UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JULIO DE MESQUITA FILHO"
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CAMPUS DE JABOTICABAL

DESEMPENHO DE PRODUÇÃO E ENRIQUECIMENTO EM ÁCIDOS GRAXOS DE PACU (*Piaractus mesopotamicus*) COM DIFERENTES FONTES LIPÍDICAS NAS DIETAS

Cleujosí da Silva Nunes

Orientadora: Profa. Dra. Elma Neide Vasconcelos Martins Carrilho
Co – orientador: Prof. Dr. Dalton José Carneiro

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Campus de Jaboticabal, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Zootecnia (Produção Animal).

JABOTICABAL – SÃO PAULO – BRASIL
Novembro de 2006

Nunes, Cleujosí da Silva
N972d Desempenho de produção e enriquecimento em ácidos graxos de pacu *Piaractus mesopotamicus* com diferentes fontes lipídicas nas dietas/ Cleujosí da Silva Nunes. – – Jaboticabal, 2006
viii, 76 f.; 28 cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2006
Orientador: Elma Neide Vasconcelos Martins Carrilho
Co – orientador: Dalton José Carneiro
Banca examinadora: Marcos Yassuo Kamogawa, Maria Célia Portella
Bibliografia

1. Ácidos graxos. 2. Fontes lipídicas. 3. *Piaractus mesopotamicus*. I. Título. II. Jaboticabal-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 639.3:043

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

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

Cleujosí da Silva Nunes – filha de José da Costa Nunes e Cleuza Oliveira da Silva Nunes, nasceu em 29 de fevereiro de 1980, na cidade de Aquidauana, MS. Em agosto de 1998, iniciou o curso de graduação em Zootecnia na Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, MS. Em 2003, realizou estágio supervisionado no Caunesp – Unesp/Jaboticabal no Laboratório de Nutrição de Organismos Aquáticos e no Laboratório de Patologia de Organismos Aquáticos e no mesmo ano, concluiu o curso de graduação. No ano de 2004 iniciou o curso de pós-graduação, em nível mestrado, na Universidade Estadual Paulista, Campus de Jaboticabal, na área de Nutrição de Monogástricos.

Aos meus pais, Cleuza e José,
que sempre deram apoio e incentivo
aos meus estudos
e ajudaram no decorrer desta caminhada,
com meu mais sincero e profundo amor

Dedico

AGRADECIMENTOS

À Deus, o Todo Poderoso e Criador, pela minha vida.

Aos meus pais pelo amor, carinho e dedicação e também pelo apoio e incentivo para realização das minhas metas e objetivos.

À minha orientadora, Prof[a]. Dra. Elma Neide Vasconcelos Martins Carrilho, pela competente orientação, lições de vida e amizade.

Ao meu co-orientador, Prof. Dr. Dalton José Carneiro, pelos valiosos conselhos e pela experiência compartilhada.

Aos professores Dr. Marcos Y. Kamogawa e Dra. Maria Célia Portella, pelas valiosas sugestões e participação na banca examinadora.

Aos meus colegas, Claucia, Mariana, Simara, Juliana, Leilane, Nei André, César, Ellen, Dáphine, Vanessa, Paula, Bruno, Camila, Márcia, Cristiane Xavier, Talita, Vanessa (Rapidex), Gisele, Camilo, Haluko, Lina Maria, Adriana Muñoz, Luiz Fernando, Ana Laura, Júnior, Léo, Japinha, Aderbal, pela ajuda, carinho, amizade, companheirismo e convívio; todos vocês foram importantes em minha vida.

Aos meus colegas do coral da Unesp/Jaboticabal pelos momentos de descontração e alegria, foi um prazer cantar ao lado de vocês.

A todos os funcionários do Caunesp pela ajuda, respeito, carinho e momentos descontração.

Aos pesquisadores da Embrapa Pecuária Sudeste, Dra. Ana Rita de Araújo Nogueira e MSc. Gilberto Batista de Souza pela atenção, carinho e por me acolherem em seus laboratórios.

À Lurdes, técnica do laboratório de Nutrição Animal da Embrapa e ao MSc. Edivan Vieira pelo carinho, profissionalismo, competência e atenção.

À minha amiga Claucia, pelos conselhos profissionais e pessoais, companheirismo, amizade e carinho.

À minha amiga Mariana, pela ajuda na realização desse trabalho, amizade, carinho e momentos de descontração.

Ao Dr. João Carlos do Laboratório de Bioquímica de Microrganismos e Plantas pelo auxílio e atenção nas análises de ácidos graxos.

Ao Prof. Dr. Euclides Malheiros pelo auxílio na análise estatística dos dados.

Aos meus queridos professores da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul – UEMS e das Escolas Roberto Scaff e Maria Correa Dias, pela minha formação.

A todas as pessoas de Jaboticabal – SP, Anastácio e Aquidauana – MS, as quais me ajudaram diretamente e indiretamente no meu trabalho e na minha vida pessoal.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq pela bolsa concedida.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES pelo auxílio financeiro à esta pesquisa através do Projeto PRODOC – 724/2002.

E a todos que não foram mencionados, mas contribuíram de alguma forma em minha formação profissional.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO.....	vii
SUMMARY.....	viii
CAPÍTULO 1 - CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	1
1.1 Lipídios em nutrição de peixes.....	3
1.2 Característica da espécie.....	5
2. REFERÊNCIAS.....	6
CAPÍTULO 2 – DIGESTIBILIDADE DAS DIETAS E DESEMPENHO DE JUVENIS DE PACU *Piaractus mesopotamicus* (HOLMBERG, 1887) ALIMENTADOS COM RAÇÕES CONTENDO DIFERENTES FONTES LIPÍDICAS.....	15
Resumo.....	15
1. INTRODUÇÃO.....	17
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	20
2.1 Material biológico e manejo.....	20
2.2 Dietas experimentais.....	21
2.3 Análise das dietas experimentais.....	21
2.4 Parâmetros de desempenho.....	24
2.5 Ensaio de digestibilidade das rações.....	25
2.6 Delineamento experimental e análise estatística.....	26
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	27
3.1 Desempenho de produção.....	27
3.2 Digestibilidade.....	30
4. CONCLUSÕES.....	32
5. REFERÊNCIAS.....	32
CAPÍTULO 3 - COMPOSIÇÃO CORPORAL, RETENÇÃO DE NUTRIENTES E PERFIL DE ÁCIDOS GRAXOS DE JUVENIS DE PACU, *Piaractus mesopotamicus*, ALIMENTADOS COM DIFERENTES FONTES LIPÍDICAS.....	39
Resumo.....	39
1. INTRODUÇÃO.....	40
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	43
2.1 Material biológico e manejo.....	43
2.2 Dietas experimentais.....	44
2.3 Análise das dietas experimentais.....	45
2.4 Avaliação da composição corporal.....	46
2.5 Comparação dos métodos para determinação de lipídios totais.....	49
2.6 Extração e teor de lipídios totais.....	50

Página

2.7 Transesterificação dos lipídios em ésteres metílicos..... 50
2.8 Determinação de ácidos graxos..... 51
2.9 Delineamento experimental e análise estatística..... 51
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO..... 52
3.1 Avaliação da composição corporal..... 52
3.2 Eficiência de retenção de nutrientes..... 53
3.3 Comparação dos métodos para determinação de lipídios totais.... 54
3.4 Perfil de AG corporal..... 56
4. CONCLUSÃO..... 63
5. REFERÊNCIAS..... 64

CAPÍTULO 4 - IMPLICAÇÕES..... 66

ÍNDICE DE TABELAS

Tabelas **Página**

Capítulo 2

1. Composição bromatológicas das dietas experimentais..... 22
2. Proporções de ácidos graxos das dietas experimentais..... 23
3. Parâmetros de desempenho de juvenis de pacu alimentados com dietas contendo diferentes fontes lipídicas..... 28
4. Valores médios da digestibilidade da fração protéica e lipídica das dietas contendo diferentes fontes 31

Capítulo 3

1. Composição bromatológicas das dietas experimentais..... 45
2. Valores médios da composição corporal de carcaça dos juvenis de pacu..... 53
3. Valores médios da eficiência de utilização de nutrientes..... 54
4. Avaliação de métodos de extração de lipídios em rações suplementadas com diferentes fontes de óleo..... 54
5. Comparação dos teores (%) de lipídios determinados em amostras de peixes "*in natura*" ou liofilizadas..... 55
6. Perfil de ácidos graxos das dietas experimentais..... 57
7. Perfil de ácidos graxos das diferentes fontes lipídicas..... 59
8. Perfil de ácidos graxos do filé do pacu alimentados com dietas contendo diferentes fontes lipídicas..... 61
9. Perfil de ácidos graxos da carcaça do pacu alimentados com dietas contendo diferentes fontes lipídicas..... 62

DIFERENTES FONTES LIPÍDICAS EM DIETAS DE JUVENIS DE PACU, *Piaractus mesopotamicus* (HOLMBERG 1887)

RESUMO – Fontes lipídicas de origem animal e vegetal foram usadas em dietas de juvenis de pacu para avaliar o desempenho de produção, composição corporal, perfil de ácidos graxos corporais e digestibilidade. O experimento foi realizado no Laboratório de Nutrição de Organismos Aquáticos do Centro de Aqüicultura da UNESP – CAUNESP, em Jaboticabal – SP. Cinco dietas isoprotéicas (26 % proteína bruta) constituíram os tratamentos (SS – sem adição de óleo; SJ – óleo de soja degomado; SA – óleo de salmão; GI – óleo de girassol; LI – óleo de linhaça) estudados. Foi realizado um ensaio de crescimento, no qual foram coletadas amostras teciduais para composição corporal e perfil de ácidos graxos, assim como um ensaio de digestibilidade. Não houve diferença significativa ($P > 0,05$) entre os parâmetros de crescimento, exceto para consumo de ração diário ($P < 0,01$), cujo maior valor foi encontrado para a dieta SA. Maior digestibilidade da fração protéica foi observada com a dieta SJ, enquanto que a fração lipídica apresentou-se mais digestível na dieta LI. Para os parâmetros de composição corporal (umidade, proteína bruta e lipídios) e eficiência de retenção de nutrientes, não houve diferença significativa ($P > 0,05$). No entanto, encontrou-se diferença ($P < 0,05$) no perfil de ácidos graxos (AG) de amostras de filé e carcaça, em que as dietas SA e LI apresentaram melhores resultados quanto à presença de AG essenciais.

Palavra-chave: ácidos graxos, crescimento, digestibilidade, óleos vegetais, óleo animal

DIFFERENT LIPID SOURCES IN DIET OF JUVENILE PACU, *Piaractus mesopotamicus* (HOLMBERG 1887)

SUMMARY – Animal and vegetable lipid sources were used in diets of juvenile pacu to evaluate growth, body composition, fatty acids profile, and digestibility. The experiment was carried out at the Laboratory of Nutrition of Aquatic Organisms of the Aquaculture Center – CAUNESP/UNESP, Jaboticabal, SP, Brazil. The treatments consisted of five isonitrogenous (26 % crude protein) diets containing different sources of lipids: NS – non supplemented diet; CS – crude soybean oil; SA – salmon oil; SF – sunflower oil; and LI – linseed oil. In the digestibility and growth trials, tissue samples were collected for body composition and fatty acids profile. No significant difference ($P > 0.05$) was observed in the growth parameters, except for food consumption ($P < 0.01$), which was higher for SA diet. Protein digestibility was higher for CS while lipids were better digestible with LI diet. No significant differences ($P < 0.05$) were found for body composition (moisture, crude protein and lipids) or nutrients retention. However, significant differences ($P < 0.05$) were observed in fatty acids (FA) profile of fillet and carcass samples, in which satisfactory results indicated by the presence of essential FA were achieved by supplementing the diets with salmon and linseed oils.

Keywords: animal oil, digestibility, fatty acids, growth, vegetable oils,

CAPÍTULO 1 - CONSIDERAÇÕES GERAIS

Atualmente, o crescente interesse na relação dieta humana e saúde, tem proporcionado consumo e/ou manipulação de alimentos que promovam a saúde e o bem-estar do homem. Neste contexto, inúmeros estudos têm revelado a importância dos lipídios de peixes na alimentação humana, por constituírem-se fonte rica em ácidos graxos poliinsaturados (AGP), principalmente os da família ômega-3 (ω-3) (KINSELLA, 1981; GIBSON, 1983; HEARN et al., 1987; ACKMAN, 1989; WANG et al., 1990; MAYSER et al., 1998; KOLANOWSKI et al., 1999). Os lipídios constituem um grupo de compostos quimicamente diferentes entre si, que exibem insolubilidade em água como característica definidora e comum a todos (LEHNINGER et al., 2000), sendo solúveis em solventes orgânicos como éter, clorofórmio e benzeno (SILVA & QUEIROZ, 2002). Neste grupo estão as gorduras e/ou óleos e muitos compostos ligados ou associados, tais como terpenos, esteróis, eicosanóides e ceras.

Óleos e gorduras são constituídos, predominantemente, por triglicerídeos, os quais são formados por três ácidos graxos (AG) unidos por ligação éster a uma molécula de glicerol (LEHNINGER et al., 2000). Os AG são ácidos carboxílicos, com cadeias hidrocarbonadas (saturadas ou insaturadas) de 4 a 36 átomos de carbono, derivados dos hidrocarbonetos (LEHNINGER et al., 2000). As gorduras são ricas em AG saturados e se caracterizam por serem sólidas à temperatura ambiente, enquanto os óleos são ricos AG em insaturados e líquidos (CURI et al., 2002).

A principal diferença entre os AG está no comprimento da cadeia hidrocarbonada e, quando insaturados, no número e posições das duplas ligações e na configuração *cis*- e *trans*- (MORETTO & FETT, 1989). Os AG possuem uma nomenclatura sistemática, onde cada letra grega indica a posição dos átomos de carbono. A denominação ômega (ω) está relacionada somente aos AG que possuem configuração *cis*- (CHRISTIE, 1982) e tem como ponto de referência o grupamento metila terminal, denominado ω. Assim, os compostos são ω-3 quando a primeira dupla ligação ocorre entre os carbonos 3 e 4, contados a partir do ômega, compostos ω-6 quando a primeira

dupla ligação ocorre entre os carbonos 6 e 7, e ω-9 quando ocorre entre os carbonos 9 e 10 (BELDA & POURCHET-CAMPOS, 1991). Os ácidos ∝-linolênico C18:3 ω-3 (LNA) e linoléico C18:2 ω-6 (LA) são considerados AG essenciais e precursores dos demais ácidos da série (ou família) ω-3 e ω-6, respectivamente (CARTER, 1993; CEOTTO, 2000). Estes AG não são sintetizados pelo organismo e precisam ser fornecidos pela dieta (CURI et al., 2002).

Sabe-se que AG ω-3 é constituinte dos fosfolipídios da membrana celular, regulando sua permeabilidade na maioria dos tecidos e nos neurônios para iniciação e propagação dos impulsos nervosos. Uma importante função da ingestão de ω-3 é seu efeito positivo na redução dos níveis de lipídios séricos de triacilgliceróis e de lipoproteínas de muito baixa (VLDL, do inglês Very Low Density Lipids) e de baixa (LDL, do inglês Low Density Lipids) densidades, que induzem o depósito de colesterol nas paredes das artérias, além de aumentar os níveis séricos da lipoproteína de alta densidade (HDL, do inglês, High Density Lipids) que transporta o colesterol ao fígado para ser metabolizado e eliminado (SERRANO, 2002).

Vários estudos demonstraram que os AGP como o eicosapentaenóico (EPA, C20:5) e o docosahexaenóico (DHA, C22:6), pertencentes à série ω-3 e o ácido linoléico podem prevenir ou reduzir doenças cardiovasculares (STANBY, 1990; BADOLATO et al., 1991; HARRIS, 1999; UAUY & VALENZUELA, 2000) como arteriosclerose (KROMAN & GREN, 1980; STANBY, 1990; BADOLATO et al., 1991; ARCHER, et al., 1998; NESTEL, 2000; SCHACKY, 2000). Estes ácidos também atuam no sistema imunológico e em processos antiinflamatórios, principalmente em casos de asma, câncer e artrite reumática (SIMOPOULOS, 1991; SIQUEL, 1996; WEAVER & HOLOB, 1998) e podem estar envolvidos na fertilidade humana (CONQUER et al., 2000), no desenvolvimento fetal, em membranas biológicas, na retina, no córtex cerebral, tecido nervoso e testículos (PIGOTT & TUCKER, 1987; KINSELLA, 1988; BADOLATO et al., 1991; CURI et al., 2000). Além disso, o EPA é considerado fundamental na formação de tecidos nervosos e da visão. Sua exigência associa-se,

principalmente, às primeiras etapas do desenvolvimento intra e extra-uterino (CRAWFORD et al., 1999).

Estudos epidemiológicos atribuíram a baixa incidência de doenças cardiovasculares nos esquimós e japoneses ao consumo destes AG provenientes de peixes marinhos (DYERBERG & BANG, 1979; DYERBERG, 1981; JORGENSEN & DYERBERG, 1983; MELO, 1986). DYERBERG (1981) verificaram que a dieta dos esquimós continha cinco vezes mais ω-3 (alta ingestão de peixes, baleias e focas) do que a dos dinamarqueses. Os esquimós ingeriam 23 % de AG saturados e 58 % de ácidos graxos insaturados, enquanto que a proporção destes ácidos na dieta dos dinamarqueses era de 53 e 34 %, respectivamente.

De acordo com VIEIRA (2000), a proporção dietética de lipídios para humanos não deve ultrapassar 30 % das necessidades energéticas, distribuídos da seguinte forma: 10 % de AG saturados, 10 % de AG monoinsaturados e 10 % de AGP. ROSA (1999) relatou que a quantidade média recomendada de ácido linolênico na dieta de humanos é de 0,5 % da energia, devendo incluir também 1 g por dia de EPA e DHA para se obter os efeitos clínicos.

Lipídios em nutrição de peixes

Para os peixes, os lipídios exercem importante papel como fonte energética e são constituintes de membranas celulares, nutrientes essenciais (AG essenciais, vitaminas lipossolúveis, etc.), substâncias controladoras do metabolismo, substâncias isolantes de calor e que mantêm a temperatura, protetores contra danos mecânicos externos, etc. Nos peixes marinhos, os lipídios, mesmo sob baixas temperaturas, encontram-se na forma fluida devido à grande quantidade de AGP de cadeia longa e aos lipídios não glicerídeos, o que os diferenciam dos animais terrestres (OGAWA & MAIA, 1999). Os peixes que vivem em baixas temperaturas possuem mais AG da série

ω-3, contrastando com peixes de água mais quente, que geralmente apresentam concentrações inferiores de AGP (PITCHER & HART, 1982).

Segundo o NRC (1993), as exigências de AG essenciais nos peixes se diferenciam, consideravelmente, entre espécies. As dietas para peixes devem fornecer, principalmente, AG da série ω-6 e ω-3, pois estes animais não os sintetizam e devem estar presentes nas dietas em quantidades adequadas (PEZZATO et al., 2004). Segundo NEW (1987), a exemplo dos mamíferos, os peixes não podem sintetizar AG das séries linolênica ou linoléica. Estes devem ser adicionados à dieta para se obter crescimento satisfatório e manutenção de bom estado de saúde destas espécies.

