



## Ácido linoléico conjugado em dietas para pacu: tempo de deposição, desempenho e perfil de ácidos graxos

Lilian Dena dos Santos<sup>1\*</sup>, Wilson Massamitu Furuya<sup>2</sup>, Tarcila Souza de Castro Silva<sup>1</sup>, Mariana Michelato<sup>1</sup>, Makoto Matsushita<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Programa de Pós-graduação em Zootecnia (PPZ) - UEM, Av. Colombo, 5790, CEP: 87020-900, Maringá-PR.

<sup>2</sup> Departamento de Zootecnia – UEM, Av. Colombo, 5790, CEP: 87020-900, Maringá-PR.

<sup>3</sup> Departamento de Química – UEM, Av. Colombo, 5790, CEP: 87020-900, Maringá-PR.

**RESUMO** - Avaliou-se a influência da adição (1,2%) de ácido linoléico conjugado (CLA) na dieta sobre o desempenho, a deposição e o perfil de ácidos graxos na carne de pacus. Foram utilizados 112 pacus em crescimento ( $256,19 \pm 24,09$ ), distribuídos em delineamento inteiramente casualizado, com dois tratamentos e quatro repetições, em oito tanques ( $1 \text{ m}^3$  cada), e alimentados até a saciedade aparente, três vezes ao dia, durante 60 dias. Utilizou-se dieta extrusada, com 28% PB e 3.000 kcal ED/kg de ração. A cada duas semanas, foram coletados oito peixes de cada tratamento (dois de cada repetição) para determinar a composição de ácidos graxos no tempo. Pela análise de *Broken-line*, a máxima deposição do *cis*-9, *trans*-11, *trans*-10, *cis*-12 e do CLA total foi estabelecida com 23, 20 e 21 dias, respectivamente. Não foram observadas diferenças no desempenho e na composição química do peixe inteiro, do filé e do fígado. A deposição de CLA ocorreu em altas concentrações em todos os tecidos do pacu. O fornecimento de CLA na dieta afetou a composição de ácidos graxos poliinsaturados e monoinsaturados no peixe inteiro, filé e fígado. A deposição de CLA em pacus corresponde a até 3,6% dos lipídios totais no peixe inteiro e no filé.

Palavras-chave: crescimento, filé, lipídios, n-3, n-6, *Piaractus mesopotamicus*

## Conjugated linoleic acid in pacu diets: deposition time, performance and fatty acids profile

**ABSTRACT** - This work was carried out to evaluate the effect of dietary conjugated linoleic acid (CLA) inclusion (1.2%) on pacu performance and fillet fatty acids deposition and profile. A hundred and twelve growing pacus ( $256.19 \pm 24.09$  g of initial weight) were allotted to a completely randomized design with two treatments and four replicates, in eight tanks ( $1 \text{ m}^3$  each) and hand fed to apparent satiation, three times a day, for 60 days. Extruded diet with 28% CP and 3,000 kcal DE/kg of ration was fed. Every each two week, eight fish per treatment (two per replicate) were collected to determine the fillet fatty acid composition. Broken-line analysis indicated that the *cis*-9, *trans*-11, *trans*-10, *cis*-12 and the total CLA maximum deposition in “pacu” tissue muscle were established at 23, 20 and 21 days, respectively. CLA was deposited in high concentrations in all pacu tissues studied. No differences on performance and whole fish, fillet and liver compositions were observed. CLA dietary inclusion affected the total percentages of polyunsaturated and monounsaturated fatty acids in whole fish, fillet and liver. It was concluded that pacu can incorporate CLA in whole body and fillet up to 3.6% of total lipids.

Key Words: fillet, growth, lipids, n-3, n-6, *Piaractus mesopotamicus*

### Introdução

No Brasil, o interesse pela criação de peixes tem aumentado nas últimas décadas, principalmente por espécies nativas, como o pacu (*Piaractus mesopotamicus*) (Fernandes et al., 2000), amplamente utilizada em criação intensiva por possuir alto valor comercial, pela rusticidade, precocidade, grande habilidade de ganho de peso, adaptabilidade aos ecossistemas aquaculturais (Oliveira et al., 2004)

e baixa exigência nutricional em relação às demais espécies nativas.

O ácido linoléico conjugado (CLA) é composto por um grupo de isômeros conjugados geométricos e posicionais do ácido linoléico (18:2n-6) que são encontrados naturalmente apenas em carne de ruminantes e produtos lácteos, pois sua produção é realizada apenas por bactérias ruminais, ou enzimaticamente na glândula mamária. A forma primária encontrada nesses produtos é apenas o *cis*-9, *trans*-11.

Este artigo foi recebido em 4/3/2008 e aprovado em 11/9/2008.

Correspondências devem ser enviadas para: lilidena@yahoo.com.br

\* Endereço atual: Universidade Federal do Vale do São Francisco (Univasf) – Av. José de Sá Maniçoba, s/n, CEP: 56304-203, Petrolina-PE.

Entretanto, sinteticamente, é possível obter o CLA com os isômeros predominantes *cis*-9, *trans*-11 e *trans*-10, *cis*-12 (Pariza et al., 2001).

O ácido linoléico conjugado atua na prevenção da arteriosclerose (Nicolosi et al., 1997), como agente anticancerígeno (Ha et al., 1987) e na resposta imune em humanos (Cook et al., 1993), assim como na redução dos lipídios corporais e no aumento da massa muscular em diversas espécies animais (Tischendorf et al., 2002). No entanto, existem controvérsias sobre seus efeitos no desempenho e na composição química da carcaça de aves (Yang et al., 2002), suínos (Bee, 2000) e peixes (Bandarra et al., 2006).

Considerando o baixo consumo de CLA, encontrado somente em produtos derivados de ruminantes (Chin et al., 1992), a suplementação de CLA em dietas para peixes visa também aumentar as fontes de CLA em produtos destinados ao consumo humano. No caso do pacu, a redução do conteúdo de gordura na carcaça pode valorizar seu valor de mercado. A carne do pacu apresenta elevado conteúdo de gordura, acima de 10%, o que dificulta sua comercialização (Maia et al., 1995). Além disso, para consumo humano, o perfil de ácidos graxos dos peixes criados em cativeiro é inferior ao dos encontrados em rios e lagos, ou seja, esses peixes apresentam baixos teores de ácidos graxos da família n-3 e de cadeia longa (metabolicamente essenciais) (Maia et al., 1995; Moreira et al., 2001).

Assim, o objetivo com este trabalho foi determinar o tempo de deposição de CLA na carcaça de pacus em crescimento e o efeito de dietas sem e com CLA (1,2%) sobre o desempenho dos peixes e o perfil de ácidos graxos corporais.

## Material e Métodos

O estudo foi realizado no Laboratório de Aquicultura – Nupélia/UEM, no período fevereiro a maio de 2006, durante 60 dias.

Foram utilizados 112 peixes com  $256,19 \pm 24,09$  g, provenientes da originados da Universidade do Oeste do Paraná – UNIOESTE, Toledo, Paraná, distribuídos em delineamento inteiramente casualizado, com dois tratamentos e quatro repetições, considerando unidade experimental cada tanque com 14 peixes. Utilizaram-se oito tanques ( $1,0 \text{ m}^3$ ) de cimento amianto em sistema de recirculação da água, com renovação contínua (7 litros/minuto) e biofiltro central, cobertos com lona preta para reduzir a produção primária de alimento. Em cada tanque, foi instalado um sistema de aeração com difusores acoplados a um compressor

radial, de forma a manter o oxigênio dissolvido entre 4 e 6 mg/L. A temperatura da água foi de  $28,89 \pm 2,13^\circ\text{C}$  e foi mantida por meio de termostatos (150 Watts).

