



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA**

**ÓLEO DE PEQUI (*Caryocar brasiliense*, Camb) NA ALIMENTAÇÃO DE JUVENIS  
DE TAMBAQUI (*Colossoma Macropomum*, CURVIER 1818)**

**ALYSSON SOARES DA ROCHA**

**TESE DE DOUTORADO EM CIÊNCIAS ANIMAIS**

**BRASÍLIA/DF  
FEVEREIRO DE 2018**



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA**

**ÓLEO DE PEQUI (*CARYOCAR BRASILIENSE*, CAMB) NA ALIMENTAÇÃO DE  
JUVENIS DE TAMBAQUI (*COLOSSOMA MACROPOMUM*, CURVIER 1818)**

**ALYSSON SOARES DA ROCHA**

**ORIENTADOR: DR. RODRIGO DIANA NAVARRO**

**TESE DO DOUTORADO EM CIÊNCIAS ANIMAIS**

**PUBLICAÇÃO: 200D/2018**

**BRASÍLIA/DF  
FEVEREIRO DE 2018**

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA E CATALOGAÇÃO

ROCHA, A. S. Óleo de pequi (*Caryocar brasiliense*, Camb) na alimentação de juvenis de tambaqui (*Colossoma macropomum*, CURVIER 1818). Brasília: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2018, 79p. Tese de Doutorado.

Documento formal, autorizando a reprodução desta tese de doutorado para empréstimo ou comercialização, exclusivamente para fins acadêmicos, foi passado pelo autor à Universidade de Brasília e acha-se arquivado na Secretária do Programa. O autor e seu orientador reservam para si os direitos autorais de publicação. Nenhuma parte desta dissertação pode ser reproduzida sem autorização por escrito do autor ou de seu orientador. Citações são estimuladas, desde que citada a fonte.

### FICHA CATALOGRÁFICA

ROCHA, Alysson Soares. **Óleo de pequi (*Caryocar brasiliense*, Camb) na alimentação de juvenis de tambaqui (*Colossoma macropomum*, CURVIER 1818)**. Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2018, 79p. Tese de Doutorado (D). – Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Brasília, 2018.

1. Desempenho 2. Óleo vegetal 3. Pequi 4. Perfil lipídico

CDD ou CDU  
Agris/FAO

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**  
**FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA**

**ÓLEO DE PEQUI (*CARYOCAR BRASILIENSE*, CAMB) NA ALIMENTAÇÃO DE  
JUVENIS DE TAMBAQUI (*COLOSSOMA MACROPOMUM*, CURVIER 1818)**

**ALYSSON SOARES DA ROCHA**

TESE DE DOUTORADO SUBMETIDA AO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS  
ANIMAIS, COMO PARTE DOS REQUISITOS  
NECESSÁRIOS À OBTENÇÃO DO GRAU DE  
DOUTOR EM CIÊNCIAS ANIMAIS.

APROVADA POR:

---

Rodrigo Diana Navarro, Dr. (Universidade de Brasília).  
(ORIENTADOR)

---

Ângela Patrícia Santana, Dra. (Universidade de Brasília).  
(EXAMINADORA INTERA)

---

Sheila Tavares Nascimento, Dra. (Universidade de Brasília).  
(EXAMINADORA INTERA)

---

Marcelo Maia Pereira, Dr. (Fundação Instituto de Pesca do Rio de Janeiro)  
(EXAMINADOR EXTERNO)

---

Maria Fernanda Nince Ferreira, Dra. (Universidade de Brasília)  
(EXAMINADORA EXTERNA)

BRASÍLIA/DF, 27 DE FEVEREIRO DE 2018.

*Dedico aos meus filhos, Beatriz e João que foram fonte de motivação e à minha amada esposa Suzana que há mais de vinte anos é o meu pilar. Dedico ainda aos meus pais, Carlos (in memoriam) e Rosália por todos os esforços para que tivesse uma boa educação.*

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente, a Deus por me proteger e guiar meus passos todos os dias de minha vida.

À Universidade de Brasília e ao Programa de Pós graduação em Ciências Animais, pela oportunidade concedida para a realização deste curso.

Ao Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Tocantins (IFTO), Campus Palmas pelo apoio financeiro para montagem do Laboratório de Aquicultura.

Aos colegas de trabalho do colegiado de Recursos Naturais do IFTO-Palmas pelo apoio e compreensão.

Ao meu orientador, professor doutor Rodrigo Diana Navarro, pelas orientações, paciência e amizade. Agradeço a oportunidade e apoio nessa caminhada.

Aos professores do Programa que contribuíram com seus ensinamentos.

Ao Laboratório de Análise de Alimentos da UnB em especial ao técnico Márcio, pelos ensinamentos e amizade.

Aos colegas do Programa pela convivência e troca de experiências.

Ao amigo Koro Kodama, pelos bons papos na hora do almoço, pelas caronas para o aeroporto e pela grande amizade.

Ao amigo Bruno Ceolin, pela valiosa ajuda durante as análises e sobretudo pelo espírito de companheirismo e amizade.

Aos amigos Diego Paulino e Carlos Eduardo Panosso pelo apoio logístico em Brasília.

Aos amigos Evaldo Gomes, Adriano Guimarães e Israel Maia pelos incentivos e pelas caronas para o aeroporto de Palmas.

Aos professores Fábio de Jesus, Paulo Batista, Marcelo Pedrosa e Ronyere Olegário pelos diversos apoios ao Laboratório de Aquicultura do IFTO.

Aos estagiários do Laboratório de Aquicultura do IFTO, Camila, Hugo, Felipe, Denilson e João Pedro, pela parceria e comprometimento com o experimento.

Aos meus familiares que direta e indiretamente me ajudaram nessa jornada.

À minha mãe, Rosália pelo longo período em que fez mais que o papel de avó, cuidando da Beatriz e João para que eu pudesse me dedicar ao trabalho de doutorado.

À minha esposa Suzana, que foi mais que companheira, sempre me apoiando e incentivando nos momentos difíceis.

## ÍNDICE

RESUMO GERAL .....	viii
ABSTRACT .....	ix
LISTA DE TABELAS .....	x
LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIACÕES .....	xi
CAPÍTULO 1 .....	1
INTRODUÇÃO E REVISÃO DE LITERATURA .....	1
INTRODUÇÃO.....	2
REVISÃO DE LITERATURA.....	7
Espécie teste .....	7
Lipídios na nutrição de peixes.....	8
Óleos Vegetais na nutrição de peixes.....	11
Pequi ( <i>Caryocar brasiliense</i> ) .....	13
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	18
CAPÍTULO 2 .....	27
DESEMPENHO E RESPOSTA FISIOLÓGICA DE JUVENIS DE TAMBAQUI ( <i>COLOSSOMA MACROPOMUM</i> , CURVIER 1818) ALIMENTADOS COM ÓLEO DE PEQUI ( <i>CARYOCAR BRASILIENSE</i> , CAMB).....	27
RESUMO.....	28
ABSTRACT.....	29
INTRODUÇÃO .....	30
MATERIAL E MÉTODOS .....	32
RESULTADOS .....	36
DISCUSSÃO .....	43
CONCLUSÃO .....	47
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	48
CAPÍTULO 3 .....	54
PERFIL LIPÍDICO DA CARCAÇA DE JUVENIS DE TAMBAQUI ( <i>COLOSSOMA MACROPOMUM</i> , CURVIER 1818) ALIMENTADOS COM ÓLEO DE PEQUI ( <i>CARYOCAR BRASILIENSES</i> , CAMB).....	54
RESUMO.....	55
ABSTRACT.....	56
INTRODUÇÃO .....	57
MATERIAL E MÉTODOS .....	59
RESULTADOS .....	62
DISCUSSÃO .....	67
CONCLUSÃO .....	70
REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO .....	71
CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	76
ANEXOS .....	77

**RESUMO GERAL**  
**ÓLEO DE PEQUI (*CARYOCAR BRASILIENSE*, CAMB) NA ALIMENTAÇÃO DE**  
**JUVENIS DE TAMBAQUI (*COLOSSOMA MACROPOMUM*, CURVIER 1818)**

Alysson Soares da Rocha<sup>1</sup>, Rodrigo Diana Navarro<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Faculdade de Agronomia e Veterinária – UnB, DF; <sup>1</sup>Laboratório de Biotecnologia em Organismos Aquáticos - UnB.

