferenças no metabolismo de energia das espécies (Terpstra et al., 2001) e ou as diferenças nas condições experimentais a que os peixes foram submetidos (Twibell et al., 2003). Tais resultados podem ser reflexo

da habilidade do animal em metabolizar ácidos graxos no fígado e da utilização destes como fonte de energia ou de ácidos graxos essenciais (Twibell et al., 2001).

A ausência de diferença significativa para a composição química da carcaça de lambari-do-rabo-amarelo alimentados com dietas suplementadas com diferentes níveis de CLA pode estar relacionados ao período experimental, ao nível de suplementação de CLA na dieta, a mistura de izômeros utilizada ou ao próprio metabolismo do animal (Terpstra et al., 2001). Esses resultados corroboram com os obtidos em outras espécies de peixes, como em juvenis de bagre do canal (*Ictalurus punctatus*) alimentados com dietas contendo 0,5 ou 1% de CLA (Twibell et al., 2003), larvas de salmão do atlântico (*Salmo salar*) alimentadas com dietas sem e com 0,5, 1 e 2% de CLA (Berge et al., 2004), juvenis de salmão do atlântico (*Salmo salar*) alimentadas com rações sem e com 1 e 2% de CLA (Kennedy et al., 2005) e juvenis de truta arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*) alimentados com rações sem e com 0,5; 0,75 e 1% de CLA (Valente et al., 2007b). Também não foram observadas diferenças significativas na composição química do peixe inteiro, do filé e do fígado de pacus (*Piaractus mesopotamicus*) alimentados com dietas sem ou com 1,2% de CLA (Santos et al., 2009).

O teor de proteína dos animais alimentados com dietas contendo CLA tende a ficar estável ou a aumentar (Pariza et al., 2001). No presente estudo os níveis de CLA mantiveram-se estáveis. Porém, outros autores observam aumento do conteúdo de proteína corporal, como Leaver et al. (2006) em salmão do Atlântico (*Salmo salar*) alimentados com dietas contendo 2 e 4% de CLA. Tilápias do Nilo alimentadas com dietas suplementadas com 5 e 10 g/kg de CLA, também apresentaram aumento na proteína total, porém não houve efeito sobre os níveis de lipídios totais (Santos et al., 2011). Entretanto nos filés desses animais foi observado diminuição de lipídeos, sem alterar o nível de proteína.

Embora não sendo observado efeito significativo do CLA para o conteúdo de lipídios totais, Bandarra et al. (2006) relataram diminuição do teor de lipídios nas vísceras de peixes alimentados com a dieta contendo 0,5% de CLA, em comparação com aqueles alimentados com a dieta isenta de CLA. Em bagre amarelo (*Pelteobagrus fulvidraco*), o conteúdo lipídico total reduziu significativamente com níveis crescentes de CLA na dieta (Tan et al., 2010). Redução lipídica em carne de coelhos alimentados com 5g/kg de CLA na dieta também foi observada por Corino et al. (2003).

É possível que a ausência de efeito significativo tanto para os parâmetros de desempenho produtivo quanto para a composição química da carcaça dos peixes alimentados com dietas suplementadas com diferentes níveis de CLA esteja relacionado à proporção dos isômeros de CLA utilizado. Acredita-se que o isômero trans-10, cis-12, seja responsável pelas observações de mudanças na composição corporal dos animais. Porém para se observar efeitos positivos do CLA no desempenho produtivo dos animais, é necessário alimentar o animal com uma mistura de isômeros, contendo o cis-9, trans-11 e o trans-10, cis-12 (Pariza et al. 2001). Portanto, é possível que, para esta espécie, a composição do óleo de CLA utilizado não contenha a proporção necessária para influenciar nesses parâmetros.

As concentrações de CLA no perfil lipídico da carcaça dos peixes refletiram os níveis de CLA da dieta. A dieta ingerida irá influenciar no perfil lipídico do animal. Assim, o perfil de ácidos graxos dos peixes será reflexo do perfil lipídico da dieta consumida (Castell et al., 2004; Asdari et al., 2011). Os valores de CLA encontrados no perfil lipídico dos lambaris deste experimento foram superiores aos valores encontrados em tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*), em bacalhau do atlântico (*Gadus morhua L.*) (Kennedy et al. 2007) e em juvenis de perca-amarela (*Perca flavescens*) (Twibell et al., 2001). Entretanto, em juvenis de híbrido de “striped bass” (*Morone saxatilis* × *M. chrysops*) alimentados com rações contendo 1% de CLA foi detectada concentração superior de CLA na musculatura dos peixes (Twibell et al., 2000), assim como em juvenis de pacu (*Piaractus mesopotamicus*) (Santos et al., 2009) e juvenis de robalo europeu (*Dicentrarchus labrax*) (Valente et al., 2007a).