Os peixes foram alimentados com ração extrusada (8 mm de diâmetro), com 27,98% de proteína bruta, 3.036 kcal de energia digestível/kg e 3,25% de lipídios totais (Tabela 1). Foram avaliadas rações sem (ração controle) e com CLA (LUTA-CLA<sup>®</sup>60 - BASF, Brasil) (ração-teste), moídas em peneira de 0,5 mm. À dieta controle foram adicionados 2% de óleo de soja comercial (51,0% de ácido linoléico (18:2n-6), 7,0% de ácido linolênico (18:3n-3), 27,0% de ácido oléico (18:1n-9), 11,0% de ácido palmítico (16:0) e 4,0% de ácido esteárico) e à ração-teste, 2% do produto comercial (Tabela 2), com 60% dos isômeros (*cis*-9, *trans*-11, *trans*-10, *cis*-12 CLA) e 40% de veículo (ácido oléico (18:1n-9) e outros ácidos graxos), correspondendo a 1,2% de CLA na ração-teste.

As dietas foram oferecidas em duas refeições, às 8 e às 17 h. O arraçoamento foi manual, até saciedade aparente, quando se observava captura dos grânulos pelos peixes sem regurgitação.

Tabela 1 - Composição da ração controle (%)

| Ingrediente   | (%)      |
|---|----------|
| Milho   | 22,85    |
| Germen de milho   | 9,00     |
| Farelo de trigo   | 30,00    |
| Farelo de soja  | 8,00     |
| Farinha de carne e ossos                                    | 3,00     |
| Farinha de peixe  | 1,00     |
| Farinha de vísceras de frango                               | 25,00    |
| Calcário calcítico  | 0,20     |
| Suplemento mineral e vitamínico <sup>1</sup>                | 0,50     |
| Vitamina C <sup>2</sup>                                     | 0,03     |
| BHT <sup>3</sup>  | 0,02     |
| Sal   | 0,50     |
| Total   | 100,00   |
| Matéria seca (%) <sup>4</sup>                               | 94,75    |
| Energia digestível (kcal/kg) <sup>5</sup>                   | 3.036,13 |
| Proteína bruta (%) <sup>4</sup>                             | 27,98    |
| Fibra bruta (%) <sup>4</sup>                                | 6,63     |
| Lipídio total (%) <sup>6</sup>                              | 3,25     |
| Cálcio (%) <sup>4</sup>                                     | 2,47     |
| Fósforo disponível (%) <sup>5</sup>                         | 0,76     |
| Ácido linoléico conjugado (g/100g de lipídios) <sup>6</sup> | 0,05     |

<sup>1</sup> Suplemento mineral e vitamínico (Supra Mais, Campinas, SP): composição por kg do produto: vit. A = 1200.000 UI; vit. D3 = 200.000 UI; vit. E = 12.000 mg; vit. K3 = 2.400 mg; vit. B1 = 4.800 mg; vit. B2 = 4.800 mg; vit. B6 = 4.000 mg; vit. B12 = 4.800 mg; ác. fólico = 1.200 mg; pantotenato de cálcio = 12.000 mg; vitamina C = 48.000 mg; biotina = 48 mg; colina = 65.000 mg; niacina = 24.000 mg; Fe = 10.000 mg; Cu = 600 mg; Mg = 4.000 mg; Zn = 6.000 mg; I = 20 mg; Co = 2 mg; e Se = 20 mg;

<sup>2</sup> Vitamina C: sal cálcica 2-monofosfato de ácido ascórbico com (42% de princípio ativo).

<sup>3</sup> Butil Hidroxi-Tolueno.

<sup>4</sup> Valores determinados em laboratório (LANA-UEM, Maringá, PR).

<sup>5</sup> De acordo com Pezzato et al. (2002), para tilápia-do-nilo.

<sup>6</sup> Valores determinados no laboratório Cromalimentos (DQI-UEM; Maringá, PR).

Tabela 2 - Composição de ácidos graxos (g/100g) das dietas experimentais (com base na matéria natural)

| Ácido graxo                      | CLA (%)      |              |
|----------------------------------|--------------|--------------|
|                                  | 0            | 1,2          |
| 14:0                             | 0,93 ± 0,05  | 1,05 ± 0,02  |
| 14:1 n-7                         | 0,13 ± 0,00  | 0,15 ± 0,01  |
| 15:0                             | 0,22 ± 0,00  | 0,23 ± 0,00  |
| 16:0                             | 16,95 ± 0,18 | 15,54 ± 0,09 |
| 16:1n-9                          | 0,13 ± 0,00  | 0,14 ± 0,01  |
| 16:1n-7                          | 0,90 ± 0,03  | 0,96 ± 0,01  |
| 16:1n-5                          | 0,27 ± 0,00  | 0,28 ± 0,01  |
| 17:0                             | 0,52 ± 0,03  | 0,51 ± 0,05  |
| 17:1 n-9                         | 0,19 ± 0,06  | 0,15 ± 0,00  |
| 18:0                             | 10,36 ± 0,56 | 10,27 ± 0,15 |
| 18:1 n-9                         | 29,43 ± 0,27 | 28,89 ± 0,13 |
| 18:1 n-7                         | 0,76 ± 0,14  | 0,38 ± 0,04  |
| 18:2 n-6                         | 35,19 ± 0,87 | 21,19 ± 0,10 |
| 18:3 n-6                         | 0,10 ± 0,01  | 0,02 ± 0,00  |
| 18:3 n-3                         | 2,34 ± 0,13  | 1,20 ± 0,00  |
| 18:2 (9c, 11t)                   | 0,10 ± 0,00  | 8,74 ± 0,28  |
| 18:2 (10t, 12c)                  | 0,08 ± 0,00  | 8,84 ± 0,28  |
| 20:2 n-9                         | 0,30 ± 0,01  | 0,44 ± 0,00  |
| 21:0                             | 0,05 ± 0,00  | 0,04 ± 0,01  |
| 20:2 n-6                         | 0,16 ± 0,02  | 0,11 ± 0,01  |
| 20:4 n-6                         | 0,31 ± 0,03  | 0,30 ± 0,01  |
| 20:5 n-3                         | 0,08 ± 0,01  | 0,08 ± 0,00  |
| 22:4 n-6                         | 0,04 ± 0,00  | 0,20 ± 0,02  |
| 22:5 n-6                         | 0,21 ± 0,01  | 0,05 ± 0,00  |
| 22:5 n-3                         | 0,08 ± 0,01  | 0,07 ± 0,01  |
| 22:6 n-3                         | 0,18 ± 0,02  | 0,18 ± 0,01  |
| Soma e relação de ácidos graxos* |              |              |
| AGPI                             | 39,15 ± 1,00 | 41,42 ± 0,39 |
| AGMI                             | 31,81 ± 0,33 | 30,94 ± 0,09 |
| AGS                              | 29,04 ± 0,67 | 27,64 ± 0,30 |
| n-6                              | 35,90 ± 0,85 | 21,84 ± 0,14 |
| n-3                              | 2,67 ± 0,17  | 1,53 ± 0,02  |
| CLA total                        | 0,17 ± 0,00  | 17,58 ± 0,55 |
| AGPI/AGS                         | 1,35 ± 0,07  | 1,50 ± 0,08  |
| n-6/n-3                          | 13,44 ± 0,53 | 14,28 ± 0,08 |

\* AGPI = soma dos ácidos graxos poliinsaturados; AGMI = soma dos ácidos graxos monoinsaturados; AGS = soma dos ácidos graxos saturados; n-6 = soma dos ácidos graxos da série n-6; n-3 = soma dos ácidos graxos n-3; CLA total = soma dos isômeros do ácido linoléico conjugado (CLA); AGPI/AGS = relação entre ácidos graxos poliinsaturados e saturados; n-6/n-3 = relação entre os ácidos graxos das séries n-6 e n-3.

Ao início do experimento, foram retirados filés de cinco peixes para determinação da composição inicial de ácidos graxos. Para avaliação da deposição do CLA nos lipídios dos filés ao longo do período experimental, dois peixes de cada unidade experimental foram capturados com anzóis e linha a cada 15 dias, até o 45º dia, objetivando reduzir o estresse gerado por outra via de captura, de forma a não influenciar o consumo dos peixes restantes na unidade experimental. Os peixes foram pesados individualmente em balança digital (0,01 g) e sacrificados por meio de superdosagem de xilocaína (10 g/L) para retirada dos filés.