No mercado, encontram-se disponíveis para as indústrias de rações diversos produtos e subprodutos lipídicos, os quais podem ser de origem vegetal ou animal. As gorduras animais são obtidas de subprodutos de abatedouros de animais durante o processo de comercialização de carnes, enquanto que os óleos vegetais são extraídos de sementes de plantas oleaginosas. As fontes de lipídios mais comumente usadas para a formulação de rações para peixes são: óleos de peixe, soja, milho, canola e girassol, gordura de vísceras de frango e sebo de bovino refinado (HARDY et al., 1987; HARDY, 1989; CHO, 1990; FAIR et al., 1993; BALLESTRAZZI & LANARI, 1996; PERES & TELES-OLIVA, 1999).

Entre os óleos de origem vegetal, o de soja é o de maior disponibilidade no mercado e com preços competitivos. O óleo de soja degomado é um óleo bruto que contém gomas, que são componentes ricos em colina e fosfolipídios, assim como em antioxidantes e vitamina E, que favorecem a digestibilidade e a conservação durante o armazenamento. É um óleo rico em ácido linoléico (54,5 %). Atualmente, o óleo de linhaça, o qual é extraído do linho é usado em rações animais, devido ao seu alto teor de ácido linolênico da série ω-3 (56,6 %). Outro óleo importante é girassol, que é extraído da semente de girassol, e muito rico em ácidos graxos insaturados, com maior conteúdo em linoléico (68,2 %) do que o óleo de soja (MATEOS et al., 1996).

Entre as fontes lipídicas animais, o óleo de peixe merece destaque. Este óleo é resultado do processamento do pescado, o qual é normalmente obtido por prensagem do pescado inteiro ou subprodutos das indústrias de beneficiamento de peixes. A

pressão extrai, fundamentalmente, os lipídios de reserva (triglicerídeos) deixando grande parte dos fosfolipídios estruturais. Porém, os triglicerídeos são mais pobres em ácidos graxos poliinsaturados (AGP) do tipo ω–3 do que os fosfolipídios. Normalmente, os óleos de peixe, principalmente de espécies marinhas, apresentam elevada percentagem de AGP (responsáveis pela instabilidade e a transmissão de sabor de peixe). A composição em AG dos óleos de peixe pode variar em função da época do ano, do método de extração e das espécies dominantes (MATEOS et al., 1996).

Diversos estudos (PEZZATO, 1990; MACEDO – VIEGAS & CONTRERAS – GUZMAN, 1998; PORTELLA et al., 2000ab; ULIANA et al., 2001; MELO et al., 2002; MARTINO et al., 2002ab; VARGAS et al., 2005; LOSEKMAN et al., 2005; MARTINO et al., 2005) foram realizados com intuito de avaliar as fontes lipídicas para peixes tropicais e/ou nativos.

Característica da espécie

O pacu (*Piaractus mesopotamicus*) é uma espécie originária da Bacia do Prata (RIBEIRO et al., 1995), altamente apreciada pela excelência de sua carne e de grande importância na pesca comercial em suas regiões de origem. É amplamente utilizada em piscicultura, apresentando grande habilidade de ganho em peso, rusticidade e adaptabilidade aos ecossistemas aquaculturais, comprovados por crescentes aumentos nas produtividades em piscigranjas comerciais (OLIVEIRA et al., 2004). Este peixe tem hábito alimentar onívoro, e sua alimentação natural é predominantemente herbívora (principalmente de folhas, resíduos vegetais, cocos e sementes), apesar de incluir itens secundários como peixes, crustáceos e, às vezes, moluscos (SILVA, 1985). Sobre sua reprodução, esta espécie tropical tem desova total, é ovulípara com reprodução ocorrendo no período em que as águas dos rios apresentam maior volume, normalmente de novembro a janeiro (CASTAGNOLLI, 1992). Estudos (HONORATO et al., 2006; ABIMORAD, 2004; ALVES, 1998; PEZZATO, 1990) com esta espécie vêm

sendo desenvolvidos com o intuito de avaliar o efeito dos lipídios das dietas no desempenho animal e composição corporal.

Devido à grande importância da espécie para a piscicultura nacional e a preocupação dos consumidores em ingerir alimentos mais saudáveis, muitos estudos estão voltados ao crescimento rápido de peixes e que estes apresentem carne de melhor qualidade. Tendo em vista este cenário, o presente trabalho teve por objetivos avaliar fontes de lipídios de origens animal e vegetal na digestibilidade das dietas e no desempenho de produção de juvenis de pacu, assim como na composição corporal, eficiência de retenção de nutrientes e perfil de ácidos graxos corporal.

O presente estudo está apresentado em dois capítulos, que se seguem.

2. REFERÊNCIAS

ABIMORAD, D.G. **Relações entre níveis de proteína e energia digestíveis em dietas com diferentes proporções de lipídios e carboidratos para crescimento do pacu, *Piaractus mesopotamicus***. Jaboticabal, 2004. 89p. Dissertação (mestrado em Aqüicultura) – Centro de Aquicultura da Unesp, Universidade Estadual Paulista.

ALVES, J.M.C. **Níveis de lipídios em dietas para o crescimento inicial do pacu, Piaractus mesopotamicus (Holmberg, 1887)**. Jaboticabal, 1998. 61p. Dissertação (mestrado em Aqüicultura) – Centro de Aquicultura da Unesp, Universidade Estadual Paulista.

ACKMAN, R.G. Nutritional composition of fats in seafoods. **Prog. Food. Nutr. Sci.**, 13, p. 161-241, 1989.

ARCHER, S.L. et al. Association of dietary fish and n-3 fatty acid intake with hemostatic factors in the coronary artery and vascular risk development in young adults (CARDIA) study. **Arterioscler. Thromb. Biol.**, 18, p. 1119-1123, 1998.

BADOLATO, E.S.G. et al. Determinação do ácido eicosapentaenóico (EPA) em óleo de sardinha (*Sardinella brasiliensis*) brasileira e suplementos alimentares à base de óleo de sardinha. **Rev. Inst. Adolfo Lutz**, 51, p. 75-81, 1991.

BALLESTRAZZI, R.; LANARI, D. Growth, body composition and nutrient retention efficiency of growing sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.) fed fish oil or fatty acid Ca salts. **Aquaculture**, 139, p. 101-108, 1996.

BELDA, M.C.R.; POURCHERT-CAMPOS, M.A. Ácidos graxos essenciais em nutrição: Uma visão atualizada. **Ciência Tecnol. Alim**., 11, p. 5-35, 1991.

CARTER, J.F. Potential of flaxseed and flassed oil in baked goods and other products in human nutrition. **Cereal Foods World**, 38, p. 753-759, 1993.

CASTAGNOLLI, N. **Piscicultura de água doce**. Jaboticabal:FUNEP, 1992. 56p.

CEOTTO, B. O que é que a linhaça tem: dentro das sementes da planta que dá origem ao linho há componentes que equilibram os hormônios femininos e reforçam as defesas do corpo. **Revista Saúde**, p. 37-40, jan. 2000.

CHO, C.Y. Fish nutrition, feeds and feeding: with special emphasis on salmonid aquaculture. **Food Reviews International**, 6, p. 333-357, 1990.

CHRISTIE, W.W. **Lipid Analysis**. 2 ed. Inglaterra: Pergamon Press, 1982.

CONQUER, J.A. et al. Effect of DHA status and sperm motility in asthenzoospermic males. **Lipids**, 35, p. 149-154, 2000.

CRAWFORD, M.A. et al. Evidence for the unique function of docosahexaenoic acids during the evolution of the modern hominid brain. **Lipids**, 34, p. 39-47, 1999.

CURI, R. et al. Papel funcional dos lipídios em leucócitos. **Boletim SBCTA**, 4, p. 12-21, 2000.

CURI, R. et al. **Entendendo a gordura: os ácidos graxos**. São Paulo:Manole, 2002, 598p.

DYERBERG, J. Platelet vessel wall interaction: influence of diet. **Phil. Trans. Royal Soc.**, 3, p. 294-373, 1981.

DYERBERG, J.; BANG, H.O.; Haemostatic function and platelet polyunsaturated fatty acids in Eskimos. **Lancet.**, 2, p. 433-435, 1979.

FAIR, P.H. et al. Effect of dietary menhaden oil on growth and muscle fatty acid composition of hybrid striped bass, *Morone chrysops* x *M. saxatilis*. **Aquaculture**, 116, p. 171-189, 1993.

GIBSON, R.A. Australian fish - An excellent source of both arachidomic acid and ω-3 polyunsaturated fatty acids. **Lipds**, 18, p. 743-752, 1983.

HARDY, R.W. Diet preparation. In: J.E. Halver, editor. **Fish Nutrition**, 2ed. San Diego: Academic Press, p. 476-549, 1989.

HARDY, R.W. et al. Replacement of herring oil with menhaden oil, soybean oil, or tallow in the diets of Atlantic salmon raised in marine net pens. **Aquaculture**, 65, p. 267-277, 1987.

HARRIS, W.S. Nonpharmacologic treatment of hypertriglyceridemia: focus on fish oils. **Clin. Cardiol.**, 22, p. 40-43, 1999.

HEARN, T.L. et al. Polyunsaturated fatty acids and fat in fish flesh for selecting for health benefits, **J. Food Sci.,** 52, p. 1209-1211, 1987.

HONORATO, C.A. et al. Growth of juvenile pacu Piaractus mesopotamicus fed extrused or pelleted diets In:WAS – World Aquaculture Society, 2006, Espanha, **Anais**…Espanha: WAS, 2006.

JORGENSEN, K.A.; DYERBERG, J. Platelets and arteriosclerosis. **Adv. Nutr. Rev.**, 5, p. 57, 1983.

KINSELLA, J.E. Dietary fat and prostaglaglanins: Possible beneficial relationships between food processing and public health. **Food Technol.**, 35, p. 89-98, 1981.

KINSELLA, J.E. Fish and seafoods: nutritional implications and quality issues. **Food Technology**, maio, 1988.

KOLANOWSKI, W. et al. Possibilities of fish oil application for food produts enrichment with omega-3 PUFA. **Int. J. Food Sci. Nutr.**, p. 50, p. 39-49, 1999.

KROMAN, N.; GREN, A. Epidemiological studies in the Upernavik Distriet, Greenland. **Acta Med. Scand.**, 208, p. 401-406, 1980.

LEHNINGER, A. L. et al. **Princípios de Bioquímica**. São Paulo: Sarvier, 2000. 839 p.

LOSEKANN, M. E. et al. Crescimento de juvenis de jundiá alimentados com diferentes óleos vegetais. In: 42 ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2005, Goiânia, **Anais**... Goiânia: SBZ, 2005.

MACEDO-VIEGAS, E.M.; CONTRERAS-GUZMAN, E. Effect of source and levels of dietary lipids on growth, body composition, and fatty acids of the tambaqui (*Colossoma macropomum*). **World Aquaculture**, Marc., 1998.

MARTINO, R.C. et al. Effect of dietary lipid level on nutritional performance of the surubim, *Pseudoplatystoma coruscans*. **Aquaculture**, 209, p.209-218, 2002a.

MARTINO, R.C. et al. Performance and fatty acid composition of surubim (*Pseudoplatystoma coruscans*) fed diets with animal and plant lipids. **Aquaculture**, 209, p.233-246, 2002b.

MARTINO, R.C. et al. Performance, carcass composition and nutrient utilization of surubim *Pseudoplatystoma coruscans* (Agassiz) fed diets with varying carbohydrate and lipid levels. **Aquaculture Nutrition**, 11, p. 131-137, 2005.

MATEOS, G.G. et al. Utilization de grasas y productos lipídicos en alimentación animal: grasas puras y mezclas. In: XII Curso de especialización. 1996, Madrid. **Curso**…Madrid: FEDNA. p. 3-21, 1996.

MAYER, P. et al. Omega-3 fatty acid - based lipid infusion in patients with chronic plaque psoriasis: results of a double-blind, randomized, placebo-controlled, multicender trial. **J. Am. Acad. Dermatol.**, 38, p. 421, 1998.

MELO, J.F.B. et al. Desenvolvimento e composição corporal de alevinos de jundiá (*Rhamdia quelen*) alimentados com dietas contendo diferentes fontes de lipídios. **Ciência Rural**, 32, p. 323-327, 2002.

MELO, R.A. **Efeito de dietas lipídicas sobre a ATP-ase mitocondrical e a composição de ácidos graxos de soro de mitocôndicas hepáticas e encefálicas em ratos normais e tireoidectomizados**. Campinas, 1986. Tese de Doutorado - Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP).

MORRETO, E. & FETT, R. **Óleos e gorduras vegetais: processamento e análises**. 2 ed. rev. Florianópolis:UFSC, 1989.

NESTEL, P. Fish oil and cardivascular disease; lipids and arterial function. **Am. J. Clin. Nutri.**, 71, p. 2285-2315, 2000.

NEW, M.B. **Feed and feeding of fish and shrimp**. San Diego: Academic Press, 1993.

NRC, **NATIONAL RESEARCH COUNCIL**. Nutrient requirements of fishes. National Academy of Sciences. Washington, DC, 1993.

OGAWA, M.; MAIA, E.L. **Manual de pesca:** Ciência e tecnologia do pescado. 1, São Paulo: Varela, 1999. 326p.

OLIVEIRA, A.M.B.M.S. et al. Produção de Characiformes autóctones. In: **Tópicos especiais em piscicultura de água doce tropical intensiva**. [editado por José Eurico Possebon Cyrino...(et al...)] São Paulo: TecArt, 2004.

PERES, H.; TELES – OLIVA, A. Effect of dietary lipid level on growth performance and feed utilization by European sea bass juveniles (*Dicentrarchus labrax*). **Aquaculture**, 179, p. 325-334, 1999.

PEZZATO, L.E. **Efeito de diferentes níveis de gordura de origem e vegetal sobre o desempenho e deposição de ácidos graxos em pacu, *Piaractus mesopotamicus***. Jaboticabal, 1990. 91p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista.

PEZZATO, L.E. et al. Nutrição de peixes. In: **Tópicos especiais em piscicultura de água doce tropical intensiva**. [editado por José Eurico Possebon Cyrino...(et al.)] São Paulo: TecArt, 2004.

PIGOT, G.M.; TUCKER, B. W. Science opens new horizons for marine lipids in human nutrition. **Food Rev. Internat.**, 3, p. 105-138, 1987.

PITCHER, T.J.; HART, P.J.B. **Fisheries Ecology**. London: Chapman & Hall, 1982. 414p.

PORTELLA, M.C. et al. Use of live and artificial diets enriched with several fatty acid sources to feed *Prochilodus scrofa* larvae and fingerlings. 1. Effects on survival and growth. **J. Aquaculture Trop.**, 15, p. 45-58, 2000.

PORTELLA, M.C. et al... Use of live and artificial diets enriched with several fatty acid sources to feed *Prochilodus scrofa* larvae and fingerlings. 2. Effects on body composition. **J. Aquaculture Trop.**, 15, p. 185-197, 2000.

RIBEIRO, C.R. et al. Estudo comparativo da embriogênese de peixes ósseos (pacu, *Piaractus mesopotamicus*; tambaqui, *Colossoma macropomum* e híbrido tambacu). **Rev. Bras. Biol.**, 55 (supl.1): p. 65-78, 1995.

ROSA, F.C. **Teor de ácidos graxos poliinsaturados ômega-3 no peito e na coxa de frangos de corte alimentados com rações contendo três fontes de óleo.**

Lavras,1999. 93p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Lavras.

SCHACHY, C.V. n-3 Fatty acids and the prevention of coronary atherosclerosis. **Am. J. Clin. Nutr.**, 71, p. 2245-2275, 2000.

SERRANO, P.P. **Desempenho, parâmetros sanguíneos, perfil graxo e conteúdo de colesterol na carcaça de frango de corte alimentados com diferentes fontes de ácidos graxos**. Jaboticabal, 2002. 64f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.

SIGUEL, E. A. New relationship between total high density lipoprotein cholesterol and polyunsaturaded fatty acids. **Lipids**, 31, p. 551-556, 1996.

SILVA, A. J. Regime alimentar do pacu, *Colosoma mitrei* (Berg, 1985) no Pantanal de Mato Grosso em relação à flutuação do nível da água. In: 12º Congresso Brasileiro de Zoologia, 1985, Campinas. **Anais**... Campinas: Sociedade Brasileira de Zoologia, 1985.

SILVA, D.J.; QUEIROZ, C. **Análise de alimentos: Métodos químicos e biológicos**. 2 ed., Viçosa: UFV, 2002. 165p.

SIMOPOULOS, A. P. Omega-3 fatty acids in health and disease and in growth and development. **Am. J. Clin. Nutri.**, 54, p. 438-463, 1991.

STANBY, M.E. Introduction in fish oils in nutrition. In: STANBY, M.E. **Fish oils in nutrition**. New York: Von Nostrand, 1990. 313p.

UAUY, R.; VALENZUELA, A. Marine oils: the health benefits of n-3 fatty acids. **Nutrition**, 16, p. 680-684, 2000.

ULIANA, O. et al. Substituição parcial ou total de óleo de canola por lecitina de soja em rações para larvas de jundiá (*Rhamdia quelen*), Pisces, Pimelodidae. **Ciência Rural**, 4, p. 677-681, 2001.

VARGAS, R. et al. Desempenho de alevinos de jundiá (*Rhamdia quelen*) utilizando diferentes fontes lipídicas: óleo de peixe, óleo de linhaça e óleo de milho In: 42ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2005, Goiânia, **Anais**... Goiânia: SBZ, 2005.

VIEIRA, E.C. Saúde Animal – Os valores do ovo. **Avicultura Industrial**. São Paulo:Gessulli, nº1076, p. 17-19, 2000.

WANG, Y. J. et al. Omega-3 fatty acids in lake superior fish. **J. Food Sci.**, 55, p. 71-76, 1990.

WEAVER, B. J.; HOLOB, B. J. Health effects and metabolism of dietary eicosapentaenoic acid. **Prog. Food Nutr. Sci.**, 12, p. 111-150, 1998.

CAPÍTULO 2 – DIGESTIBILIDADE DAS DIETAS E DESEMPENHO DE JUVENIS DE PACU *Piaractus mesopotamicus* (HOLMBERG, 1887) ALIMENTADOS COM RAÇÕES CONTENDO DIFERENTES FONTES LIPÍDICAS

RESUMO - O efeito de diferentes fontes lipídicas no desempenho de juvenis de pacu (*Piaractus mesopotamicus*) e na digestibilidade das dietas foram avaliados. Os experimentos de digestibilidade e crescimento foram realizados no Laboratório de Nutrição de Organismos Aquáticos do Centro de Aqüicultura da UNESP – CAUNESP, em Jaboticabal, São Paulo. O delineamento utilizado no ensaio de crescimento foi em blocos casualizados, com 5 tratamentos, 2 blocos (classe de tamanho) e 2 repetições (dos tratamentos por bloco). Foram utilizados 160 alevinos de pacu, divididos em dois blocos com peixes de diferentes pesos médios: 15,4 ± 0,29 g e 22,46 ± 0,17 g, distribuídos em 20 aquários de 150 L, onde a temperatura média da água era 28 °C. Cinco dietas isoprotéicas (26 % de proteína bruta) com diferentes fontes de lipídios constituíram os tratamentos (SS – sem adição de óleo; SJ – óleo de soja degomado; SA – óleo de salmão; GI – óleo de girassol; LI – óleo de linhaça) estudados. A dieta SS continha 4126 kcal de energia bruta/kg de ração, enquanto as demais estavam em torno de 4226 kcal/kg. Exceto para SS, 4,13 % de óleo foram adicionados aos tratamentos, resultando dietas contendo 7,16 % de lipídios, dos quais 3,28 % eram provenientes dos outros ingredientes. Os resultados indicam que não houve diferença significativa ($P > 0,05$) entre o ganho em peso diário, conversão alimentar, taxa de crescimento específico e taxa de eficiência protéica. Porém, houve diferença ($P < 0,01$) no consumo de ração diário entre os tratamentos, nos quais menores (0,84 g) e maiores (1,12 g) valores foram encontrados para SS e SA, respectivamente.