O aumento da demanda por óleo de peixe pelas indústrias de rações para organismos aquáticos, associado à redução da captura de peixes marinho, principal fonte de óleo de peixe, resultaram na elevação do preço de mercado dessa importante fonte, limitando o crescimento do setor piscícola. Além da demanda pelo setor aquícola, óleo de peixe é consumido na forma de suplemento nutricional na alimentação humana. Alternativa na formulação de dietas para organismos aquáticos é o uso de óleos vegetais, sendo viável o uso de óleos como de soja, canola, linhaça. Óleos vegetais tem se tornado relevantes, devido sua estabilidade na oferta, preços e composição. Fontes menos convencionais devem ser testadas com a finalidade de reduzir a competitividade no mercado de fontes lipídicas. O pequi é um fruto de grande importância no cerrado brasileiro, rico em compostos bioativos e lipídios. Com o objetivo de analisar os efeitos da adição do óleo de pequi na dieta de juvenis de tambaqui foi realizado um experimento no Laboratório de Aquicultura do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins-Campus Palmas, sendo testadas 5 dietas isoproteicas com diferentes níveis de adição de óleo de pequi em um delineamento inteiramente casualizado. Foram utilizados 240 (17,91±4,87g) animais distribuídos em 20 caixas de fibra com volume de 500 litros em um sistema de recirculação dotado de filtro e aeração forçada. O período experimental foi de 60 dias e ao final foram avaliados desempenho, respostas fisiológicas e perfil lipídico da carcaça. Verificou-se que não houve influência do óleo de pequi no ganho de peso, conversão alimentar e taxa de eficiência proteica ( $P>0,05$ ), porém reduziu a taxa de crescimento específica ( $P<0,05$ ). Também resultou em aumento da deposição lipídica hepática, sinal de carência em ácidos graxos ( $P<0,05$ ). Os resultados para parâmetros hematológicos demonstraram que não houve comprometimento da saúde dos animais. Observou-se diferenças significativas ( $P<0,05$ ) para as quantidades de proteína sérica total, albumina e globulina sugerindo que a fonte lipídica teste possa ser um imunoestimulante. Quanto ao perfil lipídico a presença de DHA confirma a habilidade de conversão a partir de LNA pelos juvenis de tambaqui. A maior quantidade do ácido graxo palmítico e do oleico são consequência da fonte testada, rica nestes ácidos graxos. A relação entre  $\Sigma$ PUFA n-6 e  $\Sigma$ PUFA n-3 reduziu de forma linear entre os tratamentos, atingindo nível recomendado ao consumo humano. No entanto, não se recomenda o uso dessa fonte lipídica em juvenis de tambaqui.

**Palavras-chave:** desempenho, óleo vegetal, pequi, perfil lipídico

## ABSTRACT

### OIL OF PEQUI (*CARYOCAR BRASILIENSES*, CAMB) IN THE FOOD OF JUVENILE OF TAMBAQUI (*COLOSSOMA MACROPOMUM*, CURVIER 1818)

Alysson Soares da Rocha<sup>1</sup>, Rodrigo Diana Navarro<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Faculdade de Agronomia e Veterinária – UnB, DF; <sup>1</sup>Laboratório de Biotecnologia em Organismos Aquáticos - UnB.

The increase in the demand for fish oil by the feed industry for aquatic organisms, associated with the reduction of the catch of marine fish, the main source of fish oil, has resulted in the increase of the market price of this important source, limiting the growth of the fish sector. In addition to the demand for the aquaculture sector, fish oil is consumed as a nutritional supplement in human food. Alternative in the formulation of diets for aquatic organisms is the use of vegetable oils, being possible the use of oils such as soybean, canola, linseed. Vegetable oils have become relevant due to their stability in supply, prices and composition. Less conventional sources should be tested in order to reduce competitiveness in the market for lipid sources. The pequi is a fruit of great importance in the Brazilian cerrado, rich in bioactive compounds and lipids. In order to analyze the effects of the addition of pequi oil to the diet of tambaqui juveniles, an experiment was carried out at the Aquaculture Laboratory of the Federal Institute of Education, Science and Technology of Tocantins-Campus Palmas, and tested 5 diets with different levels of isoprotein of pequi oil in a completely randomized design. A total of 240 ( $17.91 \pm 4.87$ g) animals distributed in 20 fiber boxes with a volume of 500 liters were used in a recirculation system equipped with filter and forced aeration. The experimental period was 60 days and at the end were evaluated the performance, physiological responses and lipid profile of the carcass. It was verified that there was no influence of pequi oil on the weight gain, feed conversion and protein efficiency rate ( $P > 0,05$ ), but it reduced the specific growth rate ( $P > 0,05$ ). It also resulted in increased hepatic lipid deposition, a sign of fatty acid deficiency ( $P > 0,05$ ). The results for hematological parameters showed that there was no compromise of animal health. Significant differences ( $P > 0,05$ ) were observed for the amounts of total serum protein, albumin and globulin suggesting that the test lipid source could be an immunostimulant. As for the lipid profile, the presence of DHA confirms the ability to convert from LNA by tambaqui juveniles. The greater amount of palmitic acid and oleic acid are a consequence of the source tested, rich in these fatty acids. The relationship between  $\Sigma$ PUFA n-6 and  $\Sigma$ PUFA n-3 linearly reduced between treatments, reaching a level recommended for human consumption. However, the use of this lipid source in tambaqui juveniles is not recommended.

**Keywords:** lipid profile, pequi, performance, vegetable oil

## LISTA DE FIGURAS

<b>CAPÍTULO 1</b>				
Figura 1.	Exemplar de tambaqui, <i>Colossomo macropomum</i> , CURVIER 1818.	7		Pág.
Figura 2.	Pequizeiro ( <i>Caryocar brasiliense</i> , Camb.)	13		
Figura 3.	Aspecto morfológico do pequi ( <i>Caryocar brasiliense</i> Camb.)	14		
<b>CAPÍTULO 2</b>				
Figura 1.	Equação de regressão para os níveis de adição de óleo de pequi ( <i>C. brasiliense</i> , Camb) em juvenis de tambaqui ( <i>C. macropomum</i> ) por 60 dias para para índice hepato-somático e índice digestivo-somático.	39		Pág.
Figura 2.	Equação de regressão para os níveis de adição de óleo de pequi ( <i>C. brasiliense</i> , Camb) em juvenis de tambaqui ( <i>C. macropomum</i> ) por 60 dias para para eritrócitos.	39		
Figura 3.	Equação de regressão para os níveis de adição de óleo de pequi ( <i>C. brasiliense</i> , Camb) em juvenis de tambaqui ( <i>C. macropomum</i> ) por 60 dias para para monócitos.	41		
Figura 4.	Equação de regressão para os níveis de adição de óleo de pequi ( <i>C. brasiliense</i> , Camb) em juvenis de tambaqui ( <i>C. macropomum</i> ) por 60 dias para para linfócitos e neutrófilos.	41		
Figura 5.	Equação de regressão para os níveis de adição de óleo de pequi ( <i>C. brasiliense</i> , Camb) em juvenis de tambaqui ( <i>C. macropomum</i> ) por 60 dias para para proteína sérica total.	41		
Figura 6.	Equação de regressão para os níveis de de adição de óleo de pequi ( <i>C. brasiliense</i> , Camb) em juvenis de tambaqui ( <i>C. macropomum</i> ) por 60 dias para para albumina e globulina.	42		
Figura 7.	Leucócitos identificados em juvenis de tambaqui ( <i>C. macropomum</i> ) alimentados com níveis de óleo de pequi ( <i>C. brasiliense</i> , Camb) em juvenis de tambaqui ( <i>C. macropomum</i> ) por 60 dias. (A) Monócito; (B) Linfócito; (C) Célula granulocíticas especial; (D) Neutrófilo. Coloração: Panótico; aumento (1000x)	42		