Após 60 dias, os peixes restantes foram pesados e sacrificados com xilocaína (10 g/L). De cada unidade

experimental, quatro peixes inteiros foram armazenados, para análise da composição centesimal e do perfil de ácidos graxos corporais, e quatro foram utilizados para avaliação do rendimento de carcaça, retirada dos filés e determinação da composição centesimal e do perfil de ácidos graxos. Todos os filés retirados (coletas e final) foram mantidos a -24°C para análise da composição centesimal e do perfil de ácidos graxos.

O rendimento de carcaça eviscerada (RCE) foi obtido pela equação:  $RCE = [(PV - PVi)/PV] \times 100$ , em que RCE = rendimento de carcaça eviscerada (%), PV = peso vivo (g) e PVi = peso das vísceras (g).

A gordura visceral e o fígado foram retirados e pesados para determinação do índice de gordura visceral (GV) e do índice hepatossomático por meio das equações:  $GV = (PGV/PV) \times 100$ , em que: GV = gordura visceral (%), PGV = peso da gordura visceral, PV = peso vivo (g); e  $IHS = (PF/PV) \times 100$ , em que: IHS = índice hepatossomático, PF = peso do fígado (g) e PV = peso vivo (g).

A taxa de eficiência protéica foi obtida pela fórmula descrita por Jauncey & Ross (1982):  $TEP = (GP/PC)$ , em que: TEP = taxa de eficiência protéica, GP = ganho de peso (g) e PC = proteína consumida (g).

Foram realizadas análises de umidade, proteína bruta e cinzas dos filés e dos peixes inteiros no Laboratório de Análise de Alimentos do Departamento de Zootecnia – DZO da Universidade Estadual de Maringá – UEM, de acordo com metodologia descrita por Silva & Queiroz (2002).

As análises de lipídios totais e do perfil de ácidos graxos dos filés dos peixes inteiros e das rações experimentais foram realizadas no Laboratório de Alimentos e Cromatografia do Departamento de Química – DQI/UEM. Os filés e os peixes inteiros foram triturados em moedor de carne até a obtenção de uma amostra homogênea, que foi utilizada para a extração e quantificação do lipídio total, segundo Bligh & Dyer (1959).

Na transesterificação, os lipídios foram submetidos ao processo de metilação, conforme método 5509 da ISO (1978). Os ésteres de ácidos graxos foram analisados em cromatógrafo gasoso Varian, equipado com detector de ionização de chama e coluna capilar de sílica fundida CP-7420, coluna capilar (100 m, 0,25 mm e 0,39 µm de o.d.). Foram programadas as temperaturas da coluna de 165°C por 18 minutos, 180°C (30°C/minuto) por 22 minutos e 240°C (15°C/minuto) por 20 minutos, a uma pressão de 45 psi. Os pontos de injeção e detector foram mantidos a 220 e 245°C, respectivamente. Os fluxos dos gases (White Martins) foram de 1,4 mL/minuto para o gás de arraste (H<sub>2</sub>); 30 mL/minuto para o *make-up* (N<sub>2</sub>) e 30 mL/minuto e 300 mL/minuto

para o H<sub>2</sub> e para o ar sintético da chama, respectivamente. A razão de divisão da amostra (*split*) foi de 1/100. As áreas de picos foram determinadas pelo CG-300 integrador (CG Instruments, Brasil) e a identificação dos picos foi feita por comparação dos tempos de retenção aos de padrões de ésteres metílicos de ácidos graxos (Sigma, EUA). Os dados foram expressos como porcentagem de área normalizada dos ácidos graxos.

O tempo para deposição de cada isômero, de CLA total e dos demais ácidos graxos nos filés foi estimado pelo modelo descontínuo *Linear Response Plateau* (LRP) (Braga, 1983). Ao final do experimento, os dados foram submetidos a análise de variância pelo programa SAEG (UFV, 2000).

## Resultados e Discussão

Durante o período experimental, não houve mortalidade dos peixes. Na análise de desempenho (Tabela 3), não foram observadas diferenças ( $P > 0,05$ ) entre peixes alimentados com dieta sem e com 1,2% de CLA. Resultados semelhantes foram descritos por outros autores em pesquisas com outros peixes. Valente et al. (2007a) não encontraram diferenças no ganho de peso, no consumo, na conversão alimentar, no índice hepatossomático e na taxa de eficiência protéica de juvenis de truta arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*) alimentados com rações sem e com 0,5; 0,75 e 1% de CLA, resultado também encontrado por Kennedy et al. (2005) em alevinos de salmão-do-atlântico (*Salmo salar*) alimentados com rações sem e com 0,5 e 1,0% de CLA. Bandarra et al. (2006) também não observaram diferenças no ganho de peso, na conversão alimentar e no índice hepatossomático de juvenis de truta arco-íris alimentados com rações sem e com 0,5; 0,75; 1 e 2% de CLA. Do mesmo modo, Leaver et al. (2006) não observaram diferenças na conversão alimentar e no índice hepatossomático de

Tabela 3 - Desempenho de pacus (*Piaractus mesopotamicus*) alimentados com rações sem ou com 1,2% de ácido linoléico conjugado (CLA) durante 60 dias

| Variável                    | CLA (%)        |                |
|-----------------------------|----------------|----------------|
|                             | 0              | 1,2            |
| Peso final (g)              | 379,11 ± 70,36 | 402,94 ± 75,94 |
| Ganho em peso (g)           | 121,72 ± 15,48 | 147,39 ± 33,51 |
| Consumo de ração (g/peixe)  | 435,10 ± 26,11 | 435,65 ± 13,27 |
| Conversão alimentar         | 3,60 ± 0,28    | 3,07 ± 0,68    |
| Taxa de eficiência protéica | 1,00 ± 0,08    | 1,21 ± 0,27    |
| Índice hepatossomático      | 1,33 ± 0,22    | 1,38 ± 0,24    |
| Gordura visceral (%)        | 2,77 ± 0,88    | 2,17 ± 0,41    |
| Rendimento de filé (%)      | 39,13 ± 1,39   | 38,98 ± 1,14   |
| Rendimento de carcaça (%)   | 91,12 ± 0,92   | 91,42 ± 0,87   |

formas jovens de salmão-do-atlântico alimentadas com quantidades mais elevadas de CLA (2 e 4%).

Diferentemente dos resultados obtidos neste experimento, híbridos de “striped bass” (*Morone saxatilis* × *M. chrysops*) alimentados com ração com 1% de CLA consumiram menos e apresentaram menor ganho de peso em comparação àqueles que consumiram a ração controle. Além disso, apresentaram melhora na conversão alimentar e índice hepatossomático mais baixo (Twibell et al., 2000). Choi et al. (1999) observaram que níveis de CLA superiores a 1% para tilápias-do-nilo e “rockfish” (*Sebastes schlegli*) e 2,5% para carpa-comum (*Cyprinus carpio*), resultaram em menor ganho de peso.

Não foram observadas diferenças ( $P > 0,05$ ) na composição química do peixe inteiro, do filé e do fígado de pacus alimentados com rações sem ou com 1,2% de CLA (Tabela 4). Esses resultados corroboram os obtidos em outros peixes, como juvenis de bagre-do-canal (*Ictalurus punctatus*) alimentados com rações acrescidas ou não de 0,5 e 1% de CLA (Twibell et al., 2003), larvas de salmão-do-atlântico (*Salmo salar*) alimentadas com rações sem e com 0,5, 1 e 2% de CLA (Berge et al., 2004), salmão-do-atlântico alimentadas com rações sem e com 1 e 2% de CLA (Kennedy et al., 2005) e juvenis de truta arco-íris alimentados com rações sem e com 0,5; 0,75 e 1% de CLA (Valente et al., 2007a).