Palavras-Chave: crescimento, fontes lipídicas, óleo animal, óleo vegetal, peixes

CHAPTER 2 – DIGESTIBILITY OF DIETS AND GROWTH PERFORMANCE OF JUVENILE PACU *Piaractus mesopotamicus* (HOLMBERG, 1887) FED DIETS WITH DIFFERENT LIPID SOURCES

SUMMARY - The effects of different lipid sources on the performance of juvenile pacu (*Piaractus mesopotamicus*) and in the digestibility of diets were evaluated. The experiment was carried out at the Laboratory of Nutrition of Aquatic Organisms of the Aquaculture Center - UNESP, Jaboticabal, SP. A randomized block design was used with five treatments and two replicates. One hundred and sixty fingerlings pacu were divided in two blocks of different fish mean weights: 15.4 ± 0.29 g and 22.46 ± 0.17 g, allocated in 20 150-L water tanks at 28 °C mean temperature. The treatments consisted of five isonitrogenous (26 % crude protein) diets containing different sources of lipids: NS – non supplemented diet; CS – crude soybean oil; SA – salmon oil; SF – sunflower oil; and LI – linseed oil. Gross energy contents of NS and supplement diets were 4126 kcal/kg and around 4226 kcal/kg of ration, respectively. Except for NS, 4.13 % of oil were added in all treatments yielding diets containing 7.16 % of lipids, of which 3.28 % were from the remaining ingredients. The results indicated no significant differences ($P > 0.05$) in daily weight gain, food conversion rate, specific growth rate, and proteic efficiency rate. However, significant differences ($P < 0.01$) in daily food consumption were observed among the treatments, in which lower (0.84 g) and higher (1.12 g) values were found for NS and SA, respectively.

Keywords: animal oil, fishes, growth, lipid sources, vegetable oil

1. INTRODUÇÃO

No período de 1999 a 2003, a aqüicultura brasileira apresentou crescimento médio da ordem de 22 % ao ano, onde as espécies nativas somadas corresponderam em torno de 35 % da produção nacional (ANUALPEC, 2004). Dentre os peixes nativos cultivados destaca-se o pacu (*Piaractus mesopotamicus*), que é uma das espécies mais importantes da piscicultura brasileira, em função de seu hábito alimentar onívoro, crescimento rápido, rusticidade, fácil adaptação à alimentação artificial e grande aceitação no mercado.

A qualidade nutricional da ração é um fator fundamental para assegurar melhor desempenho de produção dos animais. Em função disto, a utilização de óleos na alimentação animal tem aumentado nos últimos anos, decorrente de inúmeros benefícios que a inclusão deste ingrediente pode trazer, tanto para o desempenho animal quanto para a saúde humana. Os lipídios são digeridos com maior facilidade e têm maior valor calórico que os carboidratos, sendo mais eficientes para economia de proteína (De SILVA et al., 1995), por ser fonte imediata de energia para peixes (LEE & SINNHUBER, 1972; HALVER, 1976; FARKAS et al., 1977). A adição de gorduras é desejável nas dietas para alevinos que necessitam ingerir quantidades de energia suficiente para crescimento rápido. Estudos (LÉGER, 1980; WATANABE, 1982) comprovaram que os lipídios são fontes indispensáveis ao bom desempenho e desenvolvimento de larvas e alevinos de peixes variando, porém, sua concentração em função de fatores como espécie, ambiente, temperatura e estágio de desenvolvimento. Em relação às fontes lipídicas utilizadas na alimentação de peixes, as proporções de ácidos graxos essenciais (AGE) variam. Portanto, a quantidade de ácidos graxos (AG) requerida por algumas espécies já estudadas, segundo o NRC (1993), varia em função das fontes utilizadas.

As fontes lipídicas mais comumente usadas para a formulação de rações para peixes são óleos de peixe, soja, milho, canola e girassol, assim como gordura de vísceras de frango e sebo de bovino refinado (HARDY et al., 1987; HARDY, 1989;

CHO, 1990; FAIR et al., 1993; BALLESTRAZZI & LANARI, 1996; PERES & TELES-OLIVA, 1999). Entre os óleos de origem vegetal, o de soja é o que tem maior disponibilidade no mercado e preços competitivos. O óleo de soja degomado é um óleo bruto que contém gomas, que são componentes ricos em colina e fosfolipídios, assim como em antioxidantes e vitamina E, que favorecem a digestibilidade e a conservação durante o armazenamento. É um óleo rico em ácido linoléico (54,5 %). Atualmente, o óleo de linhaça, o qual é extraído do linho é usado em rações animais, devido ao seu alto teor de ácido linolênico da série ω-3 (56,6 %). Outro óleo importante é girassol, que é extraído da semente de girassol, e muito rico em ácidos graxos insaturados, com maior conteúdo em linoléico (68,2 %) do que o óleo de soja (MATEOS et al., 1996).

Entre as fontes lipídicas animais, o óleo de peixe merece destaque. Este óleo é resultado do processamento do pescado, o qual é normalmente obtido por prensagem do pescado inteiro ou subprodutos das indústrias de beneficiamento de peixes. A pressão extrai, fundamentalmente, os lipídios de reserva (triglicerídeos) deixando grande parte dos fosfolipídios estruturais. Porém, os triglicerídeos são mais pobres em ácidos graxos poliinsaturados (AGP) do tipo ω–3 do que os fosfolipídios. Normalmente, os óleos de peixe, principalmente de espécies marinhas, apresentam elevada percentagem de AGP (responsáveis pela instabilidade e a transmissão de sabor de peixe). A composição em AG dos óleos de peixe pode variar em função da época do ano, do método de extração e das espécies dominantes (MATEOS et al., 1996).

Sobre o uso de lipídios em ração para peixes, MILLIKIN (1982) afirmou que o teor ótimo a ser incluído na dieta depende, principalmente, de uma concentração mínima de gordura na dieta que maximize a utilização da fração protéica e promova boa taxa de crescimento (economia de proteína). Além disso, as gorduras são importantes para o sabor e textura dos alimentos consumidos pelos peixes tropicais e estão envolvidos em muitos aspectos do metabolismo (hormônios esteróides), ressaltando que, especialmente os fosfolipídios e os ésteres de esteróis desempenham um papel vital nas estruturas das paredes celulares, além de servirem como veículo para a absorção de vitaminas lipossolúveis.

Os alevinos de pacu demonstram relativa eficiência na utilização de altos níveis de gordura, como fonte de energia em dietas práticas para crescimento, dependendo, no entanto, de sua composição em AG. Teores de até 16 % de gordura de suínos proporcionaram melhores ganhos em peso e conversão alimentar, enquanto níveis maiores que 8 % de óleo de soja podem prejudicar seu desempenho produtivo (PEZZATO, 1990).

TAKEUCHI et al. (1978a) investigaram a possível adição de óleos de peixe e sebo bovino hidrogenado como fonte de energia para a carpa e truta arco-íris, em dietas purificadas isocalóricas com 10 % de lipídios. Estas dietas induziram deficiências de AG essenciais nas duas espécies, mas a substituição de 4 a 6 % de sebo hidrogenado por óleo de fígado de peixe ou de lula melhorou o ganho em peso e a conversão alimentar, indicando que estes óleos hidrogenados podem ser usados como fonte de energia, desde que em combinação com algum lipídio de origem animal marinha que forneça o nível necessário de AG essenciais. Em experimento sobre o crescimento de truta arco-íris, TAKEUCHI et al. (1978b) conseguiram diminuir o teor de proteína em rações de 48 para 35 %, sem redução no ganho em peso, aumentando a concentração de lipídios de 15 para 20 %. VIOLA et al. (1982) estudaram a inclusão de gorduras de diferentes origens em rações peletizadas para carpa comum em experimentos conduzidos em tanques e tanques-rede por quatro e sete semanas, respectivamente. Os “pellets” foram cobertos com óleos de diferentes fontes: óleos de peixe, de aves, de algodão, óleos ácidos de soja e de algodão e uma mistura de vários óleos ácidos. Todos os óleos foram bem utilizados pela carpa, exceto o óleo bruto de algodão, o qual provocou menor ganho em peso e conversão alimentar menos satisfatória. Nenhum dos óleos de origem animal mostrou qualquer vantagem sobre o óleo de soja, e o óleo de peixe não teve efeito promotor de crescimento. TAKEUCHI & WATANABE (1976) obtiveram resultados semelhantes em trabalhos com truta arco-íris.

Em estudos com alevinos de *Tilapia aurea*, alimentados com dietas semi purificadas contendo 0, 2,5, 5,0, 7,5 e 10 % de lipídios (óleo de bagre do canal ou de savelha) demonstraram melhores taxas de crescimento e conversão alimentar com dietas contendo 10 % de óleo de savelha (STICKNEY & WURTS, 1986). De acordo

com FRACALOSSI & LOVELL (1994), a utilização de óleos de peixe e de milho, fontes de AG ω-3 altamente insaturados e de ácido linoléico, respectivamente, é desejável em dietas práticas para bagre do canal (*Ictalurus punctatus*) para melhorar o crescimento, além de ser um fator imunoestimulante.

O objetivo do presente trabalho foi avaliar fontes de lipídios de origens animal e vegetal na digestibilidade das dietas e no desempenho de produção de juvenis de pacu.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos no Laboratório de Nutrição de Organismos Aquáticos do Centro de Aqüicultura da UNESP – CAUNESP, em Jaboticabal, São Paulo, por um período de 90 dias.

2.1. Material biológico e manejo

Foram utilizados 160 juvenis de pacu (*Piaractus mesopotamicus*), divididos em dois blocos, com peixes de diferentes pesos médios: 15,4 ± 0,29 g e 22,46 ± 0,17 g. Os animais foram distribuídos em 20 aquários (8 peixes/aquário) de 150 L, constituídos de caixas de cimento amianto, abastecidas por água proveniente de poço artesiano, com temperatura média de 28 °C. Os aquários eram dotados de oxigenação, através de assopradores e mangueiras flexíveis com pedra porosa e, três vezes por semana, as caixas eram sifonadas e limpas. Os parâmetros físico-químicos da água, como temperatura, pH e oxigênio dissolvido, foram monitorados semanalmente.

Os peixes passaram por um período de adaptação de sete dias nos aquários experimentais, sendo submetidos à dieta básica peletizada, contendo 26 % de proteína

bruta (PB), previamente aos tratamentos. As dietas experimentais eram fornecidas aos animais duas vezes ao dia até a aparente saciedade.

Foram realizadas quatro biometrias (mensuração do peso e comprimento total), em que a primeira foi conduzida no início do experimento e as demais a cada 30 dias, durante o período experimental.

2.2. Dietas experimentais

Cinco dietas isoprotéicas (em torno de 26 % proteína bruta) com diferentes fontes de lipídios constituíram os tratamentos (SS – sem adição de óleo; SJ – óleo de soja degomado; SA – óleo de salmão; GI – óleo de girassol; LI – óleo de linhaça) estudados (Tabela 1). A dieta SS continha 4126 kcal de energia bruta/kg de ração, enquanto as demais estavam em torno de 4226 kcal/kg. Exceto para SS, 4,13 % de óleo foram adicionados aos tratamentos, resultando dietas contendo 7,16 % de lipídios, dos quais 3,28 % eram provenientes dos outros ingredientes.

As rações foram preparadas pelo processo de peletização, no qual eram umedecidas (10 %) e peletizadas em moedor de carne CPM (California Pellet Mill). As dietas foram secas em estufa com circulação forçada de ar, por 12 horas a 55 °C e resfriadas à temperatura ambiente.

2.3. Análise das dietas experimentais

As análises bromatológicas dos ingredientes e das rações experimentais foram realizadas no Laboratório de Nutrição de Organismos Aquáticos do CAUNESP/UNESP, em Jaboticabal – SP, e no Laboratório de Nutrição Animal da Embrapa Pecuária

Sudeste, em São Carlos – SP, conforme metodologia descrita pela Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 1990). A determinação de energia bruta foi realizada através da queima da amostra (0,5 g) em bomba calorimétrica Parr (Parr Instruments Company). Os teores de matéria seca (MS) foram determinados pela secagem das amostras em estufa a 105 °C, por 16 horas. Os teores de proteína bruta (PB) foram determinados em função do conteúdo de nitrogênio total, obtido pelo método micro-Kjeldahl, no qual os resultados foram multiplicados pelo fator 6,25. As cinzas foram determinadas através da queima das amostras em forno mufla a 600 °C, durante 4 horas.

Tabela 1. Composição bromatológica das dietas experimentais.

Ingredientes	Dietas experimentais				
	SS	SJ	SA	GI	LI
Farinha de peixe (%)	12,04	12,04	12,04	12,04	12,04
Farelo de soja (%)	23,66	24,66	24,66	24,66	24,66
Milho (%)	30,50	25,67	25,67	25,67	25,67
Farelo de trigo (%)	14,80	14,50	14,50	14,50	14,50
Quirela de arroz (%)	8,50	8,50	8,50	8,50	8,50
Levedura de álcool (%)	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00
Óleo (%)	-	4,13	4,13	4,13	4,13
Vitamina C (%)	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
Suplemento mineral e vitamínico (%)[1]	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Composição determinada dos nutrientes					
Matéria seca (%)	99,32	94,85	94,61	94,77	94,63
Energia bruta (kcal/kg)	4127	4267	4206	4176	4255
Proteína bruta (%)	26,86	26,83	25,96	25,44	25,61
Extrato etéreo (%)	3,28	7,19	7,12	7,25	7,09
Fibra bruta (%)	4,1	4,0	4,0	4,0	4,0
Matéria mineral (%)	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3

[1] Rovimix Peixe – Roche® (ingrediente/kg suplemento): Vitaminas: A = 5000.000 UI, D3 = 200.000 UI, E = 5.000 UI, K3 = 1.000 mg, B1 (tiamina) = 1.500 mg, B2 (riboflavina) = 1.500 mg, B6 (piridoxina) = 1.500 mg, B12 = 4.000 mg, C = 15.000 mg, Ácido Fólico = 500 mg, Ácido Pantotênico = 4.000 mg, B.H.T. = 12,25 g, Biotina = 50 mg, Inositol = 1.000 mg, Nicotinamida = 7.000 mg, Colina = 40 g, Cobalto = 10 mg, Cobre = 500 mg, Ferro = 5000 mg, Iodo = 50 mg, Manganês = 1.500 mg, Selênio = 10 mg, Zinco = 5.000 mg, veículo q.s.p. = 1.000 g.
SS = sem adição de óleo; SJ = óleo de soja degomado; SA = óleo de salmão; GI = óleo de girassol; LI = óleo de linhaça

Os teores de fibra bruta foram determinados em analisador de fibra (ANKOM 220), utilizando 0,5 g de amostra em filtros de polipropileno (TNT – Tecido Não Tecido) confeccionados no laboratório. As amostras pré-secas foram digeridas em solução ácida (0,1 mol L^{-1} H_2SO_4) e básica (0,3 mol L^{-1} NaOH) durante 45 minutos em cada digestão. O teor de gordura foi determinado pela extração de lipídios totais em solução de clorofórmio-metanol (1:1 v/v), conforme metodologia adaptada dos procedimentos de BLIGH & DYER (1959).

As análises dos teores de ácidos graxos das dietas (Tabela 2) foram conduzidas no Laboratório de Bioquímica de Microrganismos e Plantas do Departamento de Tecnologia da UNESP, em Jaboticabal, São Paulo. Nestas, empregou-se cromatógrafo a gás (Shimadzu, modelo GC – 14B), com detector de ionização de chama e coluna capilar de polietileno glicol de dimensões 30 m $\times$ 0,25 mm, 0,25 µm (Omegawax 250). O volume de injeção da amostra foi 0,5 µL. O aquecimento da coluna seguiu o programa: 100 °C por 2 minutos, com taxa de 4 °C/min até atingir 240 °C. As temperaturas do injetor e detector foram 250 °C e 280 °C, respectivamente. As curvas analíticas de calibração foram obtidas com solução-padrão mista de ésteres metílicos dos AG investigados (SUPELCO, 37 components FAME mix). A identificação dos picos foi obtida através de comparação entre os tempos de retenção das amostras e os padrões. A quantificação dos AG foi realizada com base na área dos picos.

Tabela 2. Proporções de ácidos graxos das dietas experimentais

AG	SS	SJ	SA	GI	LI
$\sum$ ω-3	6,72 ± 0,29	5,61 ± 0,17	16,0 ± 0,48	6,03 ± 0,05	24,3 ± 1,89
$\sum$ ω-6	28,8 ± 0,74	41,0 ± 0,68	22,1 ± 0,28	46,1 ± 1,51	25,3 ± 0,03
AGS	29,6 ± 0,73	25,4 ± 0,20	29,9 ± 0,65	18,9 ± 0,73	22,3 ± 1,17
AGP	35,5 ± 0,45	47,0 ± 0,49	38,7 ± 0,77	54,0 ± 1,49	49,9 ± 1,87
AGM	34,9 ± 0,27	27,5 ± 0,71	31,4 ± 0,12	27,2 ± 0,76	27,9 ± 0,71
AGI	70,3 ± 0,73	74,5 ± 0,20	70,1 ± 0,64	81,1 ± 0,80	77,8 ± 1,15
ω-3/ω-6	0,23 ± 0,02	0,14 ± 0,01	0,72 ± 0,01	0,13 ± 0,01	0,96 ± 0,08

n = 2; AGS = ácidos graxos saturados; AGP = ácidos graxos poliinsaturados; AGM = ácidos graxos monoinsaturados; AGI = ácidos graxos insaturados.

2.4. Parâmetros de desempenho

Foram avaliados os seguintes parâmetros de desempenho:

a) Ganho em peso diário (GPD), em gramas;

$$GPD = \frac{(\text{eso } \text{na l} - \text{eso } \text{icia l})}{\text{tempo d(ias)}}$$

b) Consumo diário de ração (CDR), em gramas;

$$CDR = \frac{\text{onsumo } \text{édio } \text{e } \text{limento } \text{a } \text{arcela}}{\text{tempo d(ias)}}$$

c) Conversão alimentar (CA)

$$CA = \frac{\text{onsumo } \text{e } \text{limento } \text{tal}}{\text{ganho em peso total}}$$

d) Taxa de crescimento específico (TCE)

$$TCE = \frac{\text{eso } \text{na l} - \text{eso } \text{icia l}}{\text{tempo d(ias)}} \times 100$$

e) Taxa de eficiência protéica (TEP)

$$TEP = \frac{\text{ganho em peso vivo}}{\text{proteína bruta consumida}}$$

2.5. Ensaio de digestibilidade das rações

Foram utilizados 180 juvenis de pacu, com peso médio 62,95 ± 9,32, distribuídos em 15 aquários de alimentação, com cinco tratamentos (dietas) e três repetições. Estes aquários eram constituídos de caixa de amianto com capacidade de 150 L, dotados de oxigenação através de assopradores e mangueiras plásticas com pedra porosa nas extremidades. As caixas eram sifonadas e limpas, duas vezes por semana, e abastecidas, continuamente, com água de poço artesiano, com temperatura média de 28 °C.