CAPÍTULO 3		Pág.
Figura 1.	Equação de regressão para os níveis de adição de óleo de pequi ( <i>C. brasiliense</i> , Camb) em juvenis de tambaqui ( <i>C. macropomum</i> ) por 60 dias para o ácido graxo C17:0.	63
Figura 2.	Equação de regressão para os níveis de adição de óleo de pequi ( <i>C. brasiliense</i> , Camb) em juvenis de tambaqui ( <i>C. macropomum</i> ) por 60 dias para os ácidos graxos C16:1 n-7 e C21:1 n-8.	63
Figura 3.	Equação de regressão para os níveis de adição de óleo de pequi ( <i>C. brasiliense</i> , Camb) em juvenis de tambaqui ( <i>C. macropomum</i> ) por 60 dias para os ácidos graxos C18:2 n-6 (LA) e C18:3 n-3 (LNA).	63
Figura 4.	Equação de regressão para os níveis de adição de óleo de pequi ( <i>C. brasiliense</i> , Camb) em juvenis de tambaqui ( <i>C. macropomum</i> ) por 60 dias para o ácido graxo C20:2 n-6.	64
Figura 5.	Equação de regressão para os níveis de adição de óleo de pequi ( <i>C. brasiliense</i> , Camb) em juvenis de tambaqui ( <i>C. macropomum</i> ) por 60 dias para os ácidos graxo C20:5 n-3 (EPA) e C22:6 n-3 (DHA).	64
Figura 6.	Equação de regressão para os níveis de adição de óleo de pequi ( <i>C. brasiliense</i> , Camb) em juvenis de tambaqui ( <i>C. macropomum</i> ) por 60 dias para somatório de ácidos graxos poliinsaturados e relação entre somário de ácidos graxos poliinsaturados (PUFA) da série n-6 e n-3.	66
ANEXO		Pág.
Figura 1.	Unidades experimentais (caixas de fibra de 500 litros).	79
Figura 2.	Filtro de lago e soprador de ar.	79
Figura 3.	Mistura dos ingredientes e moedor de carne usado para peletização das dietas.	79
Figura 4.	Centrífuga de microhematócrito e centrífuga usadas na análise hematológica.	80
Figura 5.	Recebimento e aclimação dos animais.	80
Figura 6.	Coleta de material (sangue e sistema digestivo).	80

## LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1			Pág.
Tabela 1.	Perfil das classes de ácidos graxos de alguns óleos vegetais comerciais.		12
Tabela 2.	Composição centesimal da polpa e amêndoa do pequi na base úmida		14
Tabela 3.	Teores de fenólicos totais e carotenoides totais em mg/100g, na polpa e amêndoa de pequi ( <i>C. brasiliense</i> ).		15
Tabela 4.	Composição percentual de ácido graxo da polpa e amêndoa de pequi ( <i>C. brasiliense</i> ).		16
CAPÍTULO 2			Pág.
Tabela 1.	Composição centesimal das dietas experimentais.		33
Tabela 2.	Performance, eficiência alimentar e índices biológicos de ( <i>C. macropomum</i> ) alimentados com diferentes níveis de óleo de pequi ( <i>C. brasiliense</i> , Camb) por 60 dias.		37
Tabela 3.	Composição química das carcaças de juvenis de tambaqui ( <i>C. macropomum</i> ) alimentados com diferentes níveis de adição de óleo de pequi ( <i>C. brasiliense</i> , Camb) por 60 dias.		38
Tabela 4.	Parâmetros hematológicos e contagem diferencial de leucócitos de juvenis de tambaqui ( <i>C. macropomum</i> ) alimentados com diferentes níveis de óleo de pequi ( <i>C. brasiliense</i> ) por 60 dias.		39
Tabela 5.	Proteína total, albumina e globulina em juvenis de tambaqui ( <i>C. macropomum</i> ) alimentados com diferentes níveis de óleo de pequi ( <i>C. brasiliense</i> ) por 60 dias.		40
Capítulo 3			Pág.
Tabela 1.	Composição centesimal das dietas experimentais.		60
Tabela 2.	Perfil de ácidos graxos em carcaças de juvenis de tambaqui ( <i>C. macropomum</i> ) alimentados com diferentes níveis de óleo de pequi ( <i>C. brasiliense</i> ) por 60 dias.		65
Tabela 3.	Somatório dos constituintes de ácidos graxos em carcaças de juvenis de tambaqui ( <i>C. macropomum</i> ) alimentados com diferentes níveis de óleo de pequi ( <i>C. brasiliense</i> ) por 60 dias.		66

## LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIACÕES

ANOVA: análise de variância  
AO: ácido oleico  
ARA: ácido araquidônico  
ATP: adenosina trifosfato  
CA: conversão alimentar  
CGE: célula granulocíticas especial  
CHCM: concentração de hemoglobina corpuscular média  
DHA: ácido docosa-hexaenóico  
EFA: ácido graxo essencial  
EPA: ácido eicosapentanóico  
FAO: Food and agriculture Organization of the United Nation  
GP: ganho de peso  
HCM: hemoglobina corpuscular médio  
HUFA: ácidos graxos poliinsaturados de cadeia longa  
IDS: índice digestivo-somático  
IHS: índice hepato-somático  
IL -1 $\beta$ : interleucina  
LA: ácido linoleico  
LNA: ácido linolênico  
Lts: leucotrieno  
MPA: Ministério da Pecuária e Abastecimento  
MUFA: ácido graxo monoinsaturado  
OP: óleo de peixe  
OV: óleo vegetal  
PGs: prostaglandina  
pH: potencial hidrogeniônico  
PUFA: ácidos graxos poliinsaturados  
SFA: ácidos graxos saturados  
TCE: taxa de crescimento específico  
TEP: taxa de eficiência proteica  
TNf- $\alpha$ : citocina pró-inflamatória  
TS: taxa de sobrevivência  
UnB: Universidade de Brasília  
VCM: volume corpuscular médio

**CAPÍTULO 1**  
**INTRODUÇÃO E REVISÃO DE LITERATURA**

## INTRODUÇÃO

A piscicultura tem sofrido constantes transformações, se consolidando como importante atividade no agronegócio, como substituto do peixe proveniente da pesca extrativa. A aquicultura tem respondido pela demanda por pescado, representando cerca de 49% do total de pescado produzido (FAO, 2014). O setor aquícola brasileiro apresentou nos últimos anos bom desenvolvimento com grande potencial no suprimento de pescado, com previsão de produção de 925 mil toneladas para ano de 2016 (Sindirações, 2016).

Além da redução dos estoques pesqueiros naturais, aumento da demanda populacional por alimentos saudáveis, avanços tecnológicos, como melhoramento genético, rações balanceadas mais eficientes, melhorias nas instalações e sistemas mais intensivos de produção, colaboram para o crescimento do setor aquícola.

No entanto, a indústria de ração para organismos aquáticos têm enfrentado dificuldades em atender no mesmo ritmo a demanda ao piscicultor. Um dos entraves tem sido em relação ao fornecimento de óleo de peixe (OP), insumo básico na formulação das dietas, devido à redução nos estoques pesqueiros naturais.

O uso de óleo de peixe como fonte lipídica na dieta fornece energia e ácidos graxos (Yildiz et al., 2015) com destaque para níveis mais elevados de ácidos graxos altamente insaturados (HUFA) da série n-3, que são essenciais para ótimo crescimento e manutenção da saúde dos peixes cultivados (Turchini et al., 2009).