Resultados diferentes dos obtidos neste estudo foram relatados por Twibell et al. (2000), Twibell et al. (2001) e Leaver et al. (2006) em estudos com juvenis de híbrido de

Tabela 4 - Composição química do peixe inteiro, do filé e do fígado de pacus alimentados com rações sem e com 1,2% de ácido linoléico conjugado (CLA) durante 60 dias

| Variável (%)*  | CLA (%)      |              |
|----------------|--------------|--------------|
|                | 0            | 1,2          |
| Peixe inteiro  |              |              |
| Umidade        | 65,53 ± 0,95 | 66,07 ± 1,60 |
| Proteína bruta | 17,31 ± 0,47 | 16,63 ± 0,89 |
| Lipídios       | 11,74 ± 0,52 | 11,61 ± 0,97 |
| Cinzas         | 3,22 ± 0,55  | 3,27 ± 0,34  |
| Filé           |              |              |
| Umidade        | 75,49 ± 1,77 | 75,61 ± 0,60 |
| Proteína bruta | 18,79 ± 0,34 | 18,62 ± 0,38 |
| Lipídios       | 4,30 ± 1,61  | 4,24 ± 0,83  |
| Cinzas         | 1,21 ± 0,05  | 1,23 ± 0,06  |
| Fígado         |              |              |
| Umidade        | 70,79 ± 1,35 | 70,52 ± 0,68 |
| Lipídios       | 5,54 ± 1,47  | 3,87 ± 0,71  |
| Proteína bruta | 18,38 ± 0,83 | 19,23 ± 2,53 |
| Cinzas         | 1,91 ± 0,24  | 1,65 ± 0,37  |

\*Base na matéria natural.

“striped bass” alimentados com rações com 1% de CLA, juvenis de perca-amarela (*Perca flavescens*) alimentados com rações com 0,5 e 1% de CLA e salmão-do-atlântico (“post-smolts”) alimentados com rações com 2 e 4% de CLA, respectivamente. Esses autores observaram redução de lipídios no fígado dos peixes alimentados com as rações com CLA. Em juvenis de híbrido de “striped bass” alimentados com rações acrescidas de CLA, também foi observado aumento da umidade da carcaça e do músculo e diminuição da gordura intraperitoneal (Twibell et al., 2000), enquanto, em salmão-do-atlântico alimentado com rações contendo CLA, foi demonstrada redução de lipídios e proteína corporal (Leaver et al., 2006).

De acordo com o modelo *Linear Response Plateau*, o isômero *cis-9, trans-11* foi depositado linearmente até o 23º dia e o isômero *trans-10, cis-12* até o 20º dia (Figura 1), enquanto o CLA total foi depositado linearmente até o 21º dia. Não houve diferença ( $P>0,05$ ) na deposição desses isômeros após esses períodos (deposição de 2,08%, 1,16% e 3,25% do isômero *cis-9, trans-11*; do *trans-10, cis-12* e CLA total, respectivamente).

Por meio do peso e da porcentagem de CLA nos lipídios do filé, no 30º dia foram encontrados 76; 42,7 e 119,6 mg/100 g de filé dos isômeros *cis-9, trans-11*; *trans-10, cis-12* e CLA total, respectivamente (base na matéria natural). Os valores encontrados para a quantidade de CLA presente no lipídio foram de 20,8; 11,6 e 32,5 mg/g, superiores aos encontrados em alimentos derivados de ruminantes, únicas formas de obtenção natural de CLA, uma vez que os valores de carne de ruminantes e produtos lácteos variam de 2,7 a 5,8 e de 2,8 a 7,0 mg de CLA/g de lipídio, respectivamente (Evans et al., 2002).

Ao longo do período de coleta, houve alteração ( $P<0,05$ ) na composição de ácidos graxos no filé dos pacus alimentados com dietas contendo 1,2% de CLA (Tabela 5), o que não foi observado nos filés dos peixes que receberam a dieta sem CLA.

Entre os ácidos graxos (AG), foram observadas diferenças nos ácidos graxos saturados (AGS) e nos AG da série n-6 e, individualmente, houve aumento do 18:0 e redução de 18:2n-6, 18:3n-3 e 20:2n-6. Após o 30º dia de alimentação, principalmente entre o 45º e 60º dia, as mudanças iniciais se mantiveram constantes, ocorrendo um equilíbrio nesse período, demonstrando que, após o 45º dia os peixes se adaptaram às mudanças no metabolismo acarretadas pelo CLA, após elevada deposição durante o período inicial.

A diminuição dos ácidos graxos da série n-6 pode estar relacionada ao fato de que esses ácidos graxos são precursores do CLA e são os mais afetados, dando lugar

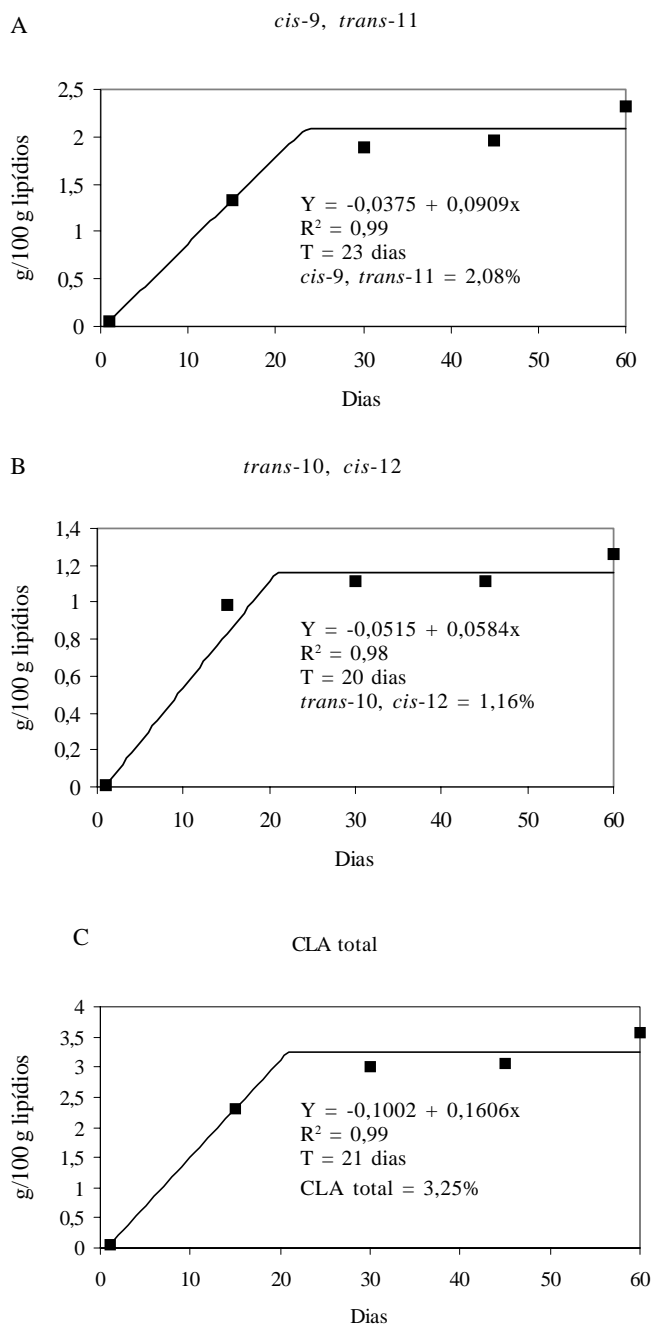


Figura 1 - Deposição dos isômeros A: *cis-9, trans-11*, B: *trans-10, cis-12* e da soma dos isômeros do ácido linoléico conjugado (CLA) nos lipídios totais em filés de pacu durante 60 dias.

ao ácido linoléico conjugado (CLA) da dieta (Chin et al., 1994), no entanto, após adaptação do metabolismo, os valores de CLA e n-6 mantiveram-se constantes.