Os animais foram alimentados duas vezes ao dia, durante uma semana, com as dietas contendo 1 % de óxido de crômio para o ensaio de digestibilidade, onde este mineral foi usado como marcador externo. O fornecimento das rações ocorria 1 hora antes das coletas. Posteriormente, os animais foram transferidos para as caixas de coleta (Sistema de Guelph modificado), na forma de aquários cilíndricos de fibra de vidro, com capacidade de 80 L e fundo cônico, que são normalmente, utilizados como incubadora de ovos de peixes, do tipo Israel. O abastecimento de água era contínuo e superior e um cano lateral dentro do aquário coletor promovia seu abastecimento. As fezes ficavam depositadas no fundo, na extremidade inferior dos aquários, na qual era conectado um tubo de ensaio para coleta das excretas, que era controlada por um registro de esfera entre o aquário e tubo de ensaio. Após decantação, as fezes foram coletadas a cada 30 minutos e acondicionadas a -10 °C para posterior análise.

O teor de PB das rações e das fezes dos peixes foi determinado pelo método micro-Kjeldahl, como descrito anteriormente para análise das dietas. O extrato etéreo foi determinado pela extração da gordura das amostras com éter de petróleo (p.e. 30 – 60 °C), em extrator Soxhlet com refluxo contínuo através da amostra, durante 5 horas.

Para estimativa do coeficiente de digestibilidade, as amostras foram decompostas por via úmida, em meio nítrico-perclórico (FURUKAWA & TSUKAHARA, 1966), previamente à determinação de crômio por espectrometria de emissão ótica com plasma acoplado indutivamente – ICP OES (Varian Vista, Mulgrave, Austrália).

A digestibilidade aparente da fração protéica e lipídica dessas dietas foram estimadas segundo NOSE (1966), através das seguintes equações:

$$DPBa\ (\%) = 100 - 100 \times \left(\frac{Ia \times PBf}{If \times PBa} \right)$$

e

$$DEEa\ (\%) = 100 - 100 \times \left(\frac{Ia \times EEf}{If \times EEa} \right)$$

em que:
DPBa (%) = digestibilidade aparente da PB da dieta;
Ia e If = % de indicador no alimento e nas fezes, respectivamente;
EEf e EEa = % de extrato etéreo nas fezes e no alimento, respectivamente;
DEEa (%) = digestibilidade aparente da EE da dieta;
PBf e PBa = % de proteína bruta nas fezes e no alimento, respectivamente.

2.6. Delineamento experimental e análise estatística

O delineamento utilizado no ensaio de desempenho de produção foi em blocos casualizados, com cinco tratamentos (dietas experimentais) e duas repetições. Vinte caixas, contendo 8 peixes cada, constituíram as unidades experimentais. Para o ensaio

de digestibilidade foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado, com cinco tratamentos (dietas experimentais com marcador) e três repetições. Quinze caixas, contendo 12 peixes cada, constituíram as unidades experimentais. O programa SAS v.8.0 (SAS, 2001) foi empregado na análise estatística dos dados. Para detectar a diferença entre as médias dos dados em estudo foi usado “Linear Models ANOVA” e “One-Way ANOVA” (ferramentas do programa). As médias foram comparadas pelo teste de Tukey (5 %).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Desempenho de produção

Os resultados de desempenho de produção de juvenis de pacu, no período de 90 dias, estão apresentados na Tabela 3. Como pode se observar, não houve diferença significativa entre os tratamentos para o ganho em peso diário (GPD), conversão alimentar (CA), taxa de crescimento específico (TCE) e taxa de eficiência protéica (TEP). Porém, houve diferença ($P < 0,01$) no consumo diário de ração (CDR) entre os tratamentos estudados. As médias deste parâmetro foram superiores nos peixes que receberam as dietas contendo óleo de salmão e óleo de soja degomado, embora não tenham diferido, estatisticamente, de GI e LI. Em função dos resultados de CDR nos tratamentos, podemos observar que os animais alimentados com SA consumiram mais ração (25 %) do que aqueles sem suplementação (SS). Apesar da diferença em CDR, este não refletiu no GPD e nos demais parâmetros de produção. Provavelmente, a fonte lipídica da dieta não influencia na indução da lipase, o que promoveria, conseqüentemente, aumento no GPD. O expressivo maior valor de CDR apresentado pelo tratamento SA pode ter ocorrido provavelmente devido à maior aceitabilidade e melhor palatabilidade conferida à ração em função da inclusão deste óleo. A preferência

de peixes por dietas contendo diferentes fontes lipídicas (óleo de peixe, linhaça, girassol e colza) foi evidenciada por GEURDEN et al. (2005) em ensaios com truta arco-íris. Neste estudo, os animais tiveram preferência pela ração contendo óleo de peixe e as maiores recusas foram por dietas com adição de óleo de linhaça (37 %), seguido por óleo de girassol (30 %) e de colza (15 %). Portanto, seria importante viabilizar estudos de comportamento e preferência alimentar e atividades enzimáticas no trato digestório para melhor elucidar os resultados encontrados no presente trabalho.

Tabela 3. Parâmetros de desempenho de juvenis de pacu alimentados com dietas contendo diferentes fontes lipídicas.

Estatística	GPD (g)	CA	CDR (g)	TCE	TEP
F bloco	$2,00^{NS}$	$0,65^{NS}$	$0,31^{NS}$	21,3*	$0,92^{NS}$
F tratamento	$0,92^{NS}$	$0,45^{NS}$	0,004**	$1,03^{NS}$	$2,00^{NS}$
CV (%)	15,3	12,8	7,29	12,3	15,3
Médias dos tratamentos					
SS	0,59 ± 0,09	1,45 ± 0,19	0,84 ± 0,03 B	1,16 ± 0,38	2,06 ± 0,31
SJ	0,70 ± 0,07	1,49 ± 0,12	1,04 ± 0,06 A	1,35 ± 0,14	2,44 ± 0,24
SA	0,71 ± 0,04	1,57 ± 0,14	1,12 ± 0,04 A	1,36 ± 0,17	2,49 ± 0,17
GI	0,65 ± 0,18	1,61 ± 0,27	1,01 ± 0,10 AB	1,26 ± 0,30	2,25 ± 0,62
LI	0,65 ± 0,08	1,52 ± 0,15	0,99 ± 0,08 AB	1,28 ± 0,11	2,28 ± 0,28
Médias dos blocos					
Bloco 1 (Pi = 15 g)	0,63 ± 0,05	1,56 ± 0,14	0,98 ± 0,10	1,45 ± 0,09 A	2,19 ± 0,18
Bloco 2 (Pi = 22 g)	0,69 ± 0,13	1,49 ± 0,20	1,02 ± 0,12	1,12 ± 0,21 B	2,41 ± 0,45

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem, estatisticamente, entre si pelo teste Tukey (P > 0,05).
** significativo P < 0,01; * significativo P < 0,05
GPD = ganho em peso; CDR = consumo diário de ração; CA = conversão alimentar; TCE = taxa de crescimento específico; TEP = taxa de eficiência protéica; Pi = Peso inicial; SS = sem adição de óleo; SJ = óleo de soja degomado; SA = óleo de salmão; GI = óleo de girassol; LI = óleo de linhaça.

Os tratamentos apresentaram resultados satisfatórios para TCE e TEP, indicando que as dietas fornecidas atenderam as exigências de mantença e crescimento. A adição de óleo não influenciou CA, GPD, TCE e TEP. Provavelmente, sua inclusão não

implica em correlação positiva no GPD, uma vez que o organismo pode suprir a falta de lipídios com sua produção endógena, pelo processo de lipogênese, a partir de carboidratos e proteína.

Em trabalhos (VARGAS et al., 2005; VARGAS et al., 2006) que relatam o emprego de diferentes fontes lipídicas, para algumas espécies de peixes, também não foram observadas diferenças significativas em alguns parâmetros. A exemplo, óleo de peixe, de linhaça e de milho foram usados em dietas para alevinos de jundiá (*Rhamdia quelen*) e não foram observadas diferenças significativas na taxa de mortalidade, ganho em peso (GP) e TCE. No entanto, foram encontradas diferenças no consumo de ração e na TEP. Quanto ao emprego de óleos vegetais, LOSEKANN et al. (2005) testaram óleo de soja, arroz e canola nesta espécie e não foram observadas diferenças no desempenho (GP e TCE) destes animais. Porém, o óleo de milho apresentou-se como melhor fonte lipídica. Cabe salientar que o óleo de milho é semelhante ao de girassol em sua composição em AG, pois ambos possuem altos teores destes compostos da série ω-6. Esta espécie de peixe também foi avaliada (MELLO et al., 2002) durante 26 dias com dietas contendo óleo de canola, óleo de fígado de bacalhau ou banha suína, com nível de inclusão de 5 % na ração. Os autores não observaram diferença significativa entre os tratamentos para os parâmetros de desempenho.

Com base nos resultados, nos quais não foram observadas diferenças entre os tratamentos, exceto para CDR, a ração sem adição de óleo pode ser eficientemente empregada, uma vez que promoveu menor CDR sem efeito negativo no GPD e nos outros parâmetros de desempenho de produção. Os resultados de CA, embora não diferiram, estatisticamente, apresentaram menores valores numéricos quando os animais não foram suplementados com óleo. Do ponto de vista econômico, esta ração seria mais apropriada por proporcionar maior razão custo/benefício, dado o semelhante desempenho de produção quando comparada aos demais tratamentos.

Através deste estudo, pode-se inferir que o pacu tem capacidade de adaptação para utilizar, eficientemente, dietas sem ou com adição de óleo de diferentes fontes,

desde que atendam as exigências de mantença a fim de não provocar deficiência lipídica que possa comprometer o desempenho animal.

3.2. Digestibilidade

Os resultados de digestibilidade aparente da fração protéica e lipídica estão apresentados na Tabela 4. A média dos valores de digestibilidade da proteína da dieta SJ foi maior do que a de SA, GI e LI, e semelhante à de SS. Quanto à digestibilidade lipídica, a dieta LI apresentou valor de média superior. Para as dietas SJ e LI, os resultados indicam correlação inversa entre a digestibilidade de proteína e a de lipídios, o que pode explicar porque este parâmetro não teve efeito sobre o GPD. É provável que a fração protéica tenha sido menos absorvida à medida que a digestibilidade das fontes lipídicas aumentou. A exemplo, podemos citar o trabalho de ABIMORAD (2004) que, ao estudar a digestibilidade de dietas com diferentes níveis de lipídios, proteína e carboidratos, para juvenis de pacu, não encontrou diferença na digestibilidade de proteína. O autor sugere que essa diferença não foi observada devido à interferência dos níveis de lipídios estudados, pois o alto teor de lipídios limitou a ingestão de proteína bruta.

Embora não se tenha conduzido ensaio de digestibilidade de AG individuais, sabe-se que a digestão de lipídios é um processo que envolve vários fatores, incluindo propriedades físico-químicas destes AG, sua posição nos triglicerídeos e o processo de emulsão (MENOYO et al., 2003). Assim sendo, os teores de AG da dieta influenciam na digestibilidade da fração lipídica.

No presente trabalho, a dieta LI apresentou melhor coeficiente de digestibilidade da fração lipídica, provavelmente, devido à melhor composição de AG na dieta. Conforme a Tabela 2, observa-se que esta dieta possui teores elevados de AGP, de AG ω-3 e proporção de ω-3/ω-6. Como se sabe, esses AG tornam a fração lipídica mais digestível, pois a digestibilidade aumenta com o número de insaturações. Elevados

coeficientes de digestibilidade aparente de AGP foram documentados em truta arco-íris (AUSTRENG et al., 1979) e outras espécies (LIED & LAMBERTSEN, 1982; RINGO & OLSEN, 1991; SIGURGISLADOTTIR et al., 1992), devido à alta especificidade dos AGP pela lipase digestiva, a qual foi fundamentada em diversos estudos com peixes (LIE & LAMBERSTSEN, 1985; LIE et al., 1987; GJELLESVIK et al., 1992; KOVEN et al., 1994).

Tabela 4. Digestibilidade das frações protéica e lipídica das dietas contendo diferentes fontes lipídicas

Estatística	DPBa (%)	DEEa (%)
F tratamento	7,10**	17,72**
Médias dos tratamentos		
Sem adição de óleo	84,9 ± 2,65AB	80,4 ± 1,00B
Óleo de soja degomado	87,7 ± 1,47A	81,5 ± 2,52B
Óleo de salmão	81,3 ± 2,76B	81,4 ± 1,07B
Óleo de girassol	81,3 ± 1,66B	86,1 ± 0,18B
Óleo de linhaça	82,2 ± 1,53B	87,6 ± 0,49A

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem, estatisticamente, entre si pelo teste Tukey (P > 0,05).
** significativo P < 0,01
DPBa = Digestibilidade aparente da PB da dieta; DEEa = Digestibilidade aparente do EE da dieta.

De acordo com os resultados de MENOYO et al. (2003) com salmão do Atlântico (*Salmo salar*), a digestibilidade e absorção de AG em peixes decrescem com aumento de saturação e do comprimento da cadeia carbônica. Altos teores de C14:0, C16:0 e C18:0 nas fezes de peixes indicam menor digestibilidade e má absorção da fração lipídica (LIED & LAMBERTSEN, 1982). Isto aconteceu devido a menor capacidade das gorduras saturadas de cadeia longa para formar emulsão lipídica e serem digeridas, fato que foi observado em vertebrados grandes (ECKERT et al., 1990).

CABELLERO et al. (2002), em ensaio de digestibilidade lipídica com truta arco-íris, encontraram melhores resultados para a dieta contendo 39 % de óleo de anchova e 31 % de óleo de canola, seguido com outras dietas contendo óleo de capelin, misturas de óleo de anchova e soja. O emprego de mistura de gordura animal, óleo de anchova e oliva proporcionou resultados menos satisfatórios.

4. CONCLUSÕES

Podemos afirmar que todas as dietas testadas podem ser recomendadas para alimentação de pacu. As fontes de óleo não interferiram nos parâmetros de produção, exceto para CDR. Porém, a dieta SS parece ser a alternativa mais econômica.

5. REFERÊNCIAS

ABIMORAD, D.G. **Relações entre níveis de proteína e energia digestíveis em dietas com diferentes proporções de lipídios e carboidratos para crescimento do pacu, *Piaractus mesopotamicus***. Jaboticabal, 2004. 89p. Dissertação (mestrado em Aqüicultura) – Centro de Aquicultura da Unesp, Universidade Estadual Paulista.

ALVES, J.M.C. **Níveis de lipídios em dietas para o crescimento inicial do pacu, Piaractus mesopotamicus (Holmberg, 1887)**. Jaboticabal, 1998. 61p. Dissertação (mestrado em Aqüicultura) – Centro de Aquicultura da Unesp, Universidade Estadual Paulista.

ANUALPEC: **Anuário de Pecuária Brasileira**. São Paulo:FNP Consultoria & Comércio, 2004. p. 305-307.

AOAC: **Official Methods of Analysis**, p. 1298 Association of Official Analytical Chemistis, 15th (edn), Arlington, VA, USA. 1990.

AUSTRENG, E. et al. Effect of dietary fat source on the digestibility of fat and fatty acids in rainbow trout and mink. **Acta Agric. Scand**. 29, p. 119–126, 1979.

BALLESTRAZZI, R.; LANARI, D. Growth, body composition and nutrient retention efficiency of growing sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.) fed fish oil or fatty acid Ca salts. **Aquaculture**, 139, p. 101-108, 1996.

BELL, J.G. et al. Replacement of fish oil with colza oil in diets of Atlantic salmon (Salmo salar) affects tissue lipid composition and hepatocyte fatty acid metabolism. **J. Nutrit.**, 131, p 1535-1543, 2001.

BLIGH, E.G.; DYER, W.J. A rapid method of total lipid extraction and purification. **Can. J. Biochem. Physiol**., 37, p. 911-17, 1959.

BRANSDEN, M.P. et al. Replacement of fish oil with sunflower oil in feeds for Atlantic salmon (*Salmo salar* L.): effect on growth performance, tissue fatty acid composition and disease resistance. **Comp. Biochem. Physiol. Part B**, 135, p. 611–625, 2003.

CABALLERO, M.J. et al. Impact of different dietary lipid sources on growth, lipid digestibility, tissue fatty acid composition and histology of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. **Aquaculture**, 214, p 253-271, 2002.

CHO, C.Y. Fish nutrition, feeds and feeding: with special emphasis on salmonid aquaculture. **Food Rev. Internat.**, 6, p. 333-357, 1990.

DE SILVA, S.S. et al. Interactions of varying dietary proteins and lipid levels in young red tilapia: evidence of protein sparing. **Aquaculture**, 95, p. 305-318, 1991.

ECKERT, R. et al. **Fisiología Animal**: Mecanismos y Adaptaciones. Madrid: Interamericana McGraw-Hill, 1990, 683 p.

FAIR, P.H. et al. Effect of dietary menhaden oil on growth and muscle fatty acid composition of hybrid striped bass, *Morone chrysops* x *M. saxatilis*. **Aquaculture**, 116, p. 171-189, 1993.

FARKAS, T., et al. **Sem on fish nutrition and diet development**. In: Role of lipids in fish nutrition, p 58-75, 1977.

FRACALOSSI, D.M.; LOVELL, R.T. Dietary lipid sources influence responses of channel catfish (*Ictalurus punctatus*) to challenge with the pathogen *Edwarsiella ictulari*. **Aquaculture**, 199, p. 287-298, 1994.

FURUKAWA, A.; TSUKARA, H. On the acid digestion for the determination of chromic oxide as an index substance in study digestibility of fish feed. **Bull. Jap. Soc. Scient. Fish.**, 32, n. 6, p. 502-506, 1996.

GEURDEN, I. et al. Rainbow trout can discriminate between feeds with different oil sources. **Physiology & Behavior**, 85, p. 107-114, 2005.

GJELLESVIK, D.R. et al. Pancreatic bile salt dependent lipase from cod (*Gadus morhua*): purification and properties. **Biochim. Biophys. Acta**, 1124, p. 123–134, 1992.

HALVER, J.E. Formulating practical diets for fish. **J. Fish. Res. Board Can**, 33, p. 1032-1039, 1976.

HARDY, R.W. Diet preparation. In: J.E. Halver, editor. **Fish Nutrition**, 2ed. Academic Press, Inc. San Diego, CA, USA, p. 476-549, 1989.

HARDY, R.W. et al. Replacement of herring oil with menhaden oil, soybean oil, or tallow in the diets of Atlantic salmon raised in marine net pens. **Aquaculture**, 65, p. 267-277, 1987.

KOVEN, W.M. et al. Lipid digestion in turbot (*Scophtalmus maximus*): I. Lipid class and fatty acid composition of digesta from different segments of the digestive tract. **Fish Physiol. Biochem.** 13, p. 69–79, 1994.

LEE, D.J.; SINNHUBER, R.O. Lipid requirements. In: J.E. Halver [ed.] **Fish nutrition**, New York:Academic Press, 1987. cap.3, p. 59-129.

LEE, S. et al. Effect of dietary fatty acids on growth, body composition and blood chemistry of juvenile starry flounder (*Platichthys stellatus*). **Aquaculture**, 225, p. 269-281, 2003.

LÉGER, C. Dévélopemet recents de la notion d'acide grãs essentiel chez les poissons. **Ann Nutr Alim**, 34, p. 207-216, 1980.

LIE, O., LAMBERSTSEN, G. Digestive lipolytic enzymes in cod (*Gadus morhua*); fatty acid specificity. **Comp. Biochem. Physiol.** 80B, p. 447–450, 1985.

LIE, O. et al. Lipid digestion in cod (*Gadus morhua*). **Comp. Biochem. Physiol**. 88B, p. 697–700, 1987.