Com a elevação dos preços globais e limitação das fontes de óleo de peixe (OP), a indústria da aquicultura está sobre intensas críticas de cientistas e grupos ambientalistas no que diz respeito a sustentabilidade ecológica a longo prazo da finita fonte de recursos pesqueiros (Naylor et al., 2000; Worm et al., 2006). Segundo Turchini et al. (2009) os óleos vegetais tem

se tornado cada vez mais atrativas de um ponto de vista econômico para a indústria de ração que busca fontes alternativas, confiáveis e mais baratas.

O pequi tem ganhado a atenção de pesquisadores devido às atividades terapêuticas antibacteriana, antifúngica, parasiticida e antioxidante (Passos et al., 2001; Hinneburg et al., 2006; Paula-Junior et al., 2006). Em relação aos ácidos graxos presentes no fruto, o oleico destaca-se, onde sua concentração na polpa é de 55,87%, seguido pelo ácido palmítico (35,17%). Na amêndoa as quantidades dos ácidos, palmíticos e oleico, são praticamente iguais (43,76% e 43,59%, respectivamente) (Damiani et al., 2013). Segundo Lima et al. (2007) tanto polpa quanto amêndoa apresentam ácidos graxos importantes para composição de uma dieta saudável.

## PROBLEMÁTICA E RELEVÂNCIA

O crescimento da aquicultura mundial como resultante de investimentos em tecnologias impulsionou nas últimas décadas um aumento acentuado no consumo de óleo de peixe, insumo básico na formulação de dietas para organismos aquáticos. No entanto, a oferta desse ingrediente tem declinado na últimas décadas em razão do aumento da demanda pelo setor aquícola e consumo humano na forma de suplemento alimentar e pela redução da captura de espécies marinhas. Assim, como consequência dessa redução houve um disparo nos preços mundiais deste insumo.

Óleo de peixe é um fonte lipídica de grande importância na piscicultura devido a abundância em ácidos graxos essenciais e ácidos graxos poliinsaturados de cadeia longa (HUFA). Porém, novas fontes de ácidos graxos devem ser estudadas, uma vez que a oferta de OP se tornou cara e limitada.

Os óleos vegetais são opções viáveis para formulação de dietas para organismos aquáticos, pois apresentam elevada produção e estabilidade no preços. Apesar de não apresentarem os mesmos níveis de ácidos graxos que os de OP, principalmente quanto aos HUFA da série n-3, são ricos em PUFAs, como ácido linoleico (18:2 n-6; LA) e ácido linolênico (18:3 n-3; LNA). Os peixes apresentam a capacidade de converter LA e LNA em HUFA (n-3 e n-6) por meio de enzimas que realizam desaturações e alongamentos sucessivos. No entanto, o perfil lipídico muscular dos peixes é influenciado pela composição de ácidos graxos da dieta (Nasopoulou & Zabetakis, 2012), podendo também alterar a relação n-3/n6 comprometendo à saúde e resistência dos peixes (Lall 2000; Mourente et al., 2005).

Fontes lipídicas vegetais, com óleo de soja, canola, linhaça já foram testadas na alimentação em diferentes espécies de peixes. Dessa forma avaliar o efeito de outras fontes lipídicas vegetais alternativas podem reduzir a competitividade no mercado por óleos vegetais.

O pequi (*Caryocar brasiliense*, Camb), fruto típico do Cerrado brasileiro, tem despertado interesse econômico não somente pelo seu uso tradicional na culinária, mas também pelas características terapêuticas de seus óleos (Almeida & Silva, 1994). Seu óleo caracteriza-se pela presença majoritária do ácidos oleico, graxos monoinsaturados e menores de LA e LNA (Ribeiro, 2011).

Estudos de ácidos graxos com valiosas informações em seus efeitos no crescimento de tambaqui (*Colossoma macropomum*) são raros (Guimarães & Martins, 2015). Devido a importância da espécie para piscicultura brasileira, torna-se necessário o desenvolvimento de pesquisas que venham aumentar as quantidades de informações relacionadas ao uso de fontes vegetais em seu desempenho, aspectos fisiológicos e composição lipídica. Portanto, a avaliação de fontes lipídicas alternativas na alimentação desta espécie torna-se relevante.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo Geral**

Objetivou-se avaliar a adição de óleo da polpa de pequi (*Caryocar brasiliense*, Camb) na dieta de juvenis de tambaqui (*Colossoma macropomum*, CURVIER 1818).

### **Objetivos específicos**

- a) Avaliar o desempenho dos animais submetidos aos diferentes níveis de adição do óleo da polpa de pequi;
- b) Avaliar o efeito nos parâmetros hematológicos dos animais alimentados com os diferentes níveis de óleo da polpa de pequi;
- c) Avaliar o efeito no sistema imune dos animais alimentados com os diferentes níveis de óleo da polpa de pequi;
- d) Determinar o perfil de ácidos graxos da carcaça dos animais alimentados com os diferentes níveis de óleo da polpa de pequi;

## REVISÃO DE LITERATURA

### Espécie teste

O tambaqui (Figura 1), *Colossoma macropomum* (Cuvier 1818), é uma espécie nativa da Bacia Amazônica com excelente potencial para o cultivo por apresentar bom crescimento, hábito gregário, resistência a baixos níveis de oxigênio dissolvido e excelente no aproveitamento de alimentos (Saint-Paul, 1986). O tambaqui representa a espécie comercial mais importante da Amazônia (Reis Neto, 2007), sendo a segunda espécie mais cultivada pela aquicultura brasileira, principalmente pela sua elevada taxa de crescimento e baixos custos quando comparado à demais espécies produzidas (Guimarães & Martins, 2015).

Figura 1 – Exemplar de tambaqui, *Colossoma macropomum*, CURVIER 1818. Fonte: próprio autor.



A espécie pertencente à ordem Characiforme e subfamília Serrasalminidae e pode alcançar 100 cm de comprimento e peso superior a 30 kg, atingindo maturidade sexual em torno do quarto ao quinto ano de vida em vida livre, já em cativeiro pode ser atingida já no terceiro ano de vida (Gery, 1977; Goudinho & Carvalho, 1982; Araújo-Lima & Goulding, 1998; Araújo-Lima & Gomes, 2005). A crescente expansão no cultivo de tambaqui nas diferentes regiões do

Brasil é atribuído ao seu excelente potencial para produção intensiva, fácil obtenção de juvenis, elevado potencial de crescimento, alta produtividade, resistência a baixos níveis de oxigênio dissolvido e boa conversão alimentar (Saint-Paul, 1986; Val et al., 1998; Araújo-Lima & Goulding, 1998; Melo et al., 2001; Araújo-Lima & Gomes, 2005).

A resistência à ambientes hipóxicos (concentração de oxigênio abaixo de  $0,5 \text{ mg O}_2 \text{ L}^{-1}$ ) da espécie, ocorre devido a uma adaptação morfo-anatômica, onde o lábio inferior se desenvolve, apresentando hiperplasia, com a função de captar mais água para as brânquias, assim captando mais oxigênio (Saint-Paul, 1986; Val & Almeida-Val, 1995).

Em relação ao seu comportamento alimentar, apresenta variação entre zooplanctófago para onívoro, com tendências a frugívoro (Honda, 1974; Araújo-Lima & Gomes, 2005). Já em ambiente de cultivo, o tambaqui apresenta aceitação por ração comercial, elaborada a partir de grãos e co-produtos agroindustriais (Araújo-Lima & Gomes, 2005).

Segundo Almeida et al. (2006) a rusticidade do tambaqui pode ser explicada pela capacidade de adaptação do seu sistema enzimático do trato gastrointestinal de acordo com o perfil e qualidade do alimento ingerido. Diferentes níveis de inclusão de amido de milho (30%, 40% e 50%) em dietas lipoproteica (28%) e isocalórica ( $3.300 \text{ kcal Kg}^{-1}$ ) proporcionaram alterações no perfil enzimático do trato gastrointestinal, com maiores níveis de amilase e maltase para os níveis de 40% e 50%, porém com maior deposição de gordura na carcaça (Corrêa et al., 2007).