Aumento ( $P<0,05$ ) do ácido esteárico (18:0) durante o fornecimento de dieta com 1,2% de CLA também foi encontrado por Twibell et al. (2001), Bandarra et al. (2006) e Valente et al. (2007a,b). Segundo Lee et al. (1998), alguns ácidos graxos poliinsaturados (AGPI) reprimem a

Tabela 5 - Composição de ácidos graxos (g/100 g) no filé de pacus alimentados com dieta com 1,2% de ácido linoléico conjugado (CLA) durante 60 dias

| Ácido graxo           | Tempo (Dias) |              |              |              |              |
|-----------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
|                       | 0            | 15           | 30           | 45           | 60           |
| 14:0 <sup>a</sup>     | 1,38 ± 0,02  | 1,82 ± 0,08  | 2,10 ± 0,12  | 1,85 ± 0,13  | 2,03 ± 0,22  |
| 14:1 n-7              | 0,09 ± 0,00  | 0,13 ± 0,01  | 0,15 ± 0,01  | 0,13 ± 0,01  | 0,14 ± 0,02  |
| 15:0                  | 0,15 ± 0,01  | 0,16 ± 0,01  | 0,18 ± 0,01  | 0,16 ± 0,01  | 0,17 ± 0,01  |
| 16:0                  | 19,83 ± 0,62 | 19,96 ± 0,74 | 19,60 ± 0,31 | 19,56 ± 0,52 | 20,14 ± 0,42 |
| 16:1n-9               | 0,26 ± 0,03  | 0,31 ± 0,02  | 0,38 ± 0,04  | 0,34 ± 0,07  | 0,27 ± 0,04  |
| 16:1n-7               | 2,70 ± 0,11  | 3,63 ± 0,37  | 3,21 ± 0,16  | 2,88 ± 0,68  | 3,31 ± 0,39  |
| 16:1n-5               | 0,11 ± 0,01  | 0,15 ± 0,00  | 0,17 ± 0,01  | 0,14 ± 0,01  | 0,13 ± 0,01  |
| 17:0                  | 0,33 ± 0,01  | 0,36 ± 0,03  | 0,38 ± 0,02  | 0,36 ± 0,02  | 0,36 ± 0,03  |
| 17:1 n-9              | 0,15 ± 0,02  | 0,18 ± 0,03  | 0,20 ± 0,02  | 0,17 ± 0,02  | 0,17 ± 0,04  |
| 18:0 <sup>b</sup>     | 9,57 ± 0,61  | 10,73 ± 0,39 | 10,94 ± 0,27 | 11,88 ± 0,47 | 11,46 ± 0,35 |
| 18:1 n-9              | 35,27 ± 0,60 | 34,24 ± 1,73 | 35,67 ± 0,43 | 36,42 ± 1,39 | 35,20 ± 1,35 |
| 18:1 n-7              | 1,88 ± 0,26  | 2,13 ± 0,26  | 1,57 ± 0,12  | 1,62 ± 0,30  | 1,58 ± 0,17  |
| 18:2 n-6 <sup>c</sup> | 19,19 ± 0,84 | 15,25 ± 0,74 | 15,46 ± 0,17 | 14,38 ± 0,60 | 14,27 ± 1,29 |
| 18:3 n-6              | 0,26 ± 0,01  | 0,26 ± 0,03  | 0,24 ± 0,02  | 0,22 ± 0,02  | 0,24 ± 0,03  |
| 18:3 n-3 <sup>d</sup> | 0,99 ± 0,06  | 0,83 ± 0,05  | 0,81 ± 0,02  | 0,68 ± 0,05  | 0,69 ± 0,05  |
| 18:2 (9c, 11t)        | 0,05 ± 0,01  | 1,33 ± 0,03  | 1,89 ± 0,18  | 2,01 ± 0,23  | 2,32 ± 0,10  |
| 18:2 (10t, 12c)       | 0,01 ± 0,01  | 0,98 ± 0,20  | 1,11 ± 0,15  | 1,17 ± 0,19  | 1,26 ± 0,11  |
| 20:2 n-9              | 0,85 ± 0,03  | 0,99 ± 0,30  | 0,78 ± 0,02  | 0,85 ± 0,08  | 0,80 ± 0,04  |
| 21:0                  | 0,70 ± 0,03  | 0,63 ± 0,20  | 0,51 ± 0,03  | 0,56 ± 0,21  | 0,44 ± 0,08  |
| 20:2 n-6 <sup>e</sup> | 1,09 ± 0,06  | 1,03 ± 0,22  | 0,80 ± 0,06  | 0,75 ± 0,16  | 0,82 ± 0,15  |
| 20:4 n-6 <sup>f</sup> | 2,04 ± 0,35  | 1,93 ± 0,11  | 1,58 ± 0,13  | 1,34 ± 0,34  | 1,79 ± 0,49  |
| 20:5 n-3              | 0,18 ± 0,05  | 0,25 ± 0,02  | 0,17 ± 0,02  | 0,16 ± 0,02  | 0,16 ± 0,02  |
| 22:4 n-6 <sup>g</sup> | 0,32 ± 0,00  | 0,28 ± 0,06  | 0,23 ± 0,03  | 0,26 ± 0,07  | 0,28 ± 0,08  |
| 22:5 n-6 <sup>h</sup> | 0,95 ± 0,05  | 0,78 ± 0,22  | 0,71 ± 0,08  | 0,50 ± 0,19  | 0,69 ± 0,21  |
| 22:5 n-3              | 0,24 ± 0,06  | 0,23 ± 0,05  | 0,19 ± 0,02  | 0,21 ± 0,06  | 0,21 ± 0,05  |
| 22:6 n-3              | 1,41 ± 0,69  | 1,44 ± 0,33  | 0,98 ± 0,13  | 0,95 ± 0,36  | 1,08 ± 0,23  |

Soma e relação de ácidos graxos\*

|                  |              |              |              |              |              |
|------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| AGPI             | 27,59 ± 0,22 | 25,58 ± 0,96 | 24,94 ± 0,25 | 23,43 ± 0,68 | 24,60 ± 2,34 |
| AGMI             | 40,45 ± 0,18 | 40,78 ± 1,65 | 41,35 ± 0,34 | 41,70 ± 1,20 | 40,81 ± 1,68 |
| AGS <sup>i</sup> | 31,96 ± 0,04 | 33,65 ± 0,79 | 33,71 ± 0,52 | 34,37 ± 0,63 | 34,59 ± 0,85 |
| n-6 <sup>j</sup> | 23,59 ± 0,48 | 19,27 ± 0,91 | 18,77 ± 0,36 | 17,24 ± 0,30 | 17,86 ± 2,16 |
| n-3              | 2,82 ± 0,74  | 2,75 ± 0,34  | 2,15 ± 0,16  | 1,95 ± 0,37  | 2,14 ± 0,34  |
| CLA total        | 0,06 ± 0,00  | 2,31 ± 0,17  | 3,00 ± 0,32  | 3,18 ± 0,42  | 3,58 ± 0,21  |
| AGPI/AGS         | 0,68 ± 0,01  | 0,63 ± 0,05  | 0,60 ± 0,01  | 0,56 ± 0,03  | 0,61 ± 0,08  |
| n-6/n-3          | 8,70 ± 2,46  | 7,06 ± 0,55  | 8,76 ± 0,49  | 9,05 ± 1,58  | 8,43 ± 0,80  |

Linear Response Plateau (LRP) ( $P < 0,05$ ): <sup>a</sup>  $Y = 1,3995 + 0,0239x$ ,  $R^2 = 0,90$ ; <sup>b</sup>  $Y = 9,7568 + 0,0422x$ ,  $R^2 = 0,76$ ; <sup>c</sup>  $Y = 19,3705 - 0,2221x$ ,  $R^2 = 0,78$ ; <sup>d</sup>  $Y = 0,9552 - 0,0054x$ ,  $R^2 = 0,76$ ; <sup>e</sup>  $Y = 1,1466 - 0,0115x$ ,  $R^2 = 0,70$ ; <sup>f</sup>  $Y = 2,1808 - 0,0222x$ ,  $R^2 = 0,80$ ; <sup>g</sup>  $Y = 0,3248 - 0,0030x$ ,  $R^2 = 0,63$ ; <sup>h</sup>  $Y = 0,9814 - 0,0118x$ ,  $R^2 = 0,66$ ; <sup>i</sup>  $Y = 32,6729 + 0,0278x$ ,  $R^2 = 0,67$ ; <sup>j</sup>  $Y = 23,7762 - 0,2332x$ ,  $R^2 = 0,68$ .