LIED, E., LAMBERTSEN, G. Apparent availability of fat and individual fatty acids in Atlantic cod (Gadus morhua). **Fiskeridir. Skr**. p. 63– 75, 1982.

LOSEKANN, M. E. et al. Crescimento de juvenis de jundiá alimentados com diferentes óleos vegetais. In: 42 ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2005, Goiânia, **Anais**... Goiânia: RSBZ, 2005.

MARTINO, R.C. et al. Effect of dietary lipid level on nutritional performance of the surubim, *Pseudoplatystoma coruscans*. **Aquaculture**, 209, p. 209-218, 2002a.

MARTINO, R.C. et al. Performance and fatty acid composition of surubim (*Pseudoplatystoma coruscans*) fed diets with animal and plant lipids. **Aquaculture**, 209, p. 233-246, 2002b.

MARTINO, R.C. et al. Performance, carcass composition and nutrient utilization of surubim *Pseudoplatystoma coruscans* (Agassiz) fed diets with varying carbohydrate and lipid levels. **Aquaculture Nutrition**, 11, p. 131-137, 2005.

MATEOS, G.G. et al. Utilization de grasas y productos lipídicos en alimentación animal: grasas puras y mezclas. In: XII Curso de especializacion. 1996, Madrid **Cursos**… Madrid: FEDNA, p. 3-21, 1996.

MELO, J.F.B. et al. Desenvolvimento e composição corporal de alevinos de jundiá (*Rhamdia quelen*) alimentados com dietas contendo diferentes fontes de lipídios. **Ciência Rural**, 32, p. 323-327, 2002.

MENOYO, D. et al. Growth, digestibility and acid utilization in large Atlantic salmon (*Salmo salar*) fed varying levels of n-3 and saturated fatty acids. **Aquaculture**, 225, p. 295-307, 2003.

MILLIKIN, M.R. Quantitative and qualitative nutrient requirements of fishes: A review. **Fish. Bull.**, 80, n.4, p. 655-686, 1982.

NOSE, T. Recents advances in the study of fish digestion in Japan. In: **Symposium on feeding trout and salmon culture**, SC II-7, Belgrade, 1996. EIFAC, p.17, 1966.

PERES, H.; TELES – OLIVA, A. Effect of dietary lipid level on growth performance and feed utilization by European sea bass juveniles (*Dicentrarchus labrax*). **Aquaculture**, 179, p. 325-334, 1999.

PEZZATO, L.E. **Efeito de diferentes níveis de gordura de origem e vegetal sobre o desempenho e deposição de ácidos graxos em pacu, *Piaractus mesopotamicus***. Jaboticabal, 1990. 91p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista.

RINGO, E., OLSEN, R.E. Do Arctic charr, *Salvelinus alpinus* (L.), have selective absortion of dietary fatty acids? **Fiskeridir. Skr**., 4, 65–72, 1991.

ROSENLUND, G. et al. Effect of alternative lipid sources on long term growth performance and quality of Atlantic salmon (*Salmo salar*). **The Ninth Internacional Symposium on Nutrition and Feeding in Fish**, May 21-25, 2000. Miyazaki, Japan. (Abstract), 2000.

SAS. Statiscal Analises System. **User' s guide**. Version 8.0. North Caroline: SAS INSTITUTE, 2001.

STICKNEY, R.R.; WURTS, W.A. Growth response of blue tilapia to selected levels of dietary menhaden oil and catfish oils. **Prog. Fish-Cult.**, 48, p. 107-109, 1986.

TAKEUCHI, T.; WATANABE, T. Nutritive value of n-3 highly unsaturated fatty acids in Pollock liver for rainbow trout. **Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.**, 42, n8, p. 907-919, 1976.

VARGAS, R. et al. Desempenho de alevinos de jundiá (*Rhamdia quelen*) utilizando diferentes fontes lipídicas: óleo de peixe, óleo de linhaça e óleo de milho In: 42 ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2005, Goiânia, **Anais**... Goiânia: RSBZ, 2005.

VIOLA, S. et al. Partial and complete replacement of fish meal by soybean meal in feeds for intensive culture of carp. **Aquaculture**, 26, p. 223-232, 1982.

WATANABE, Lipid nutrition in fish. **Comp. Biochem. Physiol**. p. 3-15, 1982.

CAPÍTULO 3 – COMPOSIÇÃO CORPORAL, RETENÇÃO DE NUTRIENTES E PERFIL DE ÁCIDOS GRAXOS DE JUVENIS DE PACU, *Piaractus mesopotamicus,* ALIMENTADOS COM DIFERENTES FONTES LIPÍDICAS

RESUMO – Efeitos de diferentes fontes lipídicas na composição corporal, retenção de nutrientes e perfil de ácidos graxos corporal de juvenis de pacu (*Piaractus mesopotamicus*) foram avaliados. O experimento foi realizado por um período de 90 dias, no Laboratório de Nutrição de Organismos Aquáticos do Centro de Aquicultura da UNESP – CAUNESP, em Jaboticabal – SP. O delineamento utilizado no ensaio de crescimento foi em blocos casualizados, com 5 tratamentos, 2 blocos (classe de tamanho) e 2 repetições (dos tratamentos por bloco). Foram utilizados 160 alevinos de pacu divididos em dois blocos com peixes de diferentes pesos médios: 15,4 ± 0,29 g e 22,46 ± 0,17 g, distribuídos em 20 aquários de 150 L, com água de temperatura média de 28 °C. Cinco dietas isoprotéicas (em torno de 26 % proteína bruta) com diferentes fontes de lipídios constituíram os tratamentos (SS – sem adição de óleo; SJ – óleo de soja degomado; SA – óleo de salmão; GI – óleo de girassol; LI – óleo de linhaça) estudados. A dieta SS continha 4126 kcal de energia bruta/kg de ração e as demais em torno de 4226 kcal/kg. Exceto para SS, 4,13 % de óleo foram adicionados aos tratamentos, resultando dietas contendo 7,16 % de lipídios, dos quais 3,28 % eram provenientes dos demais ingredientes. Não houve diferença significativa ($P > 0,05$) para os parâmetros de composição corporal (umidade, proteína bruta e lipídios) e retenção de nutrientes. Porém, houve diferença ($P < 0,05$) para o perfil de ácidos graxos das amostras de filé e carcaça, em que nas dietas SA e LI foram encontrados maiores teores de ácidos graxos altamente insaturados e melhores proporções de ω-3/ω-6, respectivamente.

Palavra–chave: lipídios totais, óleo animal, óleo vegetal, *Piaractus mesopotamicus*,

CHAPTER 3 – BODY COMPOSITION, NUTRIENTS RETENTION, AND FATTY ACIDS PROFILE OF JUVENILE PACU, *Piaractus mesopotamicu,* (HOLMBERG, 1887) FED DIETS WITH DIFERENT SOURCES OF LIPIDS

SUMMARY – The effects of different sources of lipids on body composition, nutrients retention, and fatty acids profile of juvenile pacu (*Piaractus mesopotamicus*) were assessed. The experiment was carried out in the Laboratory of Nutrition of Aquatic Organisms of the Aquaculture Center - UNESP, Jaboticabal, SP. A randomized block design was used with five treatments and two replicates. One hundred and sixty fingerlings pacu were divided in two blocks of different fish mean weights: 15.4 ± 0.29 g and 22.46 ± 0.17 g, allocated in 20 150-L water tanks at 28 °C mean temperature. The treatments consisted of five isonitrogenous (around 26 % crude protein) diets containing different sources of lipids: NS – non supplemented diet; CS – crude soybean oil; SA – salmon oil; SF – sunflower oil; and LI – linseed oil. Gross energy contents of NS and supplement diets were 4126 kcal/kg and around 4226 kcal/kg of ration, respectively. Except for NS, 4.13 % of oil were added in all treatments yielding diets containing 7.16 % of lipids, of which 3.28 % were from the remaining ingredients. No significant differences ($P > 0.05$) in the body composition parameters (moisture, crude protein and lipids) and nutrients retention were observed. However, differences ($P < 0.05$) in fatty acids profile of fillet and carcass samples were found. More satisfactory results were achieved in fishes fed supplemented diets, demonstrated by higher contents of highly unsaturated fatty acids for SA and better ω-3/ω-6 rate for LI.

Keywords: animal oil, *Piaractus mesopotamicus*, total lipids, vegetable oil

1. INTRODUÇÃO

Entre 1999 e 2003 a aqüicultura brasileira apresentou crescimento médio da ordem de 22 % ao ano, em que as espécies nativas somadas correspondiam a 35,4 % da produção nacional (ANUALPEC, 2004). A balança comercial do setor em 2004, comparativamente à de 2003, apresentou crescimento nas exportações de produtos com maior valor agregado, tais como preparações e conservas, filés de peixe (crescimento de 99,81 %), camarão pré-cozido e peixe defumado (ANUALPEC, 2005).

Entre os peixes nativos cultivados nas regiões Sudeste e Centro-Oeste do Brasil, o pacu (*Piaractus mesopotamicus*) é uma das espécies importantes da piscicultura brasileira, em função de seu hábito alimentar onívoro, crescimento rápido, rusticidade, fácil adaptação à alimentação artificial e podendo, ainda, ser explorado para pesca esportiva, além de apresentar grande valor comercial devido ao excelente sabor conferido à sua carne (CASTAGNOLLI & ZUIM, 1985). Esta espécie, de clima tropical, é encontrada nas Bacias dos Rios Paraná, Paraguai e Uruguai (SAINT-PAUL, 1986), onde utiliza alimentos bastante diversificados em função da sazonalidade. De acordo com SILVA (1985), o tipo de alimento observado no estômago do pacu é constituído, principalmente, de folhas, resíduos vegetais e, raramente, restos de peixes e/ou moluscos e crustáceos, indicando que se trata de uma espécie herbívora com preferência frugívora.

A utilização de óleos na alimentação animal tem aumentado nos últimos anos, decorrente dos inúmeros benefícios que a inclusão deste ingrediente pode trazer, tanto para o desempenho animal quanto para a saúde humana. Entre as fontes lipídicas mais comumente usadas na formulação de rações para peixes pode-se encontrar os óleos de peixe, soja, milho, canola e girassol, assim como gordura de vísceras de frango e sebo de bovino refinado (BALLESTRAZZI & LANARI, 1996; CHO, 1990; FAIR et al., 1993; HARDY, 1989; HARDY et al., 1987; PERES & TELES-OLIVA, 1999). A fonte de lipídios interfere diretamente na composição tecidual de ácidos graxos (AG) dos peixes, em virtude da influência destes constituintes presentes na ração (óleos e gordura dos

ingredientes). Como os AG essenciais não são sintetizados “de novo”, os AG incorporados nos tecidos representam o conteúdo destes nos alimentos ingeridos (REINITZ & YU, 1981; TACON & COWEY, 1985; LIE et al., 1988; THOMASSEN & ROSJO, 1989; ARZEL et al., 1994; FRACALOSSI & LOVELL, 1995; TAKEUCHI, 1997; JOBLING et al., 1998). O organismo pode fazer síntese de AG a partir de outros nutrientes como carboidratos e proteína, porém, necessita de dessaturases (enzima) que inserem insaturações entre os carbonos 3-4 e 6-7 da sua porção terminal (CURI et al., 2002).

Inúmeros estudos têm revelado a importância de lipídios dos peixes na alimentação humana, por se tratarem de uma fonte rica em ácidos graxos poliinsaturados (AGP), principalmente os da família ômega-3 (ω-3) (KINSELLA, 1981; GIBSON, 1983; HEARN et al., 1987; ACKMAN, 1989; WANG et al., 1990; MAYSER et al., 1998; KOLANOWSKI et al., 1999). Com isso, espécies de água doce podem ser recomendadas como alimento benéfico para a saúde humana, uma vez que pode-se enriquecer as dietas com AGP ω-3, a fim de produzir peixes com proporções ω-3/ω-6 adequadas à nutrição humana (SARGENT et al., 1989; STEFFENS, 1997). Esta proporção, quando equilibrada, tem grande importância, porque os AG ω-6 são precursores das prostaglandinas e leucotrienos, que regulam o metabolismo hormonal, incluindo a síntese de colesterol. No entanto, excesso de ω-6 na forma de ácido linoléico pode ser prejudicial à saúde, devido à produção excessiva destes precursores (POLLONIO, 2000).

Os AG essenciais afetam a fluidez, a flexibilidade e permeabilidade das membranas, e são precursores dos eicosanóides, que são necessários para manutenção da impermeabilidade da pele e estão envolvidos no transporte e metabolismo do colesterol (STEFFENS, 1997). Os AG ω-3 exercem efeitos na modulação imune e proteção do organismo. Isto foi mostrado, particularmente, para o ácido eicosapentanóico (EPA) e docosahexaenóico (DHA), contidos nos óleos de peixes e sua suplementação na alimentação com AG ω-3 promove a sobrevivência, acelera a recuperação de pacientes, e em doenças crônicas (KOCH & HELLER, 2005). Diversos estudos (PEZZATO, 1990; MACEDO – VIEGAS & CONTRERAS – GUZMAN,

1998; PORTELLA et al., 2000ab; ULIANA et al., 2001; MELO et al., 2002; MARTINO et al., 2002ab; VARGAS et al., 2005; LOSEKMAN et al., 2005; MARTINO et al., 2005) foram realizados com intuito de avaliar fontes lipídicas para peixes tropicais e/ou nativos. Estudos têm demonstrado (ABDEL-ATY MOHAMED, 1989; LI et al., 1994; FRACALOSSI & LOVELL, 1995; MANNING & LI, 2002) que diversas espécies de peixes alimentadas com dietas suplementadas com óleo de peixe apresentam aumento significativo na concentração de AG altamente insaturados da série ω-3.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a composição corporal, eficiência de retenção de nutrientes e o perfil de ácidos graxos e minerais em juvenis de pacu, alimentados com dietas contendo diferentes fontes lipídicas.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Laboratório de Nutrição de Organismos Aquáticos do Centro de Aqüicultura da UNESP – CAUNESP, em Jaboticabal, São Paulo, por período de 90 dias.

2.1. Material biológico e manejo

Foram utilizados 160 juvenis de pacu (*P. mesopotamicus*), divididos em dois blocos, com peixes de diferentes pesos médios: 15,4 ± 0,29 g e 22,46 ± 0,17 g. Estes foram distribuídos em 20 aquários (8 peixes/aquário) de 150 L, constituídos de caixas de cimento amianto, abastecidas com água proveniente de poço artesiano, com temperatura média de 28 °C. Os aquários eram dotados de oxigenação, através de assopradores e mangueiras flexíveis com pedra porosa na extremidade e, três vezes

por semana, as caixas eram sifonadas e limpas. Os parâmetros físico-químicos da água como temperatura, pH e oxigênio dissolvido foram monitorados diariamente.

Os peixes passaram por um período de adaptação de sete dias nos aquários experimentais, sendo submetidos à dieta básica peletizada contendo 26 % de proteína bruta (PB), antes de serem submetidos aos tratamentos.

Foram realizadas quatro biometrias (mensuração do peso e comprimento total), em que a primeira foi conduzida no início do experimento e as demais a cada 30 dias, durante o período experimental.

2.2. Dietas experimentais

Cinco dietas com diferentes fontes de lipídios constituíram os tratamentos (SS – sem adição de óleo; SJ – óleo de soja degomado; SA – óleo de salmão; GI – óleo de girassol; LI – óleo de linhaça) estudados (Tabela 1). Todas as dietas foram isoprotéicas (em torno de 25,98 % proteína bruta) e aquelas com adição de óleo foram isocalóricas (em torno de 4226 kcal/kg) entre si, enquanto que a dieta sem adição de óleo continha 4126 kcal/kg. Nas quatro dietas com adição foram adicionados 4,13 % de fontes lipídicas, totalizando 7,16 % de extrato etéreo (EE), sendo que 3,28 % EE foram oriundos dos outros ingredientes das dietas.

As rações foram preparadas pelo processo de peletização, no qual eram umedecidas (10 %) e peletizadas em moedor de carne CPM (California Pellet Mill). As dietas foram secas em estufa com circulação forçada de ar, por 12 horas a 55 °C e resfriadas à temperatura ambiente.

Tabela 1. Composição bromatológica das dietas experimentais.

Ingredientes	Dietas experimentais				
	SS	SJ	SA	GI	LI
Farinha de peixe (%)	12,04	12,04	12,04	12,04	12,04
Farelo de soja (%)	23,66	24,66	24,66	24,66	24,66
Milho (%)	30,50	25,67	25,67	25,67	25,67
Farelo de trigo (%)	14,80	14,50	14,50	14,50	14,50
Quirera arroz (%)	8,50	8,50	8,50	8,50	8,50
Levedura (%)	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00
Óleo (%)	0,00	4,13	4,13	4,13	4,13
Vitamina C (%)	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
Premix mineral e vitamínico (%)[1]	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Composição determinada dos nutrientes					
Matéria seca (%)	99,32	94,85	94,61	94,77	94,63
Energia bruta (kcal/kg)	4127	4267	4206	4176	4255
Proteína bruta (%)	26,86	26,83	25,96	25,44	25,61
Extrato étero (%)	3,28	7,19	7,12	7,25	7,09
Fibra bruta (%)	4,1	4,0	4,0	4,0	4,0
Matéria mineral (%)	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3

[1] Rovimix Peixe - Roche® (ingrediente/kg suplemento): Vitaminas: A=5000.000 UI, D3=200.000 UI, E=5.000 UI, K3=1.000 mg, B1 (tiamina)=1.500 mg, B2 (riboflavina)= 1.500 mg, B6 (piridoxina)= 1.500 mg, B12=4.000 mg, C=15.000 mg, Ácido Fólico=500 mg, Ácido Pantoténico=4.000 mg, B.H.T.= 12,25 g, Biotina=50 mg, Inositol=1.000 mg, Nicotinamida=7.000 mg, Colina=40 g, Cobalto=10 mg, Cobre=500 mg, Ferro=5000 mg, Iodo= 50 mg, Manganês=1.500 mg, Selênio= 10 mg, Zinco=5.000 mg, veículo q.s.p.=1.000 g.
SS = sem adição de óleo; SJ = óleo de soja degomado; AS = óleo de salmão; GI = óleo de girassol; LI = óleo de linhaça

2.3. Análise das dietas experimentais

As análises bromatológicas dos ingredientes e das rações experimentais foram realizadas no Laboratório de Nutrição de Organismos Aquáticos do CAUNESP/UNESP, em Jaboticabal – SP, e no Laboratório de Nutrição Animal da Embrapa Pecuária Sudeste, em São Carlos – SP, conforme metodologia descrita pela Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 1990). A determinação de energia bruta foi realizada através da queima da amostra (0,5 g) em bomba calorimétrica Parr (Parr

Instruments Company). Os teores de matéria seca (MS) foram determinados pela secagem das amostras em estufa a 105 °C, por 16 horas. Os teores de proteína bruta (PB) foram determinados em função do conteúdo de nitrogênio total, obtido pelo método micro-Kjeldahl, no qual os resultados foram multiplicados pelo fator 6,25. As cinzas foram determinadas através da queima das amostras em forno mufla a 600 °C, durante 4 horas.

Os teores de fibra bruta foram determinados em analisador de fibra (ANKOM 220), utilizando 0,5 g de amostra em filtros de polipropileno (TNT – Tecido Não Tecido) confeccionados no laboratório. As amostras pré-secas foram digeridas em solução ácida (0,1 mol L^{-1} H_2SO_4) e básica (0,3 mol L^{-1} NaOH) durante 45 minutos em cada digestão. O teor de gordura foi determinado pela extração de lipídios totais em solução de clorofórmio-metanol (1:1 v/v), conforme metodologia adaptada dos procedimentos de BLIGH & DYER (1959).