A diferença nos valores de CLA no perfil lipídico dos peixes pode estar relacionada com o metabolismo das diferentes espécies, com o produto (CLA) utilizado (Twibell et al., 2001) ou mesmo a fase de desenvolvimento dos peixes em estudo e também com o tempo de administração das dietas-teste (Santos et al., 2009).

Em salmão do atlântico (*Salmo salar*) observou-se taxa de deposição do CLA de 70 a 80% (Berge et al., 2004). Esses autores consideraram baixo o depósito de CLA e inferiram ser provavelmente devido ao alto metabolismo da espécie ou a baixa digestibilidade desse ácido graxo. Como não se conhece, ainda, o coeficiente de digestibilidade do CLA, a maioria dos autores compara o valor

obtido com os já descritos para maioria dos ácidos graxos, que apresentam coeficientes de digestibilidade variando em 95-97% (Berge et al., 2004). Mesmo que a taxa de incorporação do CLA seja considerada baixa por alguns autores, o fornecimento de dietas enriquecidas com CLA para peixes é bastante significativo, uma vez que em animais ruminantes, onde ocorre sua produção natural, os níveis encontrados na carcaça são bem inferiores aos observados na nesses peixes. Os teores de CLA em ruminantes variam de 0,27% em bovino a 0,56% em cordeiros (Watkins e Li 2001). Assim, o consumo de peixes suplementados com CLA pode ser um modo eficaz de aumentar o consumo desse ácido graxo pelo homem (Twibell et. al., 2001).

As carcaças dos lambaris alimentados com os diferentes níveis de CLA na dieta também tiveram alterações no perfil dos demais ácidos graxos. Diversos autores relatam aumento dos ácidos graxos saturados (AGS) e redução dos monoinsaturados (AGMI), em peixes alimentados com dietas contendo alta concentração de CLA (Berge et. al. 2004, Bandarra et al. 2006, Santos et al., 2007, Valente et. al., 2007a, Santos et. al., 2009).

O CLA, assim como alguns ácidos graxos poliinsaturados, causa redução na atividade da enzima Δ -9 dessaturase (SCD) no fígado e nos adipócitos dos animais (Lee et al. 1998), uma vez que, essa enzima está envolvida na síntese de alguns AGMI, pois a mesma catalisa a inserção de uma dupla ligação entre os carbonos 9 e 10, de diversos AGS como o 16:0 e o 18:0, formando os AGMI 16:1 (n-7) e 18:1(n-9). Assim, com a inibição da enzima Δ -9 dessaturase, ocorre acúmulo dos ácidos graxos saturados (Lee et al. 1998, Berge et al. 2004). Entretanto, neste estudo foi observado redução dos AGS e aumento dos AGMI na carcaça dos peixes à medida que aumentou a suplementação de CLA na dieta.

A redução dos AGS nos lambaris alimentados com os maiores níveis de CLA na dieta pode ser atribuída ao perfil de ácidos graxos das dietas experimentais, o que pode ser atribuído ao baixo teor do ácido graxo saturado 16:0. O aumento dos AGMI pode ser devido ao aumento do ácido 18:1n-9 (oleico), que passou de 36,09%, dos animais que receberam dietas isentas de CLA, para 41,15% nos animais que receberam 2,0% de CLA na dieta. O aumento na concentração deste ácido graxo também reflete a sua concentração na dieta, onde a dieta com 0,0% de CLA apresentou a menor concentração de 18:1n-9. Assim, fica claro que a composição de ácidos graxos da carcaça dos peixes reflete

a composição dos ácidos graxos da dieta, mostrando que a mesma tem papel fundamental na composição dos ácidos graxos corporais do animal.

Do mesmo modo, o total de ácidos graxos polinsaturados (AGPI) das séries n-6 e n-3 na carcaça dos peixes, reflete a composição de AGPI das dietas, sendo menor nos peixes que receberam dietas contendo altos níveis de CLA e baixos níveis de AGPI (n-6 e n-3). Em contraste, Berge et al. (2004) observaram, em alevinos de salmão do atlântico (*Salmo salar*), aumento no total de AGPI, especialmente DHA, nos peixes que receberam dietas com os maiores níveis de CLA (0,5%, 1,0% e 2,0%). Porém, redução da concentração muscular de AGPI, foi observada em híbridos de “striped bass” (*Morone saxatilis* × *M. chrysops*) alimentados com 1,0% de CLA na dieta (Twibell et. al., 2000) e em juvenis de perca-amarela (*Perca flavescens*) que também receberam 1,0% de CLA na dieta (Twibell et. al., 2001), em comparação com os peixes alimentados com dietas isentas de CLA.