\*AGPI = soma dos ácidos graxos poliinsaturados; AGMI = soma dos ácidos graxos monoinsaturados; AGS = soma dos ácidos graxos saturados; n-6 = soma dos ácidos graxos da série n-6; n-3 = soma dos ácidos graxos n-3; CLA total = soma dos isômeros do ácido linoléico conjugado (CLA); AGPI/AGS = relação entre ácidos graxos poliinsaturados e saturados; n-6/n-3 = relação entre os ácidos graxos das séries n-6 e n-3.

expressão do gene da enzima esteroil-CoA  $\Delta$ -9 dessaturase no fígado (SCD) e em adipócitos maduros por meio da inibição da transcrição do gene SCD1 e da estabilidade do RNA mensageiro (RNAm) do SCD1. Essa enzima está envolvida na síntese de alguns ácidos graxos monoinsaturados (AGMI) e na regulação desse processo, em que insere dupla ligação entre os carbonos 9 e 10 de diversos AGS como 16:0 e o 18:0 para a formação do 16:1 (n-7) e 18:1 (n-9). O CLA inibe a atividade da enzima  $\Delta$ -9 dessaturase reduzindo a abundância de RNAm dessa enzima no fígado, causando acúmulo dos saturados, principalmente o 18:0, pela inibição da elongação desse ácido graxo.

Na análise de ácidos graxos do peixe inteiro, foram observadas incorporação efetiva do CLA (3,62%) e diminuição do 18:2n-6, 18:3n-6, 18:3n-3, 20:2n-6, além da soma dos AGPI, dos n-6 e dos n-3 e aumento apenas do 16:1n-7. Nos filés também foi verificado acúmulo do CLA (3,68%) e esse aumento foi seguido de diminuição do 18:2n-6, 18:3n-6, 18:3n-3 e soma dos n-6, mas com aumento do 18:0 e do 20:2n-9 (Tabela 6).

No fígado, foi observada menor deposição ( $P < 0,05$ ) do 16:0, 18:1n-7, 18:3n-3, AGS e n-3. Por outro lado, foi observado aumento ( $P < 0,05$ ) dos AGPI n-6 (20:2n-6, 20:4n-6, 22:4n-6) e n-3 (20:5n-3, 22:5n-3, 22:6n-3), da relação AGPI/AGS e n-6/n-3. Deposição prioritária do isômero

Tabela 6 - Composição de ácidos graxos do peixe inteiro, filé e fígado de pacus alimentados com rações controle e com 1,2% de ácido linoléico conjugado (CLA) durante 60 dias

| Ácido graxo                     | CLA (%)*      |               |               |               |               |               |     |  |
|---------------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|-----|--|
|                                 | 0             |               | 1,2           |               | 0             |               | 1,2 |  |
|                                 | Peixe inteiro |               | Filé          |               | Fígado        |               |     |  |
| 14:0                            | 1,95 ± 0,16   | 2,03 ± 0,09   | 1,99 ± 0,19   | 2,03 ± 0,22   | 2,16 ± 0,43   | 1,66 ± 0,31   |     |  |
| 14:1 n-7                        | 0,13 ± 0,01   | 0,14 ± 0,01   | 0,14 ± 0,00   | 0,14 ± 0,02   | 0,11 ± 0,02   | 0,17 ± 0,04   |     |  |
| 15:0                            | 0,17 ± 0,01   | 0,15 ± 0,05   | 0,16 ± 0,00   | 0,17 ± 0,01   | 0,14 ± 0,01   | 0,16 ± 0,02   |     |  |
| 16:0                            | 21,14 ± 0,19  | 20,91 ± 0,33  | 20,14 ± 0,09  | 20,14 ± 0,42  | 21,97 ± 1,36a | 19,45 ± 0,08b |     |  |
| 16:1n-9                         | 0,14 ± 0,13   | 0,10 ± 0,03   | 0,18 ± 0,03b  | 0,27 ± 0,04a  | 0,32 ± 0,00   | 1,09 ± 0,75   |     |  |
| 16:1n-7                         | 3,34 ± 0,13b  | 3,72 ± 0,13a  | 3,29 ± 0,14   | 3,31 ± 0,39   | 2,92 ± 0,25   | 3,31 ± 0,52   |     |  |
| 16:1n-5                         | 0,12 ± 0,06   | 0,15 ± 0,04   | 0,12 ± 0,01   | 0,13 ± 0,01   | 0,15 ± 0,01   | 0,16 ± 0,01   |     |  |
| 17:0                            | 0,34 ± 0,10   | 0,28 ± 0,06   | 0,35 ± 0,01   | 0,36 ± 0,03   | 0,30 ± 0,08   | 0,38 ± 0,03   |     |  |
| 17:1 n-9                        | 0,19 ± 0,02   | 0,20 ± 0,01   | 0,20 ± 0,01   | 0,17 ± 0,04   | 0,11 ± 0,02   | 0,15 ± 0,02   |     |  |
| 18:0                            | 9,50 ± 1,90   | 10,69 ± 0,22  | 10,72 ± 0,54b | 11,46 ± 0,35a | 14,32 ± 1,81  | 13,05 ± 0,87  |     |  |
| 18:1 n-9                        | 36,75 ± 0,87  | 36,86 ± 0,39  | 36,33 ± 1,00  | 35,20 ± 1,35  | 30,83 ± 0,23  | 29,28 ± 3,45  |     |  |
| 18:1 n-7                        | 1,18 ± 0,01   | 1,13 ± 0,10   | 1,36 ± 0,11   | 1,58 ± 0,17   | 2,02 ± 0,05a  | 1,63 ± 0,07b  |     |  |
| 18:2 n-6                        | 19,42 ± 0,70a | 15,14 ± 0,53b | 18,10 ± 0,54a | 14,27 ± 1,29b | 11,40 ± 2,71  | 9,95 ± 0,49   |     |  |
| 18:3 n-6                        | 0,34 ± 0,02a  | 0,20 ± 0,09b  | 0,29 ± 0,01a  | 0,24 ± 0,03b  | 0,21 ± 0,07   | 0,24 ± 0,03   |     |  |
| 18:3 n-3                        | 1,12 ± 0,05a  | 0,76 ± 0,02b  | 0,93 ± 0,16a  | 0,69 ± 0,05b  | 4,88 ± 1,14a  | 0,80 ± 0,22b  |     |  |
| 18:2-9c,11t                     | 0,16 ± 0,03b  | 2,19 ± 0,13a  | 0,08 ± 0,01b  | 2,32 ± 0,10a  | 0,08 ± 0,02b  | 1,48 ± 0,52a  |     |  |
| 18:2-10t,12c                    | 0,00 ± 0,00b  | 1,43 ± 0,09a  | 0,00 ± 0,00b  | 1,26 ± 0,11a  | 0,00 ± 0,00b  | 0,84 ± 0,29a  |     |  |
| 20:2 n-9                        | 0,90 ± 0,18   | 0,97 ± 0,04   | 0,68 ± 0,03b  | 0,80 ± 0,04a  | 0,65 ± 0,15b  | 0,91 ± 0,04a  |     |  |
| 21:0                            | 0,48 ± 0,33   | 0,46 ± 0,02   | 0,45 ± 0,05   | 0,44 ± 0,08   | 0,44 ± 0,17   | 0,50 ± 0,09   |     |  |
| 20:2 n-6                        | 0,70 ± 0,05a  | 0,60 ± 0,03b  | 0,82 ± 0,15   | 0,82 ± 0,15   | 0,75 ± 0,19b  | 1,05 ± 0,19a  |     |  |
| 20:4 n-6                        | 0,93 ± 0,15   | 0,83 ± 0,05   | 1,62 ± 0,37   | 1,79 ± 0,49   | 2,54 ± 0,46b  | 4,59 ± 1,46a  |     |  |
| 20:5 n-3                        | 0,13 ± 0,01   | 0,13 ± 0,01   | 0,14 ± 0,03   | 0,16 ± 0,02   | 0,08 ± 0,03b  | 0,21 ± 0,09a  |     |  |
| 22:4 n-6                        | 0,18 ± 0,02   | 0,20 ± 0,01   | 0,24 ± 0,06   | 0,28 ± 0,08   | 0,38 ± 0,13b  | 0,83 ± 0,10a  |     |  |
| 22:5 n-6                        | 0,24 ± 0,05   | 0,25 ± 0,03   | 0,61 ± 0,21   | 0,69 ± 0,21   | 1,35 ± 0,50b  | 3,97 ± 0,91a  |     |  |
| 22:5 n-3                        | 0,12 ± 0,01   | 0,13 ± 0,01   | 0,17 ± 0,04   | 0,21 ± 0,05   | 0,32 ± 0,17b  | 0,68 ± 0,10a  |     |  |
| 22:6 n-3                        | 0,34 ± 0,05   | 0,38 ± 0,05   | 0,89 ± 0,47   | 1,08 ± 0,23   | 1,58 ± 0,56b  | 3,71 ± 0,61a  |     |  |
| Soma e relação de ácidos graxos |               |               |               |               |               |               |     |  |
| AGPI                            | 24,56 ± 1,14a | 23,19 ± 0,52b | 24,57 ± 1,38  | 24,60 ± 2,34  | 24,22 ± 3,84  | 29,25 ± 3,00  |     |  |
| AGMI                            | 41,86 ± 0,82  | 42,29 ± 0,50  | 41,62 ± 0,79  | 40,81 ± 1,68  | 36,45 ± 0,49  | 35,55 ± 3,58  |     |  |
| AGS                             | 33,58 ± 1,92  | 34,52 ± 0,39  | 33,81 ± 0,77  | 34,59 ± 0,85  | 39,33 ± 3,35a | 35,20 ± 0,58b |     |  |
| n-6                             | 21,47 ± 0,94a | 17,01 ± 0,63b | 21,39 ± 1,01b | 17,86 ± 2,16a | 16,43 ± 3,99b | 20,39 ± 3,15a |     |  |
| n-3                             | 1,70 ± 0,12a  | 1,40 ± 0,08b  | 2,12 ± 0,39   | 2,14 ± 0,34   | 6,86 ± 0,39a  | 5,39 ± 0,57b  |     |  |
| CLA total                       | 0,16 ± 0,03b  | 3,62 ± 0,20a  | 0,08 ± 0,01b  | 3,58 ± 0,21a  | 0,08 ± 0,02b  | 2,32 ± 0,80a  |     |  |
| AGPI/AGS                        | 0,73 ± 0,08   | 0,67 ± 0,02   | 0,73 ± 0,06   | 0,61 ± 0,08   | 0,63 ± 0,15b  | 0,83 ± 0,07a  |     |  |
| n-6/n-3                         | 12,63 ± 0,75  | 12,16 ± 0,32  | 10,25 ± 1,40  | 8,43 ± 0,80   | 2,42 ± 0,72b  | 3,76 ± 0,18a  |     |  |