A criação em sistema semi-intensivo apresenta bons resultados quando dividida na fase de recria (60dias) e engorda (240-300 dias) com ração comercial (34 e 28% de proteína) (Reis Neto (2007). Na região Norte a produção em viveiro escavado tem apresentado bom resultado econômicos (Melo et al., 2001). Segundo Araujo-Lima e Gomes (2005) afirmaram que a produção em tanque-rede apresenta crescimento considerado no Brasil.

### **Lipídios na nutrição de peixes**

Os lipídios são componentes importantes nas dietas para peixes considerando seu potencial energético, se apresentando como importante fonte de energia e ácidos graxos essenciais para o desenvolvimento adequado dos animais, atendendo a demanda energética na forma de Adenosina Trifosfato (ATP) e ainda contribuem para o carreamento de vitaminas lipossolúveis (Souto et al., 2015).

Na formulação de rações para organismos aquáticos são utilizados fontes lipídicas de origem vegetal e animal. A composição em ácidos graxos destas fontes apresenta

variação em função da fonte, onde óleos de origem vegetal apresentam predominância de ácidos graxos insaturados, enquanto que nos óleos de origem animal há maior quantidade de ácidos graxos saturados (Tavares, 2011).

Os ácidos graxos são os principais constituintes dos lipídeos, os quais conferem suas propriedades gerais (Ribeiro et al., 2007), sendo classificados de acordo com a cadeia carbônica em saturados (sem dupla ligação) e insaturados (com uma ou mais duplas ligações). Em relação ao número de moléculas de carbono são classificados em ácidos graxos de cadeia curta (4 a 6 átomos de carbono), ácidos graxos de cadeia média (8 a 12 átomos de carbono) e ácidos graxos de cadeia longa (mais de 12 átomos de carbono) (Silva, 2011)

Preferencialmente, peixes utilizam energia proveniente das proteínas e lipídios da dieta (Tocher, 2003). Em comparação com a energia obtida por proteínas e carboidratos, os lipídios são mais vantajosos, devido a oxidação lipídica gerar duas vezes mais energia que a dos carboidratos (Nelson & Cox, 2006). Os lipídios também são importantes fontes de reservas energéticas, principalmente no músculo, sendo obtida por meio da beta – oxidação (Froyland et al., 2000).

Além de atenderem as demandas energéticas, são capazes de auxiliar as funções dos rins e das brânquias, o desenvolvimento neural e visual, bem como a reprodução e sanidade (Henderson & Tocher, 1987; Sargent et al., 2002; Tocher, 2003). Os lipídios fazem parte praticamente de todos os processos fisiológicos, sendo absorvidos na forma de ácidos graxos e monoglicerídeos e sua presença nas dietas, quando metabolizados, promovem alterações na composição dos ácidos graxos que constituem os fosfolipídios de membrana, contribuindo com o processo de fluidez, assim como de resposta imunológica (Silva, 2011).

Essenciais ao metabolismo energético dos organismos aquáticos, fazem parte de um grupo amplo de composto biológicos facilmente solubilizados por solventes orgânicos, porém insolúveis ou pouco em água (Koolman, 2005). A influência dos lipídios dietéticos sobre as respostas imunológicas são limitadas e apresentam contradições em função da sua complexidade e do fato de a efetividade da sua ação ainda não estar completamente elucidada (Silva, 2011). O efeito modulador dos ácidos graxos na dieta sobre as repostas imunes são atribuídas, em parte, à sua influência na produção de prostaglandinas (PGs) e leucotrienos (Lts) pelos macrófagos (Oliveira, 2004). Relatos apontam efeito benéfico direto e indireto de ácidos graxos dietéticos na produção de citocinas ou na proliferação de linfócitos (Yaqoob et al., 1994; Pablo et al., 2002;).

Diferentes respostas fisiológicas são obtidas em função do tipo de ácido graxo e quantidades ofertados na dieta. A inclusão de ácidos graxos poliinsaturados (PUFA) da família

n-3 para bagre do canal causaram efeito negativo sobre o sistema imunológico (Li et al., 2004). O excesso de ácido eicosapentanóico (EPA) e ácido docosa-hexaenóico (DHA) podem aumentar o estresse oxidativo e causar imunossupressão (Pompeia et al., 2000; Narayan et al., 2006).

A família dos ácidos graxos n-3 de cadeia longa, como o ácido araquidônico (ARA) e o docosaexaenóico são importantes no desenvolvimento e funcionamento do cérebro e retina, bem como do sistema imune (Silva, 2011). No entanto, esse grupo deve ser fornecido ou pode ser sintetizado a partir dos ácidos linoleico (LA) e alfa-linolênico (LNA) presentes na dieta (Martin et al., 2006). Diversos peixes de água doce são capazes de converter LA e LNA em HUFA, como ácido araquidônico (ARA), ácido eicosapentanóico (EPA) e ácido docosa-hexaenóico (DHA) (Sargent et al., 2002; Tocher, 2003; Turchini et al., 2011).

Os ácidos graxos poliinsaturados (PUFA), em especial o ácido araquidônico (ARA) tem como função servir de precursor de um grupo de substâncias denominadas eicosanóides. Funções fisiológicas como, coagulação sanguínea, resposta imune, resposta inflamatória, tônus cardiovascular, função renal e neural, bem como reprodução são atribuídas aos eicosanóides (Sargent et al., 2002; Tocher, 2003).

Eicosanóides são substâncias autócrinas, altamente eficaz em pequena concentração, sendo produzidas pela atividade das enzimas ciclooxigenases que resultam em compostos oxigenados cíclicos, já as enzimas lipoxigenases, produzem derivados oxigenados lineares (Garcia et al., 2013). Dentro do grupo dos compostos oxigenados cíclicos encontram-se as prostaglandinas, as prostaciclina e os tromboxanos e dentro dos compostos lineares estão os leucotrienos e as lipoxinas (Jump, 2002).

Os eicosanóides produzidos a partir do ácido araquidônico (ARA), em peixes, são mais biologicamente mais ativos que os derivados de outros C20 PUFA, como ácido eicosapentanóico (EPA), no entanto há uma competição por sítios enzimáticos entre AA e outros C20 PUFA que formam eicosanóides, sendo o ARA menos competitivo em relação à PUFA n-3 (Sargent et al., 2002; Tocher, 2003).

Alterações na composição da dieta de gilthead sea bream (*Sparus aurata*), pela inclusão de PUFA da série n-3 foram capazes de promover alterações na expressão da citocina pró-inflamatória (TNF- $\alpha$ ) e interleucina (IL-1 $\beta$ ) (Montero et al., 2010), no entanto esta resposta não foi observada em Atlantic salmon (Seierstad et al., 2009).

Estudos demonstraram que o fornecimento de ácido graxo linolênico (LNA) é capaz de aumentar imunidade não específica em tilápia do Nilo (Yildirim-Aksoy et al., 2007; Chen et al., 2016) e imunidade celular (atividade fagocitária e atividade respiratória de

leucócitos) em juvenis de grouper (Lin and Shiau, 2007; Wu and Chen, 2012) e catfish (Li et al., 2013).

### **Óleos Vegetais na nutrição de peixes**

O óleo de peixe é a principal fonte lipídica na dieta de peixes sendo necessária em maiores quantidades na dieta de espécies carnívoras (Martinz-Lorens et al., 2007). Essa fonte lipídica apresenta elevadas quantidades de ácidos graxos insaturados da série n-3 (n-3 HUFA), incluindo (20:5 n-3; EPA) e (22:6 n-3; DHA), os quais são benéficos à saúde humana (Martini et al., 2002; Turchini et al., 2009) e ao cultivo de peixes (Sonu et al., 2014).

A matéria prima usada na indústria de farinha de peixe e óleo de peixe compreende de pequenas espécies pelágicas e de subprodutos do processamento de espécies consumidas na alimentação humana (Sheperd & Jacson, 2013). Estima-se que para uma produção total global de 37,4 milhões de toneladas de peixes, crustáceos, anfíbios e répteis em 2006 (FAO, 2008), o setor aquícola consome o equivalente a 16,5 milhões de toneladas de peixes pelágicos na forma de farinha de peixe e óleo de peixe como ingredientes na formulação de rações (Tacon & Metian, 2008).