Do mesmo modo, Santos et al. (2011), observam redução da concentração de AGPI na composição corporal de tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*), alimentadas com 5% e 10% de CLA. Estes resultados estão de acordo com os encontrados no presente estudo. Redução dos AGPI da musculatura também foi observado em suínos (Ramsay et al., 2001) e frangos (Yang et al., 2003), alimentados com dietas contendo CLA. Kennedy et al. (2005), em salmão do atlântico (*Salmo salar*), sugerindo que a deposição de CLA na musculatura ocorre em detrimento à deposição de outros AGPI, como EPA e DHA. Assim, o aumento dos níveis de CLA podem levar a redução dos níveis de AGPI na musculatura dos animais.

Os resultados obtidos no presente estudo mostram que, o CLA pode ser incluído em dietas para lambaris-do-rabo-amarelo com o objetivo de incorporar este ácido graxo nos lipídios totais da carcaça. Peixes enriquecidos com CLA poderão ter destaque como alimentos funcionais, uma vez que, o CLA esta relacionado à prevenção de diversas doenças, como arteriosclerose e até câncer, em humanos, além de proporcionar redução na deposição de gordura e melhoras no sistema imunológico (Evans et al. 2002). Assim, o enriquecimento da carne dos peixes com CLA pode levar o maior consumo pela população de um alimento fornecedor de proteína de alto valor biológico e de ácidos graxos poliinsaturados, aumentando assim o valor nutricional da carne de peixe.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AOAC. (2000) Association of Official Analytical Chemists. Official methods of analysis of AOAC International. 17ed., v.2., Gaithersburg.
- Bandarra, M., Nunes, M.L., Andrade, A.M., Prates, J.A.M., Pereira, S., Monteiro M., Remac, P. & Valente, L.M.P. (2006) Effect of dietary conjugated linoleic acid on muscle, liver and visceral lipid deposition in rainbow trout juveniles (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, 254, 496-505.
- Bennemann, S.T., Gealh A.M., Orsi, M.L. & Souza, L.M. (2005) Ocorrência e ecologia trófica de quatro espécies de *Astyanax* (Characidae) em diferentes rios da bacia do rio Tibagi, Paraná, Brasil. *Iheringia*, 95, 247-254.
- Berge, G.M., Ruyter, B. & Asgard, T. (2004) Conjugated linoleic acid in diets for juvenile Atlantic salmon (*Salmo salar*); effects on fish performance, proximate composition, fatty acid and mineral content. *Aquaculture*, 237, 365-380.
- Bligh, E.G. & Dyer, W.J. (1959) A rapid method of total lipid extraction and purification. *Can Biochem*, 37, 911-917.
- Chin, S.F., Liu, W., Storkson, J.M., Ha, Y.L. & Pariza, M.W. (1992) Dietary sources of conjugated dienoic isomers of linoleic acid a newly recognized class of anticarcinogens. *Journal of Food Composition and Analysis*, 5, 185-197.
- Choi, B.D., Kang, S.J. & Ha, Y.L. (1999) Accumulations of conjugated linoleic acid (CLA) in tissues of fish fed diets containing various levels de CLA. In: *Advances in Conjugated Linoleic Acid Research*. vol. 1, eds. Champaign: AOCS Press: 283-295.
- Cook, M.E., Miller, C.C., Park, Y. & Pariza, M. (1993) Immune modulation by altered nutrient metabolism: nutritional control of immune-induced growth depression. *Poultry Science*, 72, 1301-1305.
- Corino, C., Filetti, F., Gambacorta, B., Manchisi, A., Magni, S., Pastorelli, G., Rossi, R. & Maiorano, G. (2003) Influence of dietary conjugated linoleic acids (CLA) and age at slaughtering on meat quality and intramuscular collagen in rabbits. *Meat Science*, 66, 97-103.
- Cotan, J.L.V., Lanna, E.A.T., Bomfim, M.A.D., Donzele, J.L., Ribeiro, F.B. & Serafini, M.A. (2006) Níveis de energia digestível e proteína bruta em rações para alevinos de lambari tambuí. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 35, 634-640.