\* Médias seguidas de letras diferentes, na mesma linha indicam diferenças ( $P < 0,05$ ) dentro de peixe, filé e fígado, pelo teste *t*.

AGPI = soma dos ácidos graxos poliinsaturados; AGMI = soma dos ácidos graxos monoinsaturados; AGS = soma dos ácidos graxos saturados; n-6 = soma dos ácidos graxos da série n-6; n-3 = soma dos ácidos graxos n-3; CLA total = soma dos isômeros do ácido linoléico conjugado (CLA); AGPI/AGS = relação entre ácidos graxos poliinsaturados e saturados; n-6/n-3 = relação entre os ácidos graxos das séries n-6 e n-3.

*cis*-9, *trans*-11 nos tecidos do pacu, apesar de fornecido na mesma proporção que o isômero *trans*-10, *cis*-12 na dieta, também foi observada por Twibell et al. (2001), Bandarra et al. (2006) e Valente et al. (2007b) em estudos realizados com perca-amarela, truta-arco-íris e "sea bass" (*Dicentrarchus labrax*), respectivamente.

Menor deposição do ácido linoléico (18:2n-6) em peixes alimentados com rações contendo CLA também foi observada por Twibell et al. (2001) em juvenis de perca-amarela e por Yasmin et al. (2004) em tilápia-do-nylo. Joo et al. (2002) sugeriram que, em suínos, a diminuição ocorre pela substituição do ácido linoléico pelo CLA. No entanto, segundo Chin et al. (1994), o ácido linoléico como precursor do CLA é substituído, reduzindo à medida que

ocorre aumento de CLA (proveniente da dieta) na composição de ácidos graxos dos peixes. Semelhante aos resultados deste estudo, Twibell et al. (2001) observaram diminuição do 18:3n-6 no músculo e do 18:3n-3 no fígado.

No fígado de pacu, foi observado aumento ( $P < 0,05$ ) de ácidos graxos n-6 e n-3 de cadeia longa em peixes alimentados com CLA, possivelmente relacionado ao aumento da atividade das enzimas dessaturases  $\Delta$ -5 e  $\Delta$ -6. Takahashi et al. (2003), em estudo com camundongos mantidos com dieta contendo 1% de CLA, observaram aumento da expressão dos RNAm das enzimas  $\Delta$ -5 e  $\Delta$ -6 dessaturases e sugeriram que o CLA aumentou a síntese hepática de ácidos graxos, gerando os ácidos graxos de cadeia longa. Entretanto, esse aumento no fígado não resultou em

aumento no peixe inteiro e no filé, ou seja, não houve deposição dos AGPI de cadeia longa, que podem ter sido utilizados na biossíntese hormonal, sendo essas as formas biológicas das famílias. Twibell et al. (2000) forneceram 1% de CLA para juvenis de “striped bass” e observaram aumento do 20:5n-3, 22:5n-3 e 22:6n-3 no fígado e diminuição do 20:5n-3 e do 22:6n-3 no músculo. Os autores sugeriram a ocorrência de “seqüestro” desses ácidos graxos no fígado, com redução no músculo. Berge et al. (2004) sugeriram que, em larvas de salmão-do-atlântico, o CLA age de forma que os ácidos graxos essenciais são utilizados com mais eficiência, por isso, o aumento no fígado não corresponde a aumento de deposição nos tecidos.

Neste estudo houve redução do 16:0 no fígado dos peixes alimentados com CLA, assim como no salmão-do-atlântico “post smolts”, o que, segundo Leaver et al. (2006), pode ser ocasionado pelo aumento da expressão do RNAm de elongases, de forma que ocorre redução de alguns ácidos graxos precursores, de cadeia curta.

A deposição de CLA nos lipídios do peixe inteiro e do músculo do pacu foi estimada em 36,2 e 35,8 mg/g de lipídio, respectivamente, resultado próximo aos obtidos por Choi et al. (1999) (41,3 mg/g) em tilápia-do-nylo, por Berge et al. (2004) e Kennedy et al. (2005) (38 mg/g; 35,0 mg/g) em salmão-do-atlântico e por Valente et al. (2007a) (41,6 mg/g) em truta arco-íris. Esses valores são superiores aos descritos por Twibell et al. (2001) (20,7 mg/g) em juvenis de perca-amarela e por Kennedy et al. (2007) (19 mg/g) em alevinos de bacalhau-do-atlântico, apesar de inferiores aos encontrados por Choi et al. (1999) (130,1 mg/g) em carpa-comum, por Twibell et al. (2000) (73 mg/g) em juvenis de “striped bass” híbrido, por Bandarra et al. (2006) (50,6 mg/g) em juvenis de truta arco-íris e por Valente et al. (2007b) (79,8 mg/g) em juvenis de “sea bass”.

Assim, os resultados obtidos neste estudo comprovam que o pacu acumula o CLA no tecido muscular, constituindo boa fonte desse ácido graxo para consumo humano.

### Conclusões

A utilização de ácido linoléico conjugado durante aproximadamente 20 dias antes do abate é suficiente para permitir máxima deposição desse ácido no lipídio total do filé de pacu. O fornecimento de ácido linoléico conjugado não afeta o desempenho produtivo e a composição química da carcaça e dos filés, mas altera o perfil de ácidos graxos, com redução de n-6 no peixe inteiro e filé e do 18:3n-3 no peixe inteiro, filé e fígado.

### Agradecimentos

À BASF do Brasil, pelo apoio científico (fornecimento do produto LUTA-CLA<sup>®</sup>60) e à CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior), pela concessão de bolsa de doutorado ao primeiro autor.