2.4. Avaliação da composição corporal

Vinte e quatro juvenis de pacu (*P. mesopotamicus*) aclimatados, amostrados no início do experimento, foram sacrificados e utilizados para estudo da eficiência de utilização de nutrientes, assim como para determinação dos parâmetros de composição corporal. No final do experimento, três peixes de cada parcela foram sacrificados. Os peixes permaneceram em jejum por 24 horas para o esvaziamento do trato digestório e após a última biometria, três peixes de cada parcela foram anestesiados com benzocaína (100 mg/L de água), imersos em gelos e mantidos sob congelamento. Estes peixes foram moídos em microprocessador e as amostras secas em liofilizador (Savant Modulate - Freezer Dryer), durante três dias, para a determinação posterior da matéria seca, energia bruta, proteína bruta, lipídios totais (AOAC, 1990).

Os dados obtidos nestas análises foram utilizados para a determinação dos seguintes parâmetros:

a) Eficiência de retenção de proteína (ERP)

Este parâmetro relaciona a proteína retida na composição corporal dos peixes e o ingerido com a dieta e foi determinado de acordo com a seguinte fórmula:

$$ERP = \frac{(Bf \times f) - (Bi \times i)}{BI} \times 100$$

em que:

PBf e PBi = teores (%) médios de proteína corporal dos peixes ao final e ao início do experimento, respectivamente;

Pf e Pi = pesos (g) médios dos peixes na parcela, ao final e início do experimento;

PBI = quantidade (g) ingerida de proteína durante o período experimental.

b) Eficiência de retenção de lipídios totais (ERLT)

Este parâmetro relaciona os lipídios totais retidos pelo peixe e os ingeridos com a dieta e foi determinado de acordo com a seguinte fórmula:

$$ERLT = \frac{(Lf \times f) - (Li \times i)}{LI} \times 100$$

em que:

LTf e LTi = teores (%) médios de proteína corporal dos peixes ao final e ao início do experimento, respectivamente;

Pf e Pi = pesos (g) médios dos peixes na parcela, ao final e início do experimento;

LTI = quantidade (g) ingerida de proteína durante o período experimental.

c) Porcentagem de proteína no ganho em peso (PGP) e porcentagem de lipídios totais no ganho em peso (LTGP)

Estes dois parâmetros foram calculados para cada parcela, relacionando a quantidade de proteína, ou de gordura, fixada nos peixes e o valor médio de ganho em peso, segundo as fórmulas:

$$PGP\,\%\,(\quad) = \frac{(\exists f \times f\ ) - (\exists I \times i\ )}{f\ - i} \times 100$$

em que:

Pf e Pi = pesos (g) médios dos peixes da parcela no final e início do experimento, respectivamente;

PBf e PBi = teores (%) médios de proteína corporal dos peixes ao final e início do experimento, respectivamente.

$$LTGP\,\%\,(\quad) = \frac{(f \times f\ ) - (I \times i\ )}{f\ - i} \times 100$$

em que:

Pf e Pi = pesos (g) médios dos peixes da parcela ao final e início do experimento, respectivamente;

Gf e Gi = teores (%) médios de gordura corporal dos peixes ao final e início do experimento, respectivamente.

2.5. Comparação dos métodos para determinação de lipídios totais

Foram realizados dois ensaios para avaliação dos métodos de preparo e de determinação de lipídios totais nas amostras de peixes e rações. No primeiro, quatro rações para pacu, contendo diferentes fontes de óleos (A = sem adição de óleo, B = óleo de girassol, C = óleo de linhaça, D = óleo de peixe), foram analisadas quanto a seus teores de lipídios, empregando dois métodos de extração: à frio segundo BLIGH & DYER (1959) e à quente em extrator Soxhlet (AOAC, 1990).

No primeiro método, as amostras (3-5 g) foram transferidas para erlenmeyer e misturadas a 10 mL de clorofórmio, 20 mL de metanol e 8 mL de água destilada. Em seguida, essa mistura foi agitada em agitador rotativo por 30 min, após os quais, foram adicionados 10 mL de clorofórmio e 10 mL de sulfato de sódio (1,5 % m/v), seguindo-se agitação vigorosa por 2 minutos. O conteúdo foi filtrado e a fase líquida foi transferida para béquer previamente pesado. Duas fases (orgânica e aquosa) foram formadas. A fase aquosa foi descartada e a fase orgânica seca em estufa a 55 °C, com circulação forçada de ar, por 12 horas, para obtenção da matéria graxa total. Após resfriadas em dessecador, as amostras foram pesadas para determinação do teor de lipídios totais, em porcentagem, com o seguinte cálculo:

$$\%\ \text{lipídios totais} = \frac{\text{peso lipídio (g)} \times 100}{\text{peso amostra (g)}}$$

O segundo método foi realizado através da pesagem da amostra (0,5 g) em cartuchos, os quais foram colocados em balões de destilação do extrator Soxhlet contendo éter de petróleo. A extração ocorreu sob aquecimento e refluxo por 5 horas. Os cálculos para determinação dos teores de lipídios foram realizados com a seguinte fórmula: Peso do balão + óleo – peso do balão = peso do óleo, o resultado foi utilizado na fórmula para lipídios totais, previamente citada.

No segundo ensaio, com o intuito de avaliar o melhor processo para preparo das amostras para a determinação de lipídios totais, foram utilizados filés e carcaças de peixes, pré-moídos em microprocessador e separados em partes para posterior liofilização ou utilização "*in natura*" (amostra representativa), usando a metodologia segundo BLIGH & DYER (1959), previamente descrita.

2.6. Extração e teor de lipídios totais

Na extração de lipídios totais das amostras de carcaça e filé de peixes (sem escamas e pele) liofilizados, assim como das dietas experimentais, foi empregado o método de BLIGH & DYER (1959), considerando as proporções recomendadas entre os solventes (metanol, clorofórmio e água destilada).

2.7. Transesterificação dos lipídios em ésteres metílicos

Como ácidos graxos são compostos não voláteis, estes precisam ser modificados a fim de se tornar possível sua determinação por cromatografia gasosa, na qual os componentes de interesse são volatilizados durante a análise. Um método apropriado para transformar os AG em compostos voláteis é a transesterificação dos lipídios em seus ésteres metílicos. A cada 100 mg de lipídios resultantes da extração das amostras de filé e de peixe inteiro, foi adicionado 1 mL de heptano. Essa mistura foi homogeneizada e 2 mL desta foram agitados com 2 mL de solução 2 mol L^{-1} KOH em metanol, por 5 minutos e deixada em repouso. Duas fases foram formadas e a superior, contendo os ésteres metílicos, foi retirada e armazenada em congelador para posterior determinação de AG.

2.8. Determinação de ácidos graxos

As análises para determinação de AG dos óleos, das dietas experimentais, filé e carcaça de pacu foram conduzidas no Laboratório de Bioquímica de Microrganismos e Plantas do Departamento de Tecnologia da UNESP, em Jaboticabal, São Paulo. Nestas, empregou-se cromatógrafo a gás (Shimadzu, modelo GC – 14B), com detector de ionização de chama e coluna capilar de polietileno glicol de dimensões 30 m × 0,25 mm, 0,25 µm (Omegawax 250). As vazões dos gases de arraste e auxiliar (nitrogênio) foram ajustadas para promover maior sensibilidade e reduzir possíveis interferências. O sistema de injeção da amostra foi em modo "split" em uma razão definida após apropriados ajustes. O volume de injeção da amostra foi 0,5 µL. O aquecimento da coluna seguiu o programa: 100 °C por 2 minutos, com taxa de 4 °C/min até atingir 240 °C. As temperaturas do injetor e detector foram 250 °C e 280 °C, respectivamente. As curvas analíticas de calibração foram obtidas com solução-padrão mista de ésteres metílicos dos AG investigados (SUPELCO, 37 components FAME mix).

A identificação dos picos foi obtida através de comparação entre os tempos de retenção das amostras e os padrões. A quantificação dos AG foi realizada com base na área dos picos.

2.9. Delineamento experimental e análise estatística

O delineamento utilizado no ensaio de composição foi em blocos casualizados, com 5 tratamentos, 2 blocos (classe de tamanho) e 2 repetições (dos tratamentos por bloco). Vinte caixas, contendo 8 peixes cada, constituíram as unidades experimentais.

O programa SAS v. 8.0 (SAS, 2001) foi empregado na análise estatística dos dados, no qual as médias foram comparadas pelo teste de Tukey (5 %).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Avaliação da composição corporal

Os resultados de composição corporal de juvenis de pacu no início e final do período experimental estão apresentados na Tabela 2. Não houve diferença ($P > 0,05$) entre os tratamentos com relação à proteína bruta, lipídios totais e umidade. Observa-se que houve decréscimo no conteúdo de água e nos teores de proteína bruta quando comparados os dados do início com os do final do experimento. Observou-se, ainda, que ocorreu uma relação inversa entre o conteúdo de água (umidade) e o teor de lipídios nas carcaças ao final do experimento, ou seja, peixes com menores quantidades de umidade corresponderam a amostras com maiores teores de lipídios. Esse decréscimo na umidade é explicado pelo fato de que os peixes diminuem o conteúdo de água com o aumento da idade, com menores alterações nos teores de proteína (PAPOUTSOGLOU & PAPAPARASKEVA-PAPOUTSOGLOU, 1978). É possível afirmar que houve decréscimo nos teores de umidade e de PB corporal e maior acúmulo de gordura na carcaça em todos os tratamentos, visto que o pacu é um peixe que acumula gordura. Provavelmente, este resultado seja decorrente do excesso de algum nutriente que possa ter sido transformado em gordura de reserva. Caso semelhante ocorreu nos estudos de MACEDO-VIEGAS & CONTRERAS-GUZMAN (1998) ao investigarem o efeito de fontes (óleos de palma, milho, DDOS – destilado da desodorização de óleo de soja) e níveis de lipídios na dieta sobre a composição corporal de tambaqui. Neste, os tratamentos não influenciaram a composição corporal das carcaças de peixes, o mesmo ocorrido em trabalho (MELO et al., 2002) com juvenis de jundiá em que diferentes fontes lipídicas (óleo de canola, óleo de fígado de bacalhau e banha suína) não proporcionaram variação nos resultados de composição corporal.

Tabela 2. Valores médios da composição corporal de carcaça de juvenis de pacu.

Estatística	Umidade	Proteína bruta	Lipídios Totais
F para bloco	$1,38^{NS}$	$0,62^{NS}$	$0,80^{NS}$
F para tratamento	$1,00^{NS}$	$1,00^{NS}$	$0,87^{NS}$
CV (%)	3,74	6,51	10,7
Composição inicial	71,89 ± 0,99	57,04 ± 0,56	13,46 ± 0,53
Média da composição final	(%)	(%)	(%)
Sem adição de óleo	68,74 ± 0,81	51,53 ± 1,54	23,01 ± 0,91
Óleo de soja degomado	65,26 ± 0,33	49,93 ± 2,27	23,19 ± 1,91
Óleo de salmão	66,81 ± 1,55	48,74 ± 1,02	21,28 ± 3,82
Óleo de girassol	67,18 ± 0,29	51,66 ± 5,01	28,78 ± 3,38
Óleo de linhaça	66,58 ± 1,41	49,18 ± 4,14	22,81 ± 1,62

* valores expressos em matéria seca.

3.2 Eficiência de retenção de nutrientes

Os resultados de retenção de nutrientes em juvenis de pacu, no período de 90 dias, estão apresentados na Tabela 3. Não houve diferença significativa para os parâmetros eficiência de retenção de proteína, eficiência de retenção de lipídios totais, proporção de proteína no ganho em peso e proporção de lipídios totais no ganho em peso. Pode-se afirmar que não houve expressivo efeito poupador da proteína com a suplementação das diferentes fontes de lipídios. Portanto, os resultados demonstraram que a fonte lipídica não interferiu na eficiência de retenção de proteína e lipídios em juvenis de pacu. Estes resultados estão de acordo com achados de FRANCIS et al. (2006) onde os óleos vegetais não interferiram no teor e retenção de nutrientes para bacalhau (*Maccullochella peelii peelii*), somente na composição de AG no filé.

Tabela 3. Valores médios da eficiência de utilização de nutrientes.

Estatísticas	ERP	ERLT	PGP	LTGP
Valores de F	(%)	(%)	(%)	(%)
Bloco	$0,23^{NS}$	$1,13^{NS}$	$4,87^{NS}$	$1,27^{NS}$
Tratamento	$4,86^{NS}$	$1,11^{NS}$	$0,35^{NS}$	$0,24^{NS}$
CV (%)	0,36	9,17	11,8	20,1
Médias				
Sem adição de óleo	25,68 ± 2,35	20,37 ± 3,85	25,54 ± 2,37	11,43 ± 1,08
Óleo de soja degomado	26,71 ± 1,60	19,53 ± 1,51	26,90 ± 1,67	12,42 ± 1,74
Óleo de salmão	27,35 ± 2,66	18,20 ± 2,76	27,24 ± 2,65	11,78 ± 1,20
Óleo de girasol	26,74 ± 6,16	18,47 ± 2,05	27,23 ± 5,57	10,88 ± 3,87
Óleo de linhaça	25,49 ± 2,23	19,93 ± 1,54	25,37 ± 2,23	11,92 ± 2,36

ERP= eficiência de retenção de proteína, ERLT= eficiência de retenção de lipídios totais; PGP=proporção de proteína no ganho em peso; LTGP= proporção de lipídios totais no ganho em peso; ns = não significativo.

3.3. Comparação dos métodos para determinação de lipídios totais

Para os testes de avaliação do método de extração, os resultados estão apresentados na Tabela 4. Os teores obtidos pelos dois métodos não apresentaram diferenças significativas (P > 0,05) entre os processos de extração.

Tabela 4. Avaliação de métodos de extração de lipídios em rações suplementadas com diferentes fontes de óleo.

Métodos	% de lipídios da ração			
	A	B	C	D
Extração à frio	3,62 ± 0,38	7,16 ± 0,55	7,23 ± 0,01	7,13 ± 0,07
Extração à quente	3,30 ± 0,05	7,58 ± 1,01	7,64 ± 0,21	7,49 ± 0,02
CV (%)	8,01	11,1	2,06	3,58

A = sem adição de óleo, B = óleo de girassol, C = óleo de linhaça, D = óleo de peixe.

Observou-se que, numericamente, os teores de lipídios determinados no método Soxhlet foram maiores do que os encontrados por extração à frio quando os valores foram em torno de 7 %, exceto para a ração A que apresentou menores valores. Na

extração à quente, além da gordura, outras substâncias (como pigmentos) podem ser extraídas com o éter de petróleo. É por esta razão que a análise é denominada “Extrato Etéreo”, pois representa a determinação de todos os componentes extraíveis em éter (SILVA & QUEIROZ, 2002). Com base nestes resultados, podemos dizer que os dois métodos são, em geral, eficientes para serem utilizados para a extração de gordura. No entanto, a escolha do método será importante quando análises posteriores são conduzidas com a gordura extraída, como por exemplo, a determinação de AG. Neste caso, o método à frio é mais recomendado, pois garante a integridade dos lipídios, sem que haja possíveis alterações em sua composição química promovidas pelo aquecimento.

Os resultados dos procedimentos de preparo de amostras para a determinação de lipídios totais em amostras teciduais de juvenis de pacu estão apresentados na Tabela 5. Os teores de lipídios das amostras de peixe inteiro não variaram em função da amostra ser ou não liofilizada. No entanto, para amostras de filé foi observada diferença significativa entre os métodos de preparo utilizados, onde as amostras secas por liofilização apresentaram teores duas vezes maiores do que o material “*in natura*”. A determinação de lipídios em amostras sem secagem prévia pode apresentar interferências da água contida na amostra, por efeito da diluição dos reagentes empregados que, consequentemente, podem ter seus efeitos alterados na extração da gordura. Como o teor de água nas amostras testadas era em torno de 70 %, este efeito pôde ser observado. De acordo com os resultados das amostras de filé, pode-se concluir que a extração de gordura foi, significativamente, comprometida pela presença de água, uma vez que estas amostras apresentaram menores teores de lipídios. No entanto, nas amostras de peixe inteiro, onde o teor de lipídios é maior (em torno de 20 %) a presença de água parece não ter influenciado a eficiência de extração. A influência da presença de água parece variar com o teor de gordura da amostra. Portanto, na escolha do método de preparo de amostra para determinação de gordura, deve-se considerar o conteúdo de água e o teor esperado de gordura.

Tabela 5. Comparação dos teores (%) de lipídios determinados em amostras de peixes "*in natura*" ou liofilizadas

Amostras	Filé de peixe	Peixe inteiro
"*In natura*"	3,98 ± 0,14 B	20,89 ± 0,01 A
Liofilizada	7,98 ± 0,14 A	18,82 ± 0,75 A
CV (%)	2,37	2,68

3.4. Perfil de ácidos graxos corporais

Os resultados da composição de AG das fontes lipídicas e dietas estão apresentados na Tabela 6 e 7. Observa-se que os teores de lipídios da dieta SJ, SA, GI e LI são 2,3 maiores do que SS, indicando que os animais alimentados com dietas suplementadas com óleo consumiram 2,3 vezes mais lipídios/g de ração que os animais alimentados com a dieta SS. Conteúdos majoritários de AG nas dietas foram encontrados da seguinte forma: C18:2ω-6 em GI e SJ; C18:3ω-3 para Li; e ω-3 EPA e DHA na dieta SA. No entanto, a dieta SS apresentou maiores conteúdos de AGM. Maiores teores de AGS foram encontrados para as dietas SA e SS.

Os resultados do perfil de AG do filé de pacu (Tabela 8) refletiram o perfil de AG das dietas (Tabela 7). Observa-se que o conteúdo do C18:0 foi, estatisticamente, semelhante em todos os tratamentos, assim como nas amostras iniciais de filé. Os óleos vegetais reduziram o conteúdo de EPA e DHA (nos tratamentos SS, SJ e GI) nos filés, porém aumentou o conteúdo de C18:2ω6c (na dieta SJ e GI) e C18:3ω3 (LI). O óleo de peixe aumentou os teores de ω-3 EPA e DHA. O EPA é um AG conhecido pela importância na saúde humana, como um fator potente hipotrigliceridêmico (FROY-LAND et al., 1997) e é mais efetivo do que o DHA na inibição de agregações das plaquetas (BENISTANT et al., 1993). O consumo de EPA e DHA contidos nos peixes previne nascimento prematuro e peso baixo de recém-nascidos (OLSEN & SECHER, 2002), desenvolvimento de depressão, esquizofrenia e desordem relacionada à desatenção (SMALL, 2002) e também reduz o risco de doenças cardiovasculares

(ALBERT et al., 2002; ROSENBERG, 2002). A ingestão desses ácidos graxos exerce efeito anti-arrítmico e reduz a agregação de plaquetas e níveis de triacilglicerídeos no sangue (HU et al., 2002). Organizações de saúde de vários países recomendam a ingestão diária de 1,2 a 2 g por dia de ácidos graxos altamente insaturados, da família ω-3, para reduzir doenças cardiovasculares em função do sexo, idade e hábito alimentar do paciente.