- Evans, M.E., Brown, J.M. & McIntosh, M.K. (2002) Isomer-specific effects of conjugated linoleic acid (CLA) on adiposity and lipid metabolism. *Journal of Nutritional Biochemistry*, 13, 508-516.
- Garutti, V. & Britski, H.A. (2000) Descrição de uma espécie nova de *Astyanax* (Teleostei: *Characidae*) da bacia do alto rio Paraná e considerações sobre as demais espécies do gênero na bacia. *Comunicações do Museu de Ciências e Tecnologia da PUCRS*, 13, 65-88. Porto Alegre, RS, BRASIL.
- Gimbo, R.Y., Saita, M.V., Gonçalves, A.F.N., Takahashi, L.S. (2008) Diferentes concentrações de benzocaína na indução anestésica do lambari-do-rabo-amarelo (*Astyanax bimaculatus*). *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, 9, 350-357.
- Hayashi, C., Meurer, F., Boscolo, W.R., Lacerda, C.H.F. & Kavata, L.C.B. (2004) Freqüência de Arraçamento para Alevinos de Lambari do Rabo-Amarelo (*Astyanax bimaculatus*). *Revista Brasileira de Zootecnia*, 33, 21-26.
- Hartman, L. & Lago R.C.A. (1973) Rapid preparation of fatty acid methyl ester from lipids. *Laboratory Practices*, 22, 474.
- Kennedy, S.R., Campbell, P.J., Porter, A. & Tocher, D.R. (2005) Influence of dietary conjugated linoleic acid (CLA) on lipid and fatty acid composition in liver and flesh of Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Comparative Biochemistry and Physiology*, 141, 168–178.
- Kennedy, S.R., Bickerdike, R., Berge, R.K., Porter, A.R. & Tocher, D.R. (2007) Influence of dietary conjugated linoleic acid (CLA) and tetradecylthioacetic acid (TTA) on growth, lipid composition and key enzymes of fatty acid oxidation in liver and muscle of Atlantic cod (*Gadus morhua* L.). *Aquaculture*, 264, 372–382.
- Leaver, M.J., Tocher, D.R., Obach, A., Jensen, L., Henderson, R.J., Porter, A.R. & Krey, J. (2006) Effect of dietary conjugated linoleic acid (CLA) on lipid composition, metabolism and gene expression in Atlantic salmon (*Salmo salar*) tissues. *Comparative Biochemistry and Physiology*, 145, 258–267.
- Lee, K., Pariza, M. & Ntambi, J. (1998) Conjugated linoleic acid decreases hepatic stearoyl-coa desaturase mrna expression. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 248, 817–821
- Pariza, M.W., Park, Y. & Cook, M.E. (2001) The biologically active isomers of conjugated linoleic acid. *Progress in Lipid Research*, 40, 283-298.
- Ramsay, T.G., Evock-Clover, C.M., Steele, N.C. & Azain, M.J. (2001) Dietary conjugated linoleic acid alters fatty acid composition of pig skeletal muscle and fat. *J. Anim. Sci.* 79, 2152–2161.

Rondinelli, G.R. (2007) Biologia alimentar e reprodutiva na comunidade de peixes de rio passa cinco (SP). Dissertação (Mestrado), Universidade Estadual Paulista. Rio Claro, SP, BRASIL.

Santos, L.D., Furuya, W.M., Matsushita, M., Silva, L.C.R., Castro Silva, T.S. & Botaro, D. (2007) Ácido linoléico conjugado (CLA) em dietas para tilápia-do-nilo: desempenho produtivo, composição química e perfil de ácidos graxos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 36, 1481-1488.

Santos, L.D., Furuya, W.M., Castro Silva, T.S., Michelato, M. & Matsushita, M., (2009) Ácido linoléico conjugado em dietas para pacu: tempo de deposição, desempenho e perfil de ácidos graxos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 38, 980-988.

Santos, L.D., Furuya, W.M., Silva, L.C.R., Matsushita, M. & Castro Silva, T.S. (2011) Dietary conjugated linoleic acid (CLA) for finishing Nile tilapia. *Aquaculture Nutrition*, 17, 70-81.

Silva, D.J. & Queiros, A.C. (2002) Análise de alimentos (métodos químicos e biológicos). 3ed., 235p. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, BRASIL.

Silva, J.M.F., Andrade, D.R. & Teixeiras, S.M. (1983) Alimentação de lambari, *Astyanax bimaculatus* (Linnaeus, 1758) com excremento de suínos e ração. In: Reunião anual para o progresso da ciência, ed 35, pp 736-737. Belém, PA, BRASIL.

Souza, J.R. & Andrade, O.R. (1983) Dados preliminares sobre nutrição de *Astyanax bimaculatus* (Linnaeus, 1958), Pisces: Characidae. *Seiva*, 2, 81-83.

Tan, X.Y., Luo, Z., Xie P., Li X.D., Liu X.J. & Xi W.Q. (2010) Effect of dietary conjugated linoleic acid (CLA) on growth performance, body composition and hepatic intermediary metabolism in juvenile yellow catfish *Pelteobagrus fulvidraco*. *Aquaculture*, 310, 186–191.