### Literatura Citada

- BANDARRA, M.; NUNES, M.L.; ANDRADE, A.M. et al. Effect of dietary conjugated linoleic acid on muscle, liver and visceral lipid deposition in rainbow trout juveniles (*Oncorhynchus mykiss*). **Aquaculture**, v.254, p.496-505, 2006.
- BEE, G. Dietary conjugated linoleic acid consumption during pregnancy and lactation influences growth and tissue composition in weaned pigs. **The Journal of Nutrition**, v.130, p.2981-2989, 2000.
- BERGE, G.M.; RUYTER, B.; ASGARD, T. Conjugated linoleic acid in diets for juvenile Atlantic salmon (*Salmo salar*); effects on fish performance, proximate composition, fatty acid and mineral content. **Aquaculture**, v.237, p.365-380, 2004.
- BLIGH, E.G.; DYER, W.J. A rapid method of total lipid extraction and purification. **Canadian Journal of Biochemistry and Physiology**, 37:911- 917, 1959.
- BRAGA, J.M. **Avaliação da fertilidade do solo, ensaios de campo**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 1983. 89p.
- CHIN, S.F.; LIU, W.; STORKSON, J.M. et al. Dietary sources of conjugated dienoic isomers of linoleic acid a newly recognized class of anticarcinogens. **Journal of Food Composition and Analysis**, v.5, p.185-197, 1992.
- CHIN, S.F.; STORKSON, J.M.; ALBRIGHT, K.J. et al. Conjugated linoleic acid is a growth factor for rats as shown by enhanced weight gain and improves feed efficiency. **The Journal of Nutrition**, v.124, p.2344-2349, 1994.
- CHOI, B.D.; KANG, S.J.; HA, Y.L. Accumulations of conjugated linoleic acid (CLA) in tissues of fish fed diets containing various levels of CLA. In: YURAWECZ, M.P., MOSSOBA, M.M.; KRAMER, J.K.G. (Eds.) **Advances in conjugated linoleic acid research**. Champaign: AOCS Press, 1999. v.1, p.283-295.
- COOK, M.E.; MILLER, C.C.; PARK, Y. et al. Immune modulation by altered nutrient metabolism: nutritional control of immune-induced growth depression. **Poultry Science**, v.72, p.1301-1305. 1993.
- EVANS, M.E.; BROWN, J.M.; McINTOSH, M.K. Isomer-specific effects of conjugated linoleic acid (CLA) on adiposity and lipid metabolism. **Journal of Nutritional Biochemistry**, v.13, p.508-516, 2002.
- FERNANDES, J.B.K.; CARNEIRO, D.J.; SAKOMURA, N.K. Fontes e níveis de proteína bruta em dietas para alevinos de pacu (*Piaractus mesopotamicus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.3, p.646-653, 2000.
- HA, Y.L.; GRIMM, N.K.; PARIZA, M.W. Anticarcinogens from fried ground beef: heat-altered derivatives of linoleic acid. **Carcinogenesis**, v.8, p.1881-1887, 1987.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION - ISO. **Animal and Vegetable Fats and Oils – Preparation of methyl esters of fatty acids**. Geneve: ISO. Method ISO 5509, 1978. p.1-6.
- JAUNCEY, K.; ROSS, B. **A guide to tilapia feeds and feeding**. Scotland: University of Stirling, 1982. 111p.
- JOO, S.T.; LEE, J.I.; HA, Y.L. et al. Effects of dietary conjugated linoleic acid on fatty acid composition, lipid oxidation, color, and water-holding capacity of pork loin. **Journal of Animal Science**, v.80, p.108-112, 2002.
- KENNEDY, S.R.; CAMPBELL, P.J.; PORTER, A. et al. 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**, Part B, v.141, p.168-178, 2005.
- KENNEDY, S.R.; BICKERDIKE, R.; BERGE, R.K. et al. 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**, v.264, p.372-382, 2007.
- LEAVER, M.J.; TOCHER, D.R.; OBACH, A. et al. Effect of dietary conjugated linoleic acid (CLA) on lipid composition, metabolism and gene expression in Atlantic salmon (*Salmo salar*) tissues. **Comparative Biochemistry and Physiology**, Part A, v.145, p.258-267, 2006.
- LEE, K.N.; PARIZA, M.W.; NTAMBI, J.M. Conjugated linoleic acid decreases hepatic stearoyl-CoA desaturase mRNA expression. **Biochemical and Biophysical Research Communications**, v.248, p.817-821, 1998.
- MAIA, E.L.; RODRIGUEZ-AMAYA, D.B.; HOTTA, L.K. Fatty acids composition of the total, neutral and phospholipids of pond-raised Brazilian *Piaractus mesopotamicus*. **International Food Science and Technology**, v.30, p.591-97, 1995.
- MOREIRA, A.B.; VISENTAINER, J.V.; SOUZA, N.E. et al. Fatty acids profile and cholesterol contents of three Brazilian brycon freshwater fishes. **Journal of Food Composition and Analysis**, v.14, p.565-74, 2001.
- NICOLOSI, R.J.; ROGERS, E.J.; KRITCHEVSKY, D. Dietary conjugated linoleic acid reduces plasma lipoproteins and early aortic atherosclerosis in hypercholesterolemic hamsters. **Artery**, v.22, p.266-277, 1997.
- OLIVEIRA, A.M.B.M.S.; CONTE, L.; POSSEBON, J.E. Produção de Characiformes autóctones. In: CYRINO, J.E.P.; URBINATI, E.C.; FRACALOSI, D.M. et al. (Eds.). **Tópicos especiais em piscicultura de água doce tropical intensiva**. São Paulo: TecArt; Sociedade Brasileira de Aqüicultura e Biologia Aquática, p.217-238, 2004.
- PARIZA, M.W.; PARK, Y.; COOK, M.E. The biologically active isomers of conjugated linoleic acid. **Progress in Lipid Research**, v.40, p.283-298, 2001.
- PEZZATO, L.E.; MIRANDA, E.C.; PEZZATO, A.C. et al. Digestibilidade aparente de ingredientes pela tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.4, p.1595-1604, 2002.
- SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3.ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2002. 235p.
- TAKAHASHI, Y.; KUSHIRO, M.; SHINOHARA, K. et al. Activity and mRNA levels of enzymes involved in hepatic fatty acid synthesis and oxidation in mice fed conjugated linoleic acid. **Biochimica et Biophysica Acta**, v.1631, p.265-273, 2003.
- TISCHENDORF, F.; MOCKEL, P.; SCHONE, F. et al. Effect of dietary conjugated linoleic acids on the distribution of fatty acids in serum lipoprotein fractions and different tissues of growing pigs. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v.86, p.313-325, 2002.
- TWIBELL, R.G.; WATKINS, B.A.; ROGERS, L. et al. Effects of dietary conjugated linoleic acids on hepatic and muscle lipids in hybrid striped bass. **Lipids**, v.35, p.155-161, 2000.
- TWIBELL, R.G.; WATKINS, B.A.; BROWN, P.B. Dietary conjugated linoleic acids and lipid source alter fatty acid composition of juvenile yellow perch, *Perca flavescens*. **Journal of Nutrition**, v.131, p.2322-2328, 2001.
- TWIBELL, R.G.; WILSON, R.P. Effects of dietary conjugated linoleic acids and total dietary lipid concentrations on growth responses of juvenile channel catfish, *Ictalurus punctatus*. **Aquaculture**, v.221, p.621-628, 2003.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA - UFV. **SAEG - Sistema de análises estatísticas e genéticas**. Versão 8.0. Viçosa, MG: 2000. (CD-ROM).
- VALENTE, L.M.P.; BANDARRA, N.M.; FIGUEIREDO-SILVA, A. et al. Conjugated linoleic acid in diets for large size rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*): effects on growth, chemical composition and sensory attributes. **British Journal of Nutrition**, v.97, p.289-297, 2007a.
- VALENTE, L.M.P.; BANDARRA, N.M.; FIGUEIREDO-SILVA, A.C. et al. Influence of conjugated linoleic acid on growth, lipid composition and hepatic lipogenesis in juvenile European sea bass (*Dicentrarchus labrax*). **Aquaculture**, v.267, p.225-235, 2007b.
- YANG, L.; HUANG, Y.; JAMES, A.E. et al. Differential incorporation of conjugated linoleic acid isomers into the egg yolk lipids. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.50, p.4941-4946, 2002.
- YASMIN, A.; TAKEUCHI, T.; HAYASHI, M. et al. Effect of conjugated linoleic acid and docosahexanoic acids on growth of juvenile *Oreochromis niloticus*. **Fisheries Science**, v.70, p.473-481, 2004.