Tabela 6. Perfil de ácidos graxos das fontes lipídicas

AG	Óleo			
	Soja degomado	Salmão	Girassol	Linhaça
	(%)			
C14:0	0,18 ± 0,01	6,69 ± 0,17	nd	0,14 ± 0,02
C15:0	nd	0,58 ± 0,03	nd	nd
C16:0	14,8 ± 0,79	20,5 ± 0,09	9,03 ± 1,01	8,16 ± 0,69
C16:1	0,38 ± 0,02	7,95 ± 0,29	0,28 ± 0,02	0,34 ± 0,02
C17:0	nd	0,45 ± 0,03	nd	nd
C17:1	nd	0,48 ± 0,02	nd	nd
C18:0	4,77 ± 0,44	5,33 ± 0,02	4,37 ± 0,01	5,07 ± 0,01
C18:1ω9c	25,3 ± 1,01	22,8 ± 0,63	26,7 ± 0,18	21,2 ± 0,51
C18:2ω6c	47,3 ± 2,01	11,3 ± 0,59	56,7 ± 0,63	15,9 ± 0,25
C18:3ω3	5,27 ± 0,16	2,08 ± 0,12	1,27 ± 0,06	47,9 ± 1,62
C20:0	0,32 ± 0,02	nd	nd	0,15 ± 0,01
C20:1ω9	0,19 ± 0,01	2,04 ± 0,04	nd	0,18 ± 0,01
C20:3ω6	nd	0,35 ± 0,04	nd	nd
C20:3ω3	0,94 ± 0,06	1,95 ± 0,13	0,91 ± 0,07	0,48 ± 0,02
C20:5ω3	nd	7,09 ± 0,20	nd	0,15 ± 0,02
C22:0	0,26 ± 0,01	0,54 ± 0,03	0,39 ± 0,02	0,14 ± 0,03
C22:6ω3	0,27 ± 0,01	9,49 ± 0,50	0,31 ± 0,04	0,32 ± 0,07
C21:0	nd	0,27 ± 0,02	nd	nd
∑ ω-3	6,48 ± 0,24	20,6 ± 0,54	2,49 ± 0,17	48,8 ± 1,52
∑ ω-6	47,3 ± 2,01	11,6 ± 0,55	56,7 ± 0,63	15,9 ± 0,25
AGS	20,3 ± 1,20	34,4 ± 0,17	13,8 ± 1,02	13,6 ± 0,71
AGM	25,9 ± 1,04	33,3 ± 0,98	26,9 ± 0,21	21,7 ± 0,52
AGP	53,8 ± 2,25	32,3 ± 1,09	59,2 ± 0,80	64,7 ± 1,27
AGI	79,6 ± 1,21	65,5 ± 0,11	86,2 ± 1,00	86,5 ± 0,74
ω-3/ω-6	0,14 ± 0,01	1,76 ± 0,04	0,04 ± 0,01	3,08 ± 0,14

n = 2; AG = ácidos graxos, AGS=ácidos graxos saturados; AGP = ácidos graxos poliinsaturados; AGM = ácidos graxos monoinsaturados; AGI = ácidos graxos insaturados; nd = não detectado

Esta redução do conteúdo de AG altamente insaturados foi observada no estudo de substituição de óleo de peixe por óleos vegetais para “seabream” (*Sparus aurata*), onde IZQUIERDO et al. (2005) observaram que óleos vegetais reduziram o conteúdo de DHA e ácido araquidônico (ARA) no filé em menores proporções do que ocorreu com o EPA, para o qual a redução foi mais acentuada. Também concluíram que a realimentação por 60 dias com óleo de peixe recupera o conteúdo de DHA e ARA, o que não ocorreu com os teores de EPA, os quais não foram totalmente recuperados. Alguns estudos (ABDEL-ATY MOHAMED, 1989; LI et. al., 1994; FRACALOSSI & LOVELL, 1995; MANNING & LI, 2002) têm demonstrado que diversas espécies de peixes alimentados com dietas suplementadas com óleo de peixe têm aumento significativo na concentração de ω -3 HUFA.

Observa-se (Tabela 8) que os animais alimentados com a dieta LI apresentaram elevado teor de ácido linolênico (C18:3ω3), o qual foi 69,01 % superior ao segundo melhor resultado deste AG para os tratamentos. Além disso, a dieta LI proporcionou maior concentração de AGI e proporção de ω-3/ω-6 no filé. Estas proporções elevadas são favoráveis para alimentação humana por serem relacionados à melhor qualidade de carne em função do perfil de AG, pois possui grande porção de AG benéficos à saúde humana. Segundo STEFFENS (1997), a proporção elevada de ω-3/ω-6 é importante para o metabolismo humano, pois estabelece equilíbrio na produção de eicosanóides, os quais são compostos que têm efeito modulador do sistema imunológico, tanto estimulador como supressor, e são sintetizados a partir do ácido linoléico (C18:2ω6). Sabe-se que produção excessiva de eicosanóides pode desencadear uma série de desordens na saúde. O aumento de AG ω-3 provoca uma competição entre ω-6 que, consequentemente, diminui a formação de eicosanóides. Vários autores (JOUVEN et al., 2001; LEAF, 2001) alegam que níveis altos de AG ω-6 presentes na maioria dos óleos vegetais e o desbalanço na gordura da dieta de ω-3/ω-6 induzem arritmia que, conseqüentemente, origina ataque do coração.

O aumento dos teores de AG, em função fonte lipídica utilizada na dieta, foi observado em estudo com bacalhau (*Maccullochella peelii peelii*), onde FRANCIS et al.,

(2006), mostrou que a composição de AG no filé foi refletida pela fonte de lipídios da dieta, na qual peixes alimentados com diferentes óleos apresentaram altas concentrações de C20:5ω3, C20:4ω6 e C22:6ω3 (óleo de peixe), ácido oléico (óleo de canola) e ácido linolênico (óleo de linhaça) no filé.

Tabela 7. Perfil de ácidos graxos das dietas experimentais

	Dietas experimentais				
	SS	SJ	SA	GI	LI
Lipídios totais (%)[1]	3,28	7,19	7,12	7,25	7,09
AG			(%)		
C14:0	4,61 ± 0,40	1,65 ± 0,06	3,79 ± 0,23	0,57 ± 0,01	0,74 ± 0,02
C15:0	nd	nd	0,42 ± 0,00	0,17 ± 0,01	nd
C16:0	18,9 ± 0,27	17,9 ± 0,83	20,0 ± 0,45	13,6 ± 0,25	15,9 ± 0,88
C16:1	3,47± 0,28	1,64 ± 0,04	5,44 ± 0,04	1,40 ± 0,06	1,89 ± 0,11
C17:0	nd	nd	0,44 ± 0,04	0,30 ± 0,01	nd
C17:1	nd	nd	0,20 ± 0,01	nd	nd
C18:0	6,06 ± 0,60	5,05 ± 0,67	4,99 ± 0,01	4,28 ± 0,48	5,68 ± 0,31
C18:1ω9c	31,4 ± 0,56	25,4 ± 0,77	23,9 ± 0,20	25,1 ± 0,67	26,0 ± 0,59
C18:2ω6c	28,0 ± 0,70	41,0 ± 0,68	21,6 ± 0,29	45,1 ± 1,47	25,3 ± 0,03
C18:3ω6	0,76 ± 0,04	nd	nd	0,99 ± 0,04	nd
C18:3ω3	1,62 ± 0,05	3,74 ± 0,21	2,49 ± 0,02	2,97 ± 0,05	22,5 ± 1,83
C20:0	nd	0,44 ± 0,02	0,32 ± 0,01	nd	nd
C20:1ω9	nd	0,41 ± 0,02	1,84 ± 0,04	0,55 ± 0,02	nd
C20:2	nd	0,43 ± 0,02	0,55 ± 0,01	1,93 ± 0,06	0,34 ± 0,01
C20:3ω6	nd	nd	0,54 ± 0,01	nd	nd
C20:3ω3	3,54 ± 0,19	1,25 ± 0,02	1,70 ± 0,04	1,52 ± 0,02	0,55 ± 0,01
C20:5ω3	nd	nd	4,14 ± 0,11	nd	nd
C22:0	nd	0,37 ± 0,01	nd	nd	nd
C22:6n3	1,56 ± 0,15	0,62 ± 0,02	7,67 ± 0,36	1,54 ± 0,01	1,26 ± 0,06
∑ ω-3	6,72 ± 0,29	5,61 ± 0,17	16,0 ± 0,48	6,03 ± 0,05	24,3 ± 1,89
∑ ω-6	28,8 ± 0,74	41,0 ± 0,68	22,1 ± 0,28	46,1 ± 1,51	25,3 ± 0,03
AGS	29,6 ± 0,73	25,4 ± 0,20	29,9 ± 0,65	18,9 ± 0,73	22,3 ± 1,17
AGP	35,5 ± 0,45	47,0 ± 0,49	38,7 ± 0,77	54,0 ± 1,49	49,9 ± 1,87
AGM	34,9 ± 0,27	27,5 ± 0,71	31,4 ± 0,12	27,2 ± 0,76	27,9 ± 0,71
AGI	70,3 ± 0,73	74,5 ± 0,20	70,1 ± 0,64	81,1 ± 0,80	77,8 ± 1,15
ω-3/ω-6	0,23 ± 0,02	0,14 ± 0,01	0,72 ± 0,01	0,13 ± 0,01	0,96 ± 0,08

n = 2; AGS = ácidos graxos saturados; AGP = ácidos graxos poliinsaturados; AGM = ácidos graxos monoinsaturados; AGI = ácidos graxos insaturados; nd = não detectado; [1] valores expresso em matéria seca.

Comparando-se os resultados de perfil de AG das amostras de filé de peixes com aqueles do início (Tabela 8), podemos observar que houve um decréscimo na concentração de AG ω-3, exceto para o tratamento SA e LI, em que não observou-se variação para SA e aumento de 39,52 % para LI. Com relação à proporção AG ω-6, observou-se elevação da concentração no filé nos tratamentos SJ e GI da ordem de

33,12 e 43,12 %, respectivamente, e decréscimo nos teores para os demais tratamentos. Por outro lado, os teores de AGS foram semelhantes aos encontrados nos peixes no início do experimento e inferiores para as demais dietas. Teores de AGP de amostras iniciais e amostras no final do experimento para os tratamentos GI e LI foram semelhantes entre si e inferiores para os demais tratamentos. Com relação aos AGM, foram encontrados aumento no conteúdo de 26,83 e 10,36 nos tratamentos SS e AS respectivamente, exceto para as demais dietas, as quais apresentaram teores semelhantes ao inicial. Segundo FUENTES et al. (2001), a elevação de AGM na dieta de humanos aumenta a vasodilatação do endotélio em homens hipercolesterolêmico, reduzindo o colesterol LDL e prevenindo a aterosclerose. Entretanto, para os teores de AGI foram observados aumentos de 6,41 e 5,59 % para os tratamentos GI e LI, enquanto as proporções de ω-3/ω-6 apresentaram aumento de 55,84 % para o tratamento LI.

Os teores de perfil de AG da carcaça de pacu estão apresentados na Tabela 9. Podemos observar que melhores resultados para somatória de AG ω-3, AGI e proporção de ω-3/ω-6 foram encontrados para carcaça dos animais alimentados com a dieta LI. A dieta SS proporcionou maior concentração de AGS e AGM, e maior concentração de ω-6 e AGP foram encontrados o tratamento GI. A dieta AS apresentou maiores concentrações de EPA e DHA. A composição de AG da carcaça é reflexo da fonte utilizada. Isto foi demonstrado na carne de robalo (*Dicentrarchus labrax*) que refletiu a composição de AG da dieta, no qual o conteúdo de ácidos graxos altamente insaturados foi reduzido para 45 % em peixes alimentados com 60 % de substituição de óleo de peixe por óleo de colza, linhaça e soja e 80 % de óleo de linhaça (MONTERO et al., 2005).

Em estudos com alevinos de surubim (*Pseudoplatystoma coruscans*), onde diferentes fontes lipídicas de origem animal e vegetal foram incluídas na dieta (gordura de suíno, óleo de soja, linhaça e milho), MARTINO et al. (2002) observaram que os peixes alimentados com dietas contendo óleo de milho ou de soja apresentaram maiores níveis de AG ω-6 na carcaça, e os que se alimentaram com dietas com óleo de linhaça mostraram maiores níveis de AGP ω-3.

Tabela 8. Perfil de ácidos graxos do filé do pacu alimentados com dietas contendo diferentes fontes lipídicas

	Inicial	SS	SJ	SA	GI	LI
Lipídios totais (%)[1]	4,53 ± 0,90	6,48 ± 0,04	7,05 ± 1,07	7,95 ± 0,68	7,28 ± 1,67	7,04 ± 1,67
AG				(%)		
C14:0	1,85 ± 0,21	2,62 ± 0,25 B	1,91 ± 0,05 C	3,27 ± 0,11 A	1,99 ± 0,17 C	1,93 ± 0,07 C
C14:1	nd	nd	0,09 ± 0,01 B	0,14 ± 0,01 A	0,11 ± 0,01 AB	0,12 ± 0,01 AB
C15:0	nd	nd	0,12 ± 0,01 B	0,25 ± 0,01 A	0,13 ± 0,01 B	0,13 ± 0,01 B
C16:0	25,6 ± 1,73	27,6 ± 0,67 A	25,8 ± 0,31 AB	25,0 ± 0,24 B	21,1 ± 0,92 C	22,7 ± 0,06 C
C16:1	2,96 ± 0,20	6,26 ± 0,21 A	3,20 ± 0,17 B	5,74 ± 0,51 A	3,45 ± 0,04 B	3,64 ± 0,18 B
C17:0	nd	nd	0,22 ± 0,01 AB	0,30 ± 0,04 A	0,20 ± 0,01 B	0,22 ± 0,01 AB
C17:1	nd	nd	0,10 ± 0,01 A	nd	nd	0,11 ± 0,01 A
C18:0	10,4 ± 0,03	9,20 ± 0,04 A	11,5 ± 0,05 A	9,23 ± 1,38 A	9,92 ± 0,73 A	10,5 ± 0,97 A
C18:1ω9c	29,8 ± 0,70	34,7 ± 2,57 A	27,6 ± 0,04 B	29,3 ± 1,51 B	29,6 ± 0,20 AB	28,2 ± 0,09 B
C18:2ω6c	16,0 ± 0,01	10,2 ± 0,33 C	20,3 ± 0,09 A	12,9 ± 0,07 BC	21,9 ± 1,55 A	13,4 ± 0,13 B
C18:3ω6	nd	0,21 ± 0,01 B	0,38 ± 0,01 A	nd	0,46 ± 0,08 A	0,17 ± 0,01 B
C18:3ω3	2,83 ± 0,59	1,01 ± 0,23 C	1,57 ± 0,01 C	1,13 ± 0,37 C	3,44 ± 0,09 B	11,1 ± 0,43 A
C20:0	nd	nd	0,19 ± 0,01 A	nd	nd	0,15 ± 0,03 A
C20:1ω9	nd	0,65 ± 0,03 AB	0,55 ± 0,01 B	1,00 ± 0,22 A	0,57 ± 0,03 B	0,54 ± 0,01 B
C20:2	nd	0,42 ± 0,14 AB	0,14 ± 0,01 C	0,43 ± 0,01 AB	0,62 ± 0,03 A	0,17 ± 0,03 BC
C20:3ω6	nd	0,82 ± 0,07 A	0,51 ± 0,01 B	0,50 ± 0,11 B	0,53 ± 0,01 B	0,37 ± 0,01 B
C20:3ω3	6,26 ± 0,39	3,35 ± 0,46 A	2,67 ± 0,03 AB	1,38 ± 0,12 C	3,16 ± 0,22 A	1,67 ± 0,08 BC
C20:4ω6	nd	nd	0,07 ± 0,01 B	nd	nd	0,38 ± 0,03 A
C20:5ω3	1,12 ± 0,36	0,22 ± 0,02 C	0,21 ± 0,01 C	2,07 ± 0,19 A	0,37 ± 0,02 C	0,96 ± 0,01 B
C22:0	nd	nd	0,09 ± 0,01 A	nd	nd	nd
C22:6ω3	3,20 ± 0,11	1,63 ± 0,29 BC	1,47 ± 0,02 C	6,81 ± 1,09 A	1,18 ± 0,10 C	3,57 ± 0,07 B
C21:0	nd	1,00 ± 0,13 B	1,23 ± 0,01 AB	0,48 ± 0,02 C	1,27 ± 0,04 A	nd
∑ ω-3	13,4 ± 1,46	6,21 ± 1,01 C	5,92 ± 0,05 C	11,4 ± 0,73 B	8,15 ± 0,05 C	17,3 ± 0,44 A
∑ ω-6	16,0 ± 0,01	11,3 ± 0,41 B	21,3 ± 0,11 A	13,4 ± 0,04 B	22,9 ± 1,66 A	14,3 ± 0,16 B
AGS	37,9 ± 1,97	40,4 ± 1,10 A	41,1 ± 0,30 A	38,5 ± 1,06 AB	34,6 ± 1,85 C	35,6 ± 0,93 BC
AGM	32,8 ± 0,51	41,6 ± 2,40 A	31,6 ± 0,14 B	36,2 ± 1,83 A	33,7 ± 0,13 B	32,6 ± 0,30 B
AGP	29,4 ± 1,46	17,9 ± 0,17 C	27,3 ± 0,17 B	25,2 ± 0,79 B	31,6 ± 1,67 A	31,8 ± 0,63 A
AGI	62,2 ± 1,97	59,5 ± 0,31 B	58,9 ± 0,31 B	61,4 ± 1,05 AB	65,3 ± 1,84 A	64,4 ± 0,90 A
ω-3/ω-6	0,77 ± 0,09	0,54 ± 0,07 C	0,27 ± 0,01 D	0,85 ± 0,13 B	0,35 ± 0,02 D	1,20 ± 0,01 A

n=4; AG= ácidos graxos, AGS=ácidos graxos saturados; AGP= ácidos graxos poliinsaturados; AGM= ácidos graxos monoinsaturados; AGI=ácidos graxos insaturados; nd= não detectado; [1] valores expresso em matéria seca; SS= sem adição de óleo; SJ= óleo de soja degomado; SA= óleo de salmão; GI= óleo de girassol; LI= óleo de linhaça

Médias seguidas de mesma letra nas linhas não diferem significativamente pelo Teste Tukey (P > 0,05)

Tabela 9. Perfil de ácidos graxos da carcaça do pacu alimentados com dietas contendo diferentes fontes lipídicas