Terpstra, A.H.M. (2001) Differences between humans and mice in efficacy of the body fat lowering effect of conjugated linoleic acid: role of metabolic rate. *Journal of Nutrition*, 131, 2067-2068.

Twibell, R.G., Watkins, B.A. & Rogers, L. (2000) Effects of dietary conjugated linoleic acids on hepatic and muscle lipids in hybrid striped bass. *Lipids*, 35, 155-161.

Twibell, R.G.; Watkins, B.A. & Brown, P.B. (2001) Dietary conjugated linoleic acids and lipid source alter fatty acid composition of juvenile yellow perch, *Perca flavescens*. *Journal of Nutrition*, 131, 2322-2328.

- Twibell, R.G. & Wilson, R.P. (2003) Effects of dietary conjugated linoleic acids and total dietary lipid concentrations on growth responses of juvenile channel catfish, *Ictalurus punctatus*. *Aquaculture*, 221, 621-628.
- Valente, L.M.P., Bandarra, N.M., Figueiredo-Silva, A.C., Cordeiro, A.R., Simoes, R.M. & Nunes, M.L. (2007)a. Influence of conjugated linoleic acid on growth, lipid composition and hepatic lipogenesis in juvenile European sea bass (*Dicentrarchus labrax*). *Aquaculture* 267, 225–235.
- Valente, L.M.P., Bandarra, N.M., Figueiredo-Silva, A., Rema, P., Vaz-Pires, S., Martins, J.A. M. & Pratese Nunes, M.L. (2007)b. Conjugated linoleic acid in diets for large size rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*): effects on growth, chemical composition and sensory attributes. *British Journal of Nutrition*. 97, 289–297.
- Vilella, F.S., Becker, F.G. & Hartz, S.M. (2002) Diet of *Astyanax* species (Teleostei, Characidae) in na Atlantic Forest in southern Brazil. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 45, 223-232.
- Watkins, B.A. & Li, Y. (2001) Conjugated linoleic acid: the present state of knowledge. In: *Handbook of Nutraceuticals and Functional Food* (Wildman, R., ed.), pp. 443–474. CRC Press, Boca Raton, FL, EUA.
- Whigham, L.D., Cook, M.E. & Atkinson, R.L. (2000) Conjugated linoleic acid: implications for human health. *Pharmacological Research*, 42, 503- 510.
- Yang, L., Huang, Y., Wang, H.Q. & Chen, Z.Y. (2003) Isomeric distribution of conjugated linoleic acid (CLA) in the tissues of layer hens fed a CLA diet. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51, 5654–5660.
- Yasmin, A., Takeuchi, T., Hayashi, M., Hirota, T., Ishizuka, W. & Ishida, S. (2004) Effect of conjugated linoleic acid and docosahexaenoic acids on growth of juvenile *Oreochromis niloticus*. *Fisheries Science*, 70, 473– 481.

TABELAS

Tabela 01. Composição percentual e químico-bromatológica das rações experimentais

Ingrediente	Dietas-Teste					
	0,0% CLA	0,5% CLA	1,0% CLA	1,5% CLA	2,0% CLA	2,5% CLA
Farelo de soja	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00
Farelo de algodão	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00
Glutem de milho	12,70	12,70	12,70	12,70	12,70	12,70
Fubá de milho	8,05	8,05	8,05	8,05	8,05	8,05
Farelo de trigo	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00
Farelo de arroz	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00
Óleo de soja	5,00	4,10	3,20	2,30	1,40	0,50
CLA	-	0,90	1,80	2,70	3,60	4,50
L-Lisina	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44
DL- Metionina	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19
Fosfato bicálcico	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50
Vitamina C	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Sal comum	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
Supl. Min./ vitam. ¹	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
BHT ²	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Energia bruta	3732,00	3774,00	3615,00	3686,00	3858,00	3789,00
Proteína bruta	32,97	32,72	33,54	33,35	32,84	31,92
Extrato etéreo	9,047	8,928	9,054	9,496	9,247	9,430
Matéria seca	94,668	93,864	94,841	94,505	93,651	93,534
Cinza	9,44	9,45	10,01	9,52	10,02	10,17
Lisina	1,71	1,71	1,71	1,71	1,71	1,71
Metionina	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61

¹ Níveis de garantia por quilograma do produto: Vit. A, 1.200.000UI ; Vit. D3 ; 200.000UI ; Vit. E, 12.000mg ; Vit. K3, 2.400mg ; Vit. B1, 4.800mg ; Vit. B2, 4.800mg ; Vit. B6, 4.000mg; Vit. B12, 4.800mg; Ac. Fólico, 1.200mg; Pantotenato Ca, 12.000mg; Vit. C, 48.000mg; Biotina, 48mg; Colina, 65.000mg; Niacina, 24.000mg; Ferro, 10.000mg; Cobre, 6.000mg; Manganês, 4.000mg; Zinco, 6.000mg; Iodo, 20mg; Cobalto, 2mg; Selênio, 20mg.