O fornecimento de óleo de peixe talvez não seja suficiente para atender o aumento da sua demanda pelas fábricas de ração devido à captura estagnada de peixes, na qual resulta em elevação dos preços (Turchini et al., 2009; Glencross 2009; Asdari et al., 2011). Segundo Tacon & Metian (2008) a captura de peixes está completamente explorada, e a produção global de óleo de peixe atingiu seu platô.

O Aumento do consumo de farinha de peixe e óleo de peixe pela aquicultura não atingiu a mesma expansão dos ingredientes de origem marinha (Shepherd & Jacson, 2013), dessa forma os óleos vegetais (OV) são candidatos promissores para substituírem o óleo de peixe, devido à sua disponibilidade, preço relativamente estável e perfil de ácidos graxos (Babbar & Konda, 2014).

Diversos estudos têm sugerido o uso de OV como substituto total ou parcial (Montero et al., 2003; Lin & Shiau, 2007; Yildiz et al., 2013; Yildirim et al., 2013). Estes podem ser considerados como uma boa alternativa como fonte lipídica em salmonídeos e peixes de água doce (Kenari et al., 2011; Köse & Yildiz, 2013;). As fontes vegetais mais comumente empregadas na alimentação de peixes são os óleos de soja, linhaça, colza, girassol, de palma e de oliva (Nasopoulous & Zabatakis, 2012).

No entanto, em comparação ao óleo de peixe, os de origem vegetal são deficientes em (HUFA), tanto da série n-3, como 20:5 n-3 (EPA) e 22:6 n-3 (DHA) quanto da série n-6, como 20:4 n-6 (ARA) (Holub & Holub, 2004; Tuchini et al., 2011). Entre as diferentes fontes lipídicas vegetais há diferenças em sua composição (Tabela 1) o que deve ser considerado em sua escolha.

Apesar da carência em HUFA na fontes lipídicas vegetais quase todos os peixes, assim como vertebrados, potencialmente tem a habilidade de converter PUFA (C18:2 n-6; LA) e o (C18:3 n-3; LNA) em HUFA (EPA, DHA e ARA) *in vivo* por uma alternância sucessiva de desaturação e alongação (Nakamura & Nara, 2004). Dessa forma LA e LNA são classificados com ácidos graxos essenciais (EFA) (Das, 2006; Tocher, 2010).

Tabela 1. Perfil das classes de ácidos graxos, de alguns óleos vegetais comerciais<sup>1</sup>.

Óleo vegetal	SFA <sup>2</sup>	MUFA	n-6 PUA	n-3 PUFA	n-3 HUFA
% do total de ácidos graxos-					
Palmas	51,6	37,0	9,1	0,2	-
Coco	91,9	5,8	1,8	-	-
Oliva	14,1	73,3	7,0	0,6	-
Canola	7,4	62,3	20,2	12,0	-
Girassol	10,6	19,5	65,7	-	-
Milho	13,3	24,2	58,0	0,7	-
Soja	15,1	23,2	51,0	6,8	-
Linhaça	9,4	20,2	12,7	53,3	-

<sup>1</sup>Fonte: NRC, 2011.

<sup>2</sup>Classes de ácidos graxos: SFA (ácidos graxos saturados), MUFA (ácidos graxos monoinsaturados), n-6 PUFA (ácidos graxos poli-insaturados da série n-6), n-3 PUFA (ácidos graxos da série n-6), n-3 HUFA (ácidos graxos de cadeia longa da série n-3).

Estudos conduzidos com diferentes espécies de peixes indicaram que óleo de semente de girassol (Yildiz & Sener, 1997; Bransden et al., 2003; Sener & Yildiz, 2003, Sener et al., 2005; Menoyo et al., 2007) e linhaça (Izquierdo et al., 2003; Menoyo et al., 2007) podem ser usados como substitutos ao óleo de peixe. A combinação de óleo de sesame, linhaça e girassol em juvenis de truta arco íris (*Oncorhynchus mykiss*) não comprometeram o crescimento (Köse & Yildiz, 2013).

No entanto, o uso de OV tem impactos significativos na composição de ácidos graxos dos tecidos dos peixes com um aumento nos ácidos linoleico (18:2 n-6, LA) e ácido linolênico (18:3 n-3; LNA) e uma redução nos ácidos graxos de cadeia longa da série n-3 (HUFA n-3) (Cabellero et al., 2002; Bell et al., 2003; Guller & Yildiz, 2011). A elevada

concentração de LA presente na fonte lipídica vegetal pode ser inibidor da conversão de LNA nos ácidos graxos de cadeias mais longas (HUFA n-3 e HUFA n-6) e consequentemente alterar na relação de n-3/n-6 (Turchini et al., 1999; Sargent et al., 1999; Köse & Yildiz, 2013).

### **Pequi (*Caryocar brasiliense*)**

O pequizeiro (figura 2) é uma árvore típica do Cerrado brasileiro, pertencente à família *Caryocaraceae*, representado por dois gênero, o *Caryocar* e o *Anthodiscus*, sendo o *Caryocar* o mais representativo com 10 espécies (Miranda-Vilela, 2008). Deste gênero são encontradas três espécies, o *Caryocar brasiliense* Camb, o *C. coriaceum* Wittm, e *C. cuneatum* Wittm., sendo o primeiro o mais importante devido sua maior ocorrência em todo Cerrado (Almeida et al., 1998).

Seu florescimento ocorre entre os meses de agosto a novembro, com frutos iniciando a maturação em meados de novembro, podendo se estender até fevereiro (Lorenzi, 2002). Em cada planta pode produzir entre quinhentos a dois mil frutos, pesando de 100 a 300 gramas e as sementes variam de um a quatro por fruto (Almeida & Silva, 1994).

Figura 2 - Pequizeiro (*Caryocar brasiliense*, Camb.). Fonte: Penna (2008)



Constituído pelo exocarpo (marrom-esverdeado), mesocarpo externo, o pequi apresenta uma polpa branca que abriga de 1 a 6 caroços (pirênios), e mesocarpo interno (polpa comestível interna) de coloração que varia de amarelo pálido a alaranjado intenso (Ribeiro, 2011). O endocárdio que abriga a amêndoa apresenta-se espinhoso como função de protege-lo é revestida por uma tegumento fino e marrom (Figura 3) (Silva et al., 1994; Almeida, 1998).

O pequi é considerado uma das espécies nativas do Cerrado de maior interesse econômico, principalmente devido ao uso do seu fruto na culinária, a extração de óleos para a fabricação de cosméticos e suas propriedades terapêuticas (Almeida & Silva, 1994). A composição centesimal da polpa e amêndoa encontram-se na tabela 1.

Figura 3 - Aspecto morfológico do pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.). Fonte: Alves et al. (2012).



Tabela 2 – Composição centesimal da polpa e amêndoa do pequi na base úmida.\*

Constituintes	Polpa	Amêndoa
Umidade (%)	41,50 ± 2,00	8,68 ± 0,08
Cinzas (g)	0,63 ± 0,01	4,01 ± 0,51
Proteína (g)	3,00 ± 0,13	25,27 ± 0,74
Lipídios (g)	33,40 ± 3,76	51,51 ± 0,35
Carboidratos (g)	11,45	8,33
Fibra Alimentar total (g)	10,02 ± 0,2	2,20 ± 0,1
Valor energético Total (Kcal)	358,4	598,3

\*Valores expressos como média ± desvio padrão; Fonte: Lima et al. (2007)

A polpa do pequi é uma fonte de energia, proteína, fibras, vitaminas e sais minerais (Rodrigues et al., 2007) e a amêndoa também representa importante fonte energética (598kcal/100g), contendo 51,51% de lipídios, 25,27% de proteínas, 8,33% de carboidratos, 2,2% de fibras e elevado teor de minerais (Lima, 2008). Também são encontrados em ambas partes compostos antioxidantes, representados pelos compostos fenólicos e carotenoides (Lima, 2008; Miranda-Vilela et al., 2008).