Lipídios totais (%)[1]	Inicial	SS	SJ	SA	GI	LI
	13,5 ± 0,53	23,0 ± 0,91	23,2 ± 1,91	21,3 ± 3,82	28,8 ± 3,38	22,8 ± 1,62
AG				(%)		
C14:0	1,65 ± 0,03	4,33 ± 0,05 A	3,11 ± 0,02 B	4,64 ± 0,36 A	3,35 ± 0,11 B	2,99 ± 0,15 B
C15:0	nd	nd	nd	0,33 ± 0,03 A	nd	nd
C16:0	19,3 ± 1,44	30,9 ± 0,45 A	28,0 ± 0,89 C	30,2 ± 0,51 AB	28,4 ± 0,16 BC	27,9 ± 0,33 C
C16:1	2,89 ± 0,11	6,90 ± 0,25 A	4,25 ± 0,15 B	6,84 ± 0,09 A	3,50 ± 0,08 B	4,61 ± 0,25 C
C17:0	nd	nd	nd	0,34 ± 0,01 A	nd	nd
C18:0	12,0 ± 0,36	8,16 ± 0,05 B	9,27 ± 0,12 A	8,11 ± 0,34 B	8,49 ± 0,02 AB	9,09 ± 0,24 A
C18:1ω9c	22,8 ± 0,49	33,8 ± 0,80 A	31,1 ± 0,00 A	31,0 ± 0,25 A	30,6 ± 1,58 A	33,0 ± 1,23 A
C18:2ω6c	21,9 ± 0,76	9,71 ± 0,17 C	16,1 ± 0,79 B	12,3 ± 0,29 C	20,4 ± 1,75 A	12,2 ± 1,19 BC
C18:3ω6	nd	nd	nd	nd	0,34 ± 0,01 A	nd
C18:3ω3	6,11 ± 0,63	1,37 ± 0,04 C	4,83 ± 0,07 B	1,40 ± 0,02 C	1,75 ± 0,04 C	8,32 ± 0,19 A
C20:1ω9	nd	0,60 ± 0,04 B	0,50 ± 0,03 BC	1,04 ± 0,01 A	0,46 ± 0,02 C	0,47 ± 0,01 C
C20:3ω6	nd	nd	nd	0,35 ± 0,04 A	nd	nd
C20:3ω3	10,4 ± 0,73	1,63 ± 0,04 B	1,42 ± 0,04 B	0,94 ± 0,03 C	2,34 ± 0,17 A	0,94 ± 0,01C
C20:4ω6	nd	2,20 ± 0,00 A	nd	nd	nd	nd
C20:5ω3	2,94 ± 0,10	nd	nd	0,75 ± 0,05 A	nd	nd
C22:6ω3	nd	0,47 ± 0,02 B	1,32 ± 0,08 A	1,40 ± 0,10 A	0,41 ± 0,03 B	0,40 ± 0,02 B
C21:0	nd	nd	nd	0,32 ± 0,03 A	nd	nd
∑ ω-3	19,4 ± 0,25	3,47 ± 0,01 D	7,57 ± 0,06 B	4,49 ± 0,16 C	4,50 ± 0,16 C	9,66 ± 0,23 A
∑ ω-6	21,9 ± 0,26	11,9 ± 0,17 C	16,1 ± 0,79 B	12,6 ± 0,25 BC	20,7 ± 1,73 A	12,2 ± 1,19 BC
AGS	32,9 ± 2,03	43,4 ± 1,11 A	40,4 ± 0,73 B	43,9 ± 0,56 A	40,2 ± 0,07 B	40,0 ± 0,06 B
AGM	25,9 ± 2,38	41,3 ± 2,79 A	35,8± 0,13 B	38,9 ± 1,83 AB	34,6 ± 0,13 B	38,1 ± 0,29 B
AGP	41,3 ± 1,31	15,4 ± 0,15 B	23,7 ± 0,85 A	17,1 ± 0,42 B	25,2 ± 1,57 A	21,9 ± 1,43 A
AGI	67,0 ± 0,56	56,7 ± 0,45 B	59,5 ± 0,73 A	56,0 ± 0,60 B	59,8 ± 0,07 A	59,9 ± 0,07 A
ω-3/ω-6	0,89 ±0,10	0,29 ± 0,05 CD	0,46 ± 0,01 B	0,35 ± 0,00 BC	0,21 ± 0,02 D	0,79 ± 0,05 A

AG= ácidos graxos, AGS=ácidos graxos saturados; AGP= ácidos graxos poliinsaturados; AGM= ácidos graxos monoinsaturados; AGI=ácidos graxos insaturados; nd= não detectado; n=3; SS= sem adição de óleo; SJ= óleo de soja degomado; SA= óleo de salmão; GI= óleo de girassol; LI= óleo de linhaça

[1] valores expressos em matéria seca

Médias seguidas de mesma letra nas linhas não diferem significativamente pelo Teste Tukey (P > 0,05)

A partir dos dados obtidos no presente trabalho, pode-se dizer que as dietas SA e LI apresentaram, significativamente, melhores resultados, sendo que as carnes destes peixes podem ser consideradas como alimento funcional devido aos benefícios que a ingestão pode trazer à nutrição humana. Nutricionalmente o óleo de peixe e de linhaça são superiores aos demais óleos. Porém, podemos dizer que adição de óleo de linhaça apresenta maiores vantagens, pois é, economicamente, mais viável que o óleo de peixe, além de ser mais disponível no mercado. Além disso, a composição de AG do óleo de peixe apresenta muita variação conforme a época do ano e a espécie (MATEOS et al., 1996).

Neste trabalho, podemos observar a importância da inclusão de óleos em dietas de pacu, pois melhora, significativamente, a composição nutricional da carne em níveis de teores de AG.

4. Conclusão

O óleo de linhaça é uma alternativa eficiente como fonte lipídica para pacu, em virtude dos excelentes resultados da composição de AG em amostras de filé e de carcaça dessa espécie, além de se tratar de produto facilmente encontrado no mercado, com preços competitivos. Quanto ao óleo de peixe, embora seja eficiente, apresenta grande variação na composição de AG em função da espécie e época do ano, assim como, maiores custos.

5. REFERÊNCIAS

ABDEL–ATY MOHAMEND, T. **Effect of feeding menhaden oil on fatty acid composition and sensory qualities in channel catfish**. M.S. Thesis. 48pp. Auburn University, Alabama, 1989.

ACKMAN, R.G. Nutritional composition of fats in seafoods. **Prog. Food. Nutr. Sci.** 13, p. 161-241, 1989.

ALBERT, C.M.; et al. Blood levels of long-chain n-3 fatty acids and the risk of sudden death. **N. Engl J. Med**. 346, p. 1113-1118, 2002.

ALVES, J.M.C. **Níveis de lipídios em dietas para o crescimento inicial do pacu, Piaractus mesopotamicus (Holmberg, 1887)**. Jaboticabal, 1998. 61p. Dissertação (mestrado em Aqüicultura) – Centro de Aquicultura da Unesp, Universidade Estadual Paulista.

ANUALPEC: **Anuário de Pecuária Brasileira**. São Paulo:FNP Consultoria & Comércio, 2004. p. 305 – 307.

ANUALPEC: **Anuário de Pecuária Brasileira**. São Paulo: FNP Consultoria & Comércio, 2005. p. 252 – 256.

AOAC: **Official Methods of Analysis**, p. 1298 Association of Official Analytical Chemistis, 15th (edn), Arlington, VA, USA. 1990.

ARZEL, J. et al. Effect of dietary lipid on growth performance and body composition of brown trout (*Salmo trutta*) reared in seawater. **Aquaculture**, 123, p. 361–375, 1994.

BALLESTRAZZI, R.; LANARI, D. Growth, body composition and nutrient retention efficiency of growing sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.) fed fish oil or fatty acid Ca salts. **Aquaculture**, 139, p. 101-108, 1996.

BENISTANT, C. et al. Platelet inhibitory functions of aortic endothelial cells: effects of eicosapentaenoic and docosahexaenoic acids. **Atherosclerosis**, 104, p. 27-35, 1993.

BLIGH, E.G. & DYER, W.J. A rapid method of total lipid extraction and purification. **Can. J. Biochem. Physiol.**, 37, p. 911-17, 1959.

CASTAGNOLLI, N.; ZUIM, S.M.F. **Consolidação do conhecimento adquirido sobre pacu *Colossoma mitrei* (BERG, 1895)**. Jaboticabal: FCAV/UNESP, 1985, p.26.

CASTELL, J.D. et al. Effect of dietary lipids on fatty acid composition and metabolism in juvenile green sea urchins (*Strongylocentrotus droebachiensis*). **Aquaculture**, 242, p. 417-435, 2004.

CHO, C.Y. Fish nutrition, feeds and feeding: with special emphasis on salmonid aquaculture. **Food Rev. Internat.**. 6, p. 333-357, 1990.

FAIR, P.H. et al. Effect of dietary menhaden oil on growth and muscle fatty acid composition of hybrid striped bass, *Morone chrysops* x *M. saxatilis*. **Aquaculture**, 116, p. 171-189, 1993.

FRACALOSSI, D.M.; LOVELL, R.T. Growth and polar fatty acid composition of year-1 channel catfish fed various lipid source at two water temperatures. **The Progressive Fish-Culturist**, 57, p. 107-113, 1995.

FRANCIS, D.S. et al. Effects of dietary oil source on growth and fillet fatty acid composition of Murray cod, *Maccullochella peelii peelii*. **Aquaculture**, 253, p. 547-556, 2006.

FROYLAND, L. et al. Mitochondrion is the principal target for nutritional and pharmacological control of triglyceride metabolism. **J. Lipid Res**. 38, p. 1851–1858, 1997.

FUENTES, F. et al. Mediterranean and low fat diets improve endothelial function in hypercholesterolemic men. **Ann. Intern. Med**. 134, p. 1115, 2001.

GIBSON, R.A. Australian fish - An excellent source of both arachidomic acid and ω-3 polyunsaturated fatty acids. **Lipds**, 18, p. 743-752, 1983.

HARDY, R.W. Diet preparation. In: J.E. Halver, editor. **Fish Nutrition**. 2ed. San Diego: Academic Press, p. 476-549, 1989.

HARDY, R.W. et al. Replacement of herring oil with menhaden oil, soybean oil, or tallow in the diets of Atlantic salmon raised in marine net pens. **Aquaculture**, 65, p. 267-277, 1987.

HEARN, T.L. et al. Polyunsaturated fatty acids and fat in fish flesh for selecting for health benefits, **J. Food Sci.**, 52, p. 1209-1211, 1987.

HU, F.B. et al. Fish and omega-3 fatty acid intake and risk of coronary heart disease in women. **JAMA**, 287, p. 1815– 1821, 2002.

IZQUIERDO, M.S. et al. Alterations in fillet fatty acid profile and flash quality in gilthead seabream (Sparus aurata) fes vegetable oils for a long term period. Recovery of fatty acid profiles by fish oil feeding. **Aquaculture**, 250, p. 431-444, 2005.

JOBLING, M. et al. Influence of dietary fat level and increased adiposity on growth and fat deposition in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum). **Aquaculture Research**, 29, p. 601-607, 1998.

JOUVEN, X. et al. Circulating nonesterified fatty acid level as a predictive risk factor for sudden death in the population. **Circulation**. 104, p. 756–761, 2001.

KIETZMAN, U. et al. Ictiología general. In: **Inspección veterinaria de pescados**. Spain: Zaragoza, 1974.

KINSELLA, J.E. Dietary fat and prostaglaglanins: Possible beneficial relationships between food processing and public health. **Food Technol.**, 35, p. 89-98, 1981.

KOCH, T.; HELLER, A. H. Benefits of n – 3 fatty acids in parenteral nutrition. **Clin. Nutrit. Supp.**, 1, p 17-24, 2005.

KOLANOWSKI, W. et al. Possibilities of fish oil application for food products enrichment with omega-3 PUFA. **Int. J. Food Sci. Nutr.**, 50, p. 39-49, 1999.

LI, M.H. et al. Dietary menhaden oil reduced resistance of channel catfish (*Ictalurus punctatus*) to *Edwardsiella ictulari*. **Aquaculture**, 128, p. 335-344, 1994.

LEAF, A. Plasma nonesterified fatty acid concentration as a risk factor for sudden cardiac death: the Paris prospective study. **Circulation.** 104, p. 744–745, 2001.

LIE, O. et al. Feed optimisation in Atlantic cod (*Gadus morhua*): fat versus protein content in the feed. **Aquaculture**, 69, p. 333–341, 1988.

LOSEKANN, M. E. et al. Crescimento de juvenis de jundiá alimentados com diferentes óleos vegetais. In: 42 ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2005, Goiânia, **Anais**... Goiânia: SBZ, 2005.

MACEDO-VIEGAS, E.M.; CONTRERAS-GUZMAN, E. Effect of source and levels of dietary lipids on growth, body composition, and fatty acids of the tambaqui (*Colossoma macropomum*). **World Aquaculture**, Marc., 1998.

MAYER, P. et al. Omega-3 fatty acid-based lipid infusion in patients with chronic plaque psoriasis: results of a double-blind, randomized, placebo-controlled, multicender trial. **J. Am. Acad. Dermatol.**, 38, p. 421, 1998.

MANNING, B.; LI, M. H. Feed supplementation with menhaden oil elevate n-3 HUFAs in catfish fillets. **Glob. Aquac. Adv.**, n 5, p. 42-44, 2002.

MARTINO, R.C. et al. Performance and fatty acid composition of surubim (*Pseudoplatystoma coruscans*) fed diets with animal and plant lipids. **Aquaculture**, 209, p. 233-246, 2002.

MARTINO, R.C. et al. Performance, carcass composition and nutrient utilization of surubim *Pseudoplatystoma coruscans* (Agassiz) fed diets with varying carbohydrate and lipid levels. **Aquaculture Nutrition**, 11, p. 131-137, 2005.

MATEOS, G.G. et al. Utilization de grasas y productos lipídicos en alimentación animal: grasas puras y mezclas. In: XII Curso de especializacion. 1996, Madrid **Cursos**… Madrid: FEDNA, p. 3-21, 1996.

MELO, J.F.B. et al. Desenvolvimento e composição corporal de alevinos de jundiá (*Rhamdia quelen*) alimentados com dietas contendo diferentes fontes de lipídios. **Ciência Rural**. 32, p. 323-327, 2002.

MONTERO, D. et al. Growth, feed utilization and flesh quality of European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) fed diets containing vegetable oils: A time-course study on the effect of a re-fending period with a 100% fish oil diet. **Aquaculture**, 248, p. 121-134, 2005.

NAZARRO, M.P. Valor nutritivo del pescado I. Pescado fresco. **Rev. Agroquim. Tecnol. Aliment**., 31, p. 330-342, 1991.

OLSEN, S.F., SECHER, N.J. Low consumption of seafood in early pregnancy as a risk factor for preterm delivery: prospective cohort study. **Br. Med. J**. 324, 1 –5, 2002.

PAPOUTSOGLOU, S.E.; PAPAPARASKEVA-PAPOUTSOGLOU, E.G. Comparative studies on body composition of rainbow trout (*Salmo gairdneri* R.) in relation to type of diet and growth rate. **Aquaculture**, 13, p. 235-243, 1978.

PAUL, A.A.; SOUTHGATE, D.A.T. **The Composition of foods.** Amsterdam: Elsevier Science Ltd., 1978.

PERES, H.; TELES – OLIVA, A. Effect of dietary lipid level on growth performance and feed utilization by European sea bass juveniles (*Dicentrarchus labrax*). **Aquaculture**, 179, p. 325-334, 1999.

PÉREZ-MARTÍN, R.I. **Estudios de los procesos térmicos en la fabricaión de conservas de atún blanco y su incidencia en la calidad.** Ph thesis Spain: Faculty of Chemistry, University of Santiago, 1986.

PEZZATO, L.E. **Efeito de diferentes níveis de gordura de origem e vegetal sobre o desempenho e deposição de ácidos graxos em pacu, *Piaractus mesopotamicus***.

Jaboticabal, 1990. 91p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista.

POLLONIO, M.A.R. Alimentos funcionais: as recentes tendências e os envolvidos no consumo. **Higiene Alimentar**, 14, p. 26-31, 2000.

PORTELLA, M.C. et al. Use of live and artificial diets enriched with several fatty acid sources to feed *Prochilodus scrofa* larvae and fingerlings. 1. Effects on survival and growth. **Journal of Aquaculture in the Tropics**, 15, p. 45-58, 2000.

PORTELLA, M.C. et al. Use of live and artificial diets enriched with several fatty acid sources to feed *Prochilodus scrofa* larvae and fingerlings. 2. Effects on body composition. **Journal of Aquaculture in the Tropics**, 15, p. 185-197, 2000.

PRASSAD, A.S. Discovery of Human Zn deficiency sand studies in experimental human model. **Am. J. Clin. Nutr.**, 53, p. 403-412, 1991.

REINITZ, G.L., YU, T.C. Effects of dietary lipids on growth and fatty acid composition of rainbow trout (*Salmo gairdneri*). **Aquaculture**, 35, p. 19–27, 1981.

ROSENBERG, I.H. Fish: food to calm the heart. **N. Engl. J. of Med**. 346, p. 1102–1103, 2002.

SAIN-PAUL, U. Potencial for aquaculture of south American freshwater fihes: a review. **Aquaculture**. Amsterdam, 54, n.3, p. 205-240, 1986.

SARGENT, J. et al. **The lipids**. In:J.E. Halver (Editor), Fish Nutrition, 2nd edition, Academic Press, san Diego, p. 153-218, 1989.

SHERMAN, A.R. Zinc, Copper, and Iron nutriture and Immunity. **J. Nutrition**, 122, p. 604-609, 1992.

SILVA, D.J.; QUEIROZ, C. **Análise de alimentos:** Métodos químicos e biológicos. 2 ed., Viçosa: UFV, 2002, 165p.

SMALL, M. F.The happy fat. **New Sci**. 175, p. 34–37, 2002

STEFFENS, W. Effects of variation in essential fatty acids in fish feeds on nutritive value of freshwater fish for humans. **Aquaculture**, 151, p. 97-119, 1997.

SUPELCO. Analyzing fatty acid by capillary gas chromatography. SIGMA-ALDRICH Co., **Bulletin 855B**. 12p., 1988.

TACON, A.G.J.; COWEY, C.B. **Protein and amino acid requirements**.. In: P. Tyler and P. Calow, editors. Fish Energetics. Croom Helm. London: New Perspectives, p 155-193, 1985.

TAKEUCHI, T. Essential fatty acid requirements of aquatic animals with emphasis on fish larvae and fingerlings. **Reviews in Fisheries Science**, 5, n1, p. 1-25, 1997.

THOMASSEN, M.S., ROSJO, C., Different fats in feed for salmon: influence on sensory parameters, growth rate and fatty acids in muscle and heart. **Aquaculture**, 79, p. 129–135, 1989.

ULIANA, O. et al. Substituição parcial ou total de óleo de canola por lecitina de soja em rações para larvas de jundiá (*Rhamdia quelen*), Pisces, Pimelodidae. **Ciência Rural**, 4, p. 677-681, 2001.

VARGAS, R. et al. Desempenho de alevinos de jundiá (*Rhamdia quelen*) utilizando diferentes fontes lipídicas: óleo de peixe, óleo de linhaça e óleo de milho In: 42 ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2005, Goiânia, **Anais**... Goiânia: RSBZ, 2005.

WANG, Y. J. et al. Omega-3 fatty acids in lake superior fish. **J. Food Sci.**, 55, p. 71-76, 1990.

CAPÍTULO 4 – IMPLICAÇÕES

Na produção de pacu, do ponto de vista econômico, pode-se atestar que a não suplementação da dieta com fontes lipídicas não comprometeu o desempenho de produção, desde que as exigências de mantença sejam atendidas. No entanto, quando o produtor visa o fornecimento de um produto diferenciado, que atenda os interesses do consumidor de alimento saudável, pode-se, nesse caso, recomendar o uso de óleos que proporcionem significativo aumento no teor de ácidos graxos essenciais do tecido animal. Óleos como o de linhaça e de peixe (salmão) podem ser, eficientemente, usados para que se atinja este objetivo, como demonstrado no presente trabalho através do teor de ácidos graxos poliinsaturados (AGP) encontrados em amostras de filé e carcaça de pacu, após suplementação com diferentes fontes lipídicas na dietas.

Para que se possa avaliar a qualidade da carne de peixe para consumo humano e que o piscicultor agregue valores ao seu produto final devido à funcionalidade promovida pela presença de AGP neste alimento, deve-se estender o período do experimento para que se determine o perfil de ácidos graxos (AG) de peixes em fase de crescimento apropriado para consumo. Outro aspecto relevante para que se possa estimar a importância da suplementação com óleos na dieta desta espécie, seria elucidar o tempo necessário para assimilação de AG pelo animal e, conseqüente, deposição destes compostos na carne.