² Butil hidroxi tolueno (antioxidante)

Tabela 02. Perfil de ácidos graxos das dietas-teste suplementadas com diferentes níveis de CLA

Ácidos Graxos (%)*	Dietas-Teste					
	0,0% CLA	0,5% CLA	1,0% CLA	1,5% CLA	2,0% CLA	2,5% CLA
14:00	0,14	0,13	0,15	0,16	0,15	0,15
16:00	14,10	13,43	12,69	12,05	11,53	11,02
18:00	3,03	2,92	3,02	3,09	3,19	3,17
18:1 n-9	28,02	28,69	29,35	29,91	30,34	30,86
18:2 n-6	50,09	45,11	39,93	35,13	29,56	24,53
18:3 n-6	0,25	0,25	0,21	0,17	0,08	0,07
18:3 n-3	4,37	3,77	3,21	2,60	2,24	1,63
18:2 (c9,t11)	0,00	2,26	4,75	7,00	9,53	11,82
18:2 (t10,c12)	0,00	3,42	6,70	9,89	13,38	16,74
AGS	17,26	16,48	15,85	15,30	14,87	14,35
AGM	28,02	28,69	29,35	29,91	30,34	30,86
AGPI	54,71	54,82	54,81	54,79	54,78	54,80
AGPI/AGS	3,17	3,33	3,46	3,58	3,68	3,82
n-6	50,34	45,37	40,15	35,29	29,64	24,60
n-3	4,37	3,77	3,21	2,60	2,24	1,63
n-6/n-3	11,53	12,03	12,52	13,55	13,21	15,08
CLA Totais	0,00	5,68	11,45	16,89	22,90	28,56

*Os valores estão indicados em porcentagem do total de ácidos graxos identificados na amostra.

Dados obtidos por cromatógrafo a gás CP-3380 (Varian, EUA) equipado com detector de ionização de chama e coluna capilar de sílica fundida CP – 7420 (Select FAME) de 100 metros de comprimento, 0,25 mm de diâmetro interno e 0,25 µm de cianopropil.

Tabela 03. Sobrevivência (SO), ganho de peso (GP), taxa de crescimento específico (TCE), conversão alimentar (CA), rendimento de carcaça (RC), índices viscerossomático (IVS), índices gonadossomático dos machos (IGSm), índices gonadossomático das fêmeas (IGSf) e índices hepatossomático (IHS) de lambari-do-rabo-amarelo (*Astyanax altiparanae*) alimentados com dietas suplementadas com diferentes níveis de CLA

Parâmetros	Tratamentos (% CLA)						CV(%)
	0,0%	0,5%	1,0%	1,5%	2,0%	2,5%	
SO ^{ns} (%)	90,00	95,55	94,44	95,55	95,55	98,89	6,54
GP ^{ns} (g)	2,57	2,01	2,01	2,12	2,36	1,91	19,77
TCE ^{ns} (%dia ⁻¹)	0,91	0,78	0,78	0,80	0,87	0,76	21,47
CA ^{ns}	2,30	2,45	2,37	2,16	2,08	2,35	21,66
RC ^{ns} (%)	85,62	85,96	85,35	85,28	84,38	86,33	2,15
IVS ^{ns} (%)	14,38	14,04	14,65	14,72	15,62	13,67	12,67
IGSm ^{ns} (%)	4,13	3,99	4,44	4,25	6,31	4,12	45,55
IGSf ^{ns} (%)	15,31	15,90	15,55	17,65	18,53	14,58	32,40
IHS ^{ns} (%)	0,39	0,35	0,33	0,32	0,43	0,46	30,77

ns = não significativo pela análise de variância, teste F ($p > 0,05$)

SO (Sobrevivência) = Número final de peixes/Número inicial de peixes x 100

GP (Ganho de peso) = Biomassa média final – Biomassa média inicial

TCE (Taxa de crescimento específico) = (ln Peso final – ln Peso inicial)/dias x 100

CA (Conversão alimentar) = Consumo total de ração/ Ganho de peso total

RC (Rendimento de carcaça) = peso peixe eviscerado/peso peixe inteiro x 100

IVS (Índice viscerossomático) = peso da víscera/peso do animal inteiro x 100

IGSm (Índice gonadossomático dos machos) = peso da gônada/peso animal inteiro x 100