O teor de fibra bruta contida na polpa do pequi é considerado alto. Em relação às vitaminas, o teor de vitamina C é maior que muitas frutas típicas ricas nesse componente (Almeida et al., 1998; Lima et al., 2007). Ainda são consideradas importantes fontes de Manganês, Zinco, Cobre, Magnésio e Fósforo, contendo Sódio, Ferro e Cálcio (Almeida &

Silva, 1994) e com o óleo fornecem riboflavinas, tiaminas e carotenoides provitamínicos “A”, com ação terapêutica na prevenção de hipovitaminose A (Roesler et al., 2007).

Elevadas quantidades de carotenoides totais ( $7,25 \text{ mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$ ) foram encontrados na polpa de frutos de pequi procedentes do estado do Piauí (Lima et al., 2007). Estudo realizado em polpas de frutos provenientes de Belo Horizonte (Minas Gerais) revelaram a presença de violaxantina, luteína e zeaxantina como principais carotenoides (Azevedo-Meleiro & Rodriguez-Amaya 2004). Para frutos oriundos de Campo Grande (Mato Grosso do Sul) observou-se maior presença da anteraxantina como pigmento carotenoide predominante na polpa (Ramos et al., 2001).

Em estudo realizado comparando frutos de regiões diferentes, observou-se maiores teores de carotenoides nos pequis procedentes de Mato Grosso e Minas Gerais (média de  $18.700\text{ug} \cdot 100\text{g}^{-1}$ ) (Ribeiro, 2011). Diferenças nos valores de carotenoides foram observados em frutos de pequis colhidos na árvore e no chão, constatando-se maior presença nos frutos que encontravam-se ao chão, devido ao maior grau de maturação (Oliveira et al., 2010).

Há indícios que os carotenoides agem contra respostas inflamatórias e câncer, modulando as vias de sinalização redox-sensíveis, como a sinalização do fator de transcrição fator nuclear B (NF- $\kappa$ B) (Wagner & Elmadfa, 2003; Salminen et al., 2008). Os teores de compostos fenólicos totais e carotenoides totais na polpa e amêndoa encontram-se tabela 1.

Tabela 3 – Teores de fenólicos totais e carotenoides totais em  $\text{mg}/100\text{g}$ , na polpa e amêndoa de pequi.\*

Constituintes	Polpa	Amêndoa
Fenólicos totais	$209,0 \pm 0,05$	$122,0 \pm 0,05$
Carotenoides totais	$7,25 \pm 0,6$	$0,295 \pm 0,5$

\*Valores expressos como média  $\pm$  desvio padrão; Fonte: Lima et al. (2007)

O teor de compostos fenólicos da polpa de pequi oriundo do Piauí apresentaram valores consideráveis ( $209 \text{ mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$ ) (Lima et al., 2007). Roesler et al. (2007) verificaram maior quantidade de compostos fenólicos na casca em comparação com a polpa e semente e que estes apresentam pequena capacidade antioxidante. No entanto, o consumo do óleo da polpa de pequi, provenientes de Brasília-DF, foi eficiente na redução dos danos teciduais em atletas corredores (Miranda-Vilella et al., 2009).

Os compostos fenólicos são poderosos antioxidantes, podendo agir de diferentes formas, no combate aos radicais livres, pela doação de um átomo de hidrogênio de um grupo hidroxila da sua estrutura aromática, capaz de suportar um elétron desemparelhado (Ribeiro, 2011).

A presença de composto fenólicos totais, importantes agentes redutores, na polpa do pequi (209mg/100g) é superior ao encontrado em outras frutas, como açaí, goiba, morango, abacaxi, graviola e maracujá, sendo inferior apenas para acerola e a manga (Lima et al., 2007). Estudos com pequis oriundos de Fostaleza-CE apontam níveis bem mais elevados (4.623,4mg/100g) (Barreto et al., 2009).

A composição em ácidos fenólicos livres presentes na polpa e amêndoa do pequi apresentam similaridade, sendo identificado os ácidos elágico, gálico, 4-hidroxi benzoico e p-coumárico, no entanto, a presença do flavonóide procianidina B2 foi observado somente na amêndoa (Lima, 2008).

Os óleos vegetais provenientes dos frutos do Cerrado representam uma possibilidade de desenvolvimento sustentável para região (Oliveira, 2010), devido ao alto teor de ácido oleico, que são importantes para o consumo humano (Garcia et al., 2007). “Óleo de pequi” segundo a ANVISA (1989) é considerado como produto constituído de glicerídeos de ácidos graxos obtidos, exclusivamente, por expressão dos frutos do pequizeiro, sem qualquer uso de solventes. A tabela 3 apresentar o perfil de ácidos graxos encontrados na polpa e amêndoa do pequi.

Tabela 4 – Composição percentual de ácido graxo da polpa e amêndoa de pequi (*Caryocar brasiliense*).\*

Ácidos graxos	Nº carbonos	Polpa	Amêndoa
Láurico	C12:0	00,4 ± 0,00	nd
Mirístico	C14:0	0,13 ± 0,01	0,46 ± 0,01
Palmítico	C16:0	35,17 ± 0,27	43,76 ± 0,04
Palmiotélico	C16:1	1,03 ± 0,00	1,23 ± 0,03
Esteárico	C18:0	2,25 ± 0,04	2,54 ± 0,06
Oléico	C18:1 n-9	55,87 ± 0,30	43,59 ± 0,16
Cis-vacênico	C18:1 n-7	1,90 ± 0,08	1,38 ± 0,01
Linoléico	C18:2	1,53 ± 0,02	5,51 ± 0,08
α-linolênico	C18:3	0,45 ± 0,00	0,09 ± 0,00
Araquídico	C20:0	0,23 ± 0,00	0,20 ± 0,00
Gadoléico	C20:1	0,27 ± 0,01	0,04 ± 0,00
Docosaexaenóico	C22:6	nd	0,19 ± 0,02
Total de saturados		37,97	47,17
Total de insaturados		61,35	52,48
Não identificados		0,68	0,35

\*Valores expressos como média ± desvio padrão; Nd = não detectado; Fonte: Lima et al. (2007)

O fruto apresenta alto teor de lipídios e carotenoides na polpa (Lima et al., 2007), tendo como perfil de ácidos graxos da polpa, a predominância de ácidos graxos insaturados (61%) (Oliveira et al., 2010). Os estudos com óleo de pequi são em sua maioria realizados no

óleo extraído da polpa, onde o teor de lipídios varia de 57% a 61% (matéria seca) e variação é decorrentes da espécie, fatores climáticos e regionais (Aquino et al., 2009).

Estudo realizado por Ribeiro (2011), observou-se alta concentração de ácidos graxos monoinsaturados, principalmente o ácido oleico, para frutos oriundos do Tocantins (região de Presidente Kennedy). Na polpa predominam a presença do ácido graxo oleico (48,7% a 64,21%) seguido do palmítico (34,4% a 46,79%), além de outros componentes minoritários como o palmitoléico, mirístico, heptadecenóico, linoleico, linolênico, araquídico e esteárico (Figueredo et al., 1989; Azevedo-Meleiro & Rodrigues-Amaya, 2004; Lima, 2008).

O óleo da polpa e da amêndoa, constituídos em sua maior parte por ácidos oleico e palmítico, somada a algumas características específicas como a antioxidante, tornam o óleo de pequi um fonte de matéria prima para indústria de cosméticos e alimentícia (De Deus, 2008). Tanto a polpa quanto a amêndoa são ricas em riboflavina, tiamina, provitamina A e em óleos que lhes conferem grande valor nutricional, com destaque para presença do ácido graxo oleico e do palmítico (Damiani et al., 2013).