IGSf (Índice gonadossomático das fêmeas) = peso da gônada/peso animal inteiro x 100

IHS (Índice hepatossomático) = peso do fígado/peso do animal inteiro x 100

Tabela 04. Proteína bruta, energia, extrato etéreo, matéria seca e cinzas das carcaças de lambaris-do-rabo-amarelo (*Astyanax altiparanae*) alimentados com dietas suplementadas com diferentes níveis de CLA

Parâmetros	Tratamentos (% CLA)						CV(%)
	0,0%	0,5%	1,0%	1,5%	2,0%	2,5%	
Proteína bruta ^{ns} (%) ¹	58,16	55,74	57,83	57,49	57,44	57,26	4,29
Energia ^{ns} (Kcal/g)	4264,0	4441,4	4328,8	4763,8	4557,6	4030,0	10,66
Extrato etéreo ^{ns} (%) ¹	17,79	18,47	22,78	20,77	18,36	18,60	32,06
Matéria seca ^{ns} (%) ¹	28,91	29,11	29,64	29,45	28,83	29,35	3,74
Cinza ^{ns} (%) ¹	13,83	14,07	14,12	14,17	14,03	13,90	6,41

ns = não significativo pela análise de variância, teste F (p>0,05)

¹ Porcentagens expressas com base na matéria seca

Tabela 05. Perfil de ácidos graxos das carcaças de lambaris-do-rabo-amarelo (*Astyanax altiparanae*) alimentados com dietas suplementadas com diferentes níveis de CLA

Ácidos Graxos (%)*	Tratamentos (% CLA)						CV(%)
	0	0,5	1	1,5	2	2,5	
12:00 ^{ns}	0,04	0,03	0,03	0,03	0,02	0,03	17,57
14:00 ^{ns}	0,36	0,39	0,38	0,38	0,4	0,4	6,46
¹ 15:1n-7	0,31	0,25	0,22	0,2	0,21	0,19	19,41
² 16:00	20,17	20,04	19,75	19,17	18,21	18,13	4,94
³ 16:1n-9	0,24	0,24	0,26	0,31	0,31	0,32	3,18
16:1n-7 ^{ns}	0,6	0,6	0,6	0,51	0,53	0,55	9,6
⁴ 16:1n-5	0,47	0,44	0,38	0,34	0,33	0,33	17,57
17:00 ^{ns}	0,37	0,36	0,35	0,41	0,39	0,37	8,55
18:00 ^{ns}	6,63	7,46	7	6,43	7,06	6,58	6,28
⁵ 18:1n-9	36,09	38,76	38,67	39,05	41,15	40,7	4,49
⁶ 18:2n-6	24,5	20,9	20,62	19,85	17,16	16,95	13,83
18:3n-6 ^{ns}	0,5	0,47	0,51	0,5	0,38	0,39	12,84
⁷ 18:3n-3	0,95	0,83	0,81	0,76	0,61	0,54	19,26
⁸ 18:2(c9,t11)	0	1,01	1,44	2,37	3,06	3,52	64,92
⁹ 18:2(t10,c12)	0	0,79	1,02	1,73	2,39	2,88	75,5
¹⁰ 20:1n-9	0,6	0,84	0,73	0,95	1,15	1,28	27,32
20:2n-6 ^{ns}	0,8	0,69	0,66	0,81	0,88	0,9	14,22
20:3n-6 ^{ns}	0,44	0,17	0,21	0,3	0,32	0,28	31,82
20:3n-3 ^{ns}	0,8	0,55	0,68	0,63	0,6	0,59	15,6
¹¹ 22:1n-9	1,01	0,92	1,18	1,03	0,85	1,01	13,36
20:4n-6 ^{ns}	1	0,89	0,91	0,91	0,96	0,96	8,79
¹² 20:5n-3	0,95	0,78	0,76	0,74	0,68	0,66	14,05
¹³ 22:4n-6	2,38	1,88	1,78	1,66	1,48	1,4	19,97
24:1n-9 ^{ns}	0,29	0,23	0,41	0,36	0,36	0,45	22,11
22:6n-3 ^{ns}	0,5	0,49	0,65	0,56	0,49	0,59	13,71

* Os valores estão indicados em porcentagem do total de ácidos graxos identificados na amostra.

ns = não significativo pela análise de variância, teste F ($p > 0,05$). ⁽¹⁾ $y = 0,022x^2 - 0,097x + 0,300$ $R^2 = 0,87$ ($p < 0,05$); ⁽²⁾ $y = -0,928x + 20,40$ $R^2 = 0,72$ ($p < 0,05$); ⁽³⁾ $y = 0,037x + 0,231$ $R^2 = 0,72$ ($p < 0,05$); ⁽⁴⁾ $y = 0,027x^2 - 0,132x + 0,483$ $R^2 = 0,85$ ($p < 0,05$); ⁽⁵⁾ $y = 1,750x + 36,88$ $R^2 = 0,77$ ($p < 0,05$); ⁽⁶⁾ $y = -2,841x + 23,55$ $R^2 = 0,82$ ($p < 0,05$); ⁽⁷⁾ $y = -0,156x + 0,945$ $R^2 = 0,86$ ($p < 0,05$); ⁽⁸⁾ $y = 1,411x + 0,135$ $R^2 = 0,97$ ($p < 0,05$); ⁽⁹⁾ $y = 1,138x + 0,044$ $R^2 = 0,97$ ($p < 0,05$); ⁽¹⁰⁾ $y = 0,258x + 0,601$ $R^2 = 0,82$ ($p < 0,05$); ⁽¹¹⁾ $y = 0,258x + 0,601$ $R^2 = 0,82$ ($p < 0,05$); ⁽¹²⁾ $y = 0,041x^2 - 0,204x + 0,922$ $R^2 = 0,75$ ($p < 0,05$); ⁽¹³⁾ $y = 0,127x^2 - 0,673x + 2,315$ $R^2 = 0,85$ ($p < 0,05$)

Tabela 06. Soma e relações dos ácidos graxos das carcaças de lambaris-do-rabo-amarelo (*Astyanax altiparanae*) alimentados com dietas suplementadas com diferentes níveis de CLA

Soma e relações dos ácidos graxos*	Tratamentos (% CLA)						CV(%)
	0,0%	0,5%	1,0%	1,5%	2,0%	2,5%	
¹ CLA Totais	0,00	1,79	2,46	4,10	5,45	6,40	67,63
² AGS	27,57	28,28	27,51	26,42	26,08	25,51	4,24
³ AGMI	39,61	42,28	42,44	42,76	44,89	44,82	4,44
AGPI ^{ns}	32,83	29,43	30,05	30,82	29,03	29,67	4,93
AGPI/AGS ^{ns}	1,19	1,04	1,09	1,17	1,11	13,90	6,05
⁴ n-6	29,63	24,99	24,70	24,03	21,19	20,89	12,83
⁵ n-3	3,20	2,65	2,89	2,70	2,38	2,38	11,64
n-6/n-3 ^{ns}	9,27	9,46	8,55	8,92	8,90	8,79	5,20

*Os valores estão indicados em porcentagem do total de ácidos graxos identificados na amostra ns = não significativo pela análise de variância, teste F (p>0,05). ⁽¹⁾ $y = 2,549x + 0,179$ R²= 0,98 (p<0,05); ⁽²⁾ $y = -1,026x + 28,17$ R²= 0,62 (p<0,05); ⁽³⁾ $y = 1,953x + 40,35$ R²= 0,81 (p<0,05); ⁽⁴⁾ $y = -3,185x + 28,22$ R²= 0,81 (p<0,05); ⁽⁵⁾ $y = -0,291x + 3,063$ R²= 0,66 (p<0,05).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Vários nutricionistas têm recomendado a suplementação de dietas práticas para peixes com o ácido linoléico conjugado (CLA), devido aos efeitos benéficos a saúde dos animais e a utilização desse animal como fonte de CLA para os humanos. Neste contexto e com base nos resultados obtidos neste estudo é possível fazer as seguintes considerações:

- Os níveis de CLA utilizados nos diferentes tratamentos não interferiram no desempenho produtivo e composição química da carcaça dos peixes, sendo, portanto necessário à avaliação de níveis superiores aos utilizados nesta pesquisa para que se possa inferir seu efeito sobre estes parâmetros nos lambaris-de-rabo-amarelo;

- O lambaris-de-rabo-amarelo pode ser usado como alimento nutracêutico, pois ele incorporou o CLA da dieta na carcaça, sendo que quanto maior o nível de CLA fornecido maior a taxa de incorporação;

- Estudos que determinem o tempo de incorporação do CLA pelos lambaris-de-rabo-amarelo são importantes, para determinar o tempo necessário da alimentação com a dieta suplementada com CLA;

- Os resultados obtidos nesta pesquisa indicam a necessidade de novos estudos para melhor entendimento da utilização metabólica do CLA pelas diferentes espécies de peixes.

ANEXO

ANEXO I: PARECER COMISSÃO DE ÉTICA

O presente estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética para Uso de Animais do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa, processo nº 19/2011, coordenado pela Profa. Ana Lúcia Salaro, declarando estar de acordo com os princípios éticos da experimentação animal, estabelecido pelo Colégio Brasileiro de Experimentação Animal e com a legislação vigente.