De acordo com Almeida et al. (1998) o óleo desse fruto é utilizados na medicina popular no tratamento de bronquite, gripes, resfriados e no controle de tumores. No óleo extraído da polpa foram encontrados antioxidantes naturais que reduziram estresse oxidativo em ratos e, conseqüentemente, promoveu proteção contra danos ao DNA (Miranda-Vilela et al, 2008). Batista et al. (2009) observaram aceleração no processo de cicatrização em ratos tratados com creme à base de óleo da polpa do pequi. Foram verificados achados histológicos característicos da etapa final do processo de cicatrização, como acentuada quantidade de fibroblastos, fibras colágenas e completo processo de reepitelização.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, S.P. **Frutas nativas do cerrado: caracterização físico-química e fonte potencial de nutrientes.** In: Sano, S.M.; Almeida, S.P. Cerrado: ambiente e flora. Planaltina, DF: EMBRAPA-CPAC, p.247-285, 1998.
- ALMEIDA, S.P., SILVA, J.A. Pequi e buriti: importância alimentar para a população dos Cerrados. Planaltina: Embrapa-CPAC, 38p.,1994.
- ALVEZ, A.M., FERNANDES, D.C., SOUSA, A.G.O., NAVES, M.M.V. Caracterização física e química de frutos de pequi oriundos de três estados brasileiros. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 2012 (No Prelo).
- ANVISA. **Padrão de identificação e qualidade para óleo de pequi.** Portaria DINAL/MS no 4, Anvidalegis, Brasília, 1989.
- AQUINO, L.P.; FERRUA, F.Q.; BORGES, S.V.; CIRILLO, M.A.; VIEIRA, A.P. Influência do pré-tratamento da polpa de pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) no rendimento do extrato lipídico. **Alim. Nutr.**, Araraquara, v.20, p.289-294, 2009.
- ARAÚJO-LIMA, C.A., GOULDING, M. Os frutos do tambaqui: Ecologia, Conservação e cultivo na Amazônia. **Sociedade Civil Mamiaráu**, 186p., 2005.
- AZEVEDO-MELEIRO, C.H.; Rodrigues-Amaya, D.B. Confirmation of the identity of the carotenoids of tropical fruits by HPLC-DAD and HPLC-MS. **Journal of food Composition and Analysis**, San diego, v.17, p.385-396, 2004.
- BARRETO, G.P.M.; BENASSI, M.T.; MERCADANTE, A.Z. Bioactive compounds from several tropical fruits and correlation by multivariate analysis to free radical scavenger activity. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, São Paulo, v.20, p.1856-1861, 2009.
- BATISTA, J.S.; SILVA, A.E.; RODRIGUES, C.M.F. et al. Avaliação da atividade cicatrizante do óleo de pequi (*Caryocar cariaceuem* wittim) em feridas cutâneas produzidas experimentalmente em ratos. **Arq. Inst. Biol.** v.77, n.3, p.441-447, 2010.
- BELL, J.G., TOCHER, D.R., HENDERSON, R.J., DICK, J.R., CRAMPTON, V.O. Altered FA compositions in Atlantic salmon (*Salmo salar*) fed diets containing linseed and rapessed oils can be partially restored by a subsequeute fish oil finishing diet. **J. Nutr**, v.133, p.2793-2801, 2003.

BRANSDEN, M.P., CARTER, C.G., NICHOLS, P.D. 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. **Comparative Biochemistry and Physiology B**, v.135, p.611-625, 2003.

BRASIL. Ministério da Pesca e Aquicultura (MPA). **Estatística da Pesca e Aquicultura 2011**. Disponível em: [http://www.sepaq.pa.gov.br/files/u1/anuario\\_da\\_pesca\\_completo.pdf](http://www.sepaq.pa.gov.br/files/u1/anuario_da_pesca_completo.pdf). Acesso em: 07 maio 2016.

CABALLERO, M.J., OBACH, A., ROSENLUND, G., MONTERO, D., GISVOLD, M., IZQUIERDO, M.S. Impact of different dietary lipid sources on growth, lipid digestibility, tissue FA composition and histology of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. **Aquaculture**, v.214-271, 2002.

CHEN, C.; SUN, B.; GUAN, W.; YINGZUO, B.; Ma, J.; CHEN, F.; PAN, Q.; XIE, Q. N-3 essential fatty acids in Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*: Effects of linolenic acid on non-specific immunity and anti-inflammatory response in juvenile fish. **Aquaculture**. v.450, p.250-257, 2016.

CORRÊA, C.F., AGUIAR, L.H., LUNDESTEDT, L., MORAES, G. Responses of digestive enzymes of tambaqui (*Colossoma macropomum*) to dietary cornstarch changes and metabolic inferences. **Comparative Biochemistry and Physiology**, Part A, v.147, p.857-862. 2007.

DAMIANE, C.; ALMEIDA, T.L.; COSTA, N.V.; MEDEIROS, N.X.; SILVA, A.G.M.; SILVA, F.A.; LAGE, M.E.; BECKER, F.S. Perfil de ácidos graxos e fatores antinutricionais de amêndoas de pequi crua e torrada. **Pesq. Agropec. Trop.**, v.43, p.71-78, 2013.

DAMIANI, C.; ALMEIDA, T.L.; COSTA, N.V.; MEDEIROS, N.X.; SILVA, A.G.M.; SILVA, F.A.; LAGE, M.E.; BECKER, F.S. Perfil de ácidos graxos e fatores antinutricionais de amêndoas de pequi crua e torrada. **Pesq. Agropec. Trop.** v.43, p.71-78, 2013.

DAS, U.N. Essential fatty acids – a review. **Current Pharmaceutical Biotechnology**, v.7, p.467-482, 2006.

DE ALMEIDA, L.C., LUNDSTED, L.M., MORAES, G. Digestive enzymes responses of tambaqui (*Colossoma macropomum*) fed on different levels of protein and lipid. **Aquaculture Nutrition**, v.12, p.443-450, 2006.

DE DEUS, T.N. **Extração e caracterização de óleo de pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) para uso sustentável em formulações cosméticas óleo/água (O/A)**. 2008. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Produção Sustentável) – Universidade Católica de Goiás, Goiânia, 2008.

FAO (2008). Fishstat Plus: Universal Software for Fishery Statistical Time Series. **Aquaculture Production: Quantities 1950-2008, Aquaculture Production: Values 1984-2010**; Capture Production: 1950-2008; Commodities Production and Trade: 1950-2008; Version 2.30. Rome: FAO Fisheries Department, Fishery Information, Data and Statistic Unit. Available at <http://www.fao.org/fishery/statistics/software/fishstat/en/>.

FAO – FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATION. 2014, **The state of world fisheries and aquaculture: opportunities and challenges**. Rome, 2014. 223p. Sofia. Disponível em: <<http://www.fao.org/3/a-i3720e/index.html>>. acesso em: 10 de janeiro de 2018.

FIGUEIREDO, R.W.; MAIA, G.A.; FIGUEIREDO, E.A.T. Propriedades físico-químicas e composição dos ácidos graxos da fração lipídica e amêndoa do pequi (*Caryocar cariaceum* Wittm.). **Ciê. Agron.** Fortaleza, v.20, p.135-139, 1989.

FROYLAND, L.; LIE, O.; BERGE, R.K. Mitochondrial and peroxisomal  $\beta$ -oxidation capacities in various tissues from Atlantic salmon *Salmo salar*. **Aquaculture Nutrition**. v.6, p. 85-89, 2000.

GARCIA, A.S.; GONÇALVES.; CAVALLI, R.O.; VIEGAS, E.M.M. **Lipídios**. In: Nutriaqua – Nutrição e alimentação de espécies de interesse para a aquicultura brasileira. FRACALOSSO, D.M.; CYRINO, J.E.P. (ed.), Florianópolis, 375p. 2013.

GARCIA, C.C.; FRANCO, P.I.M.; ZUPPA, T.O.; ANTONIOSI-FILHO, N.R.; LELES, M.I.G. Thermal stability studies of some cerrado plant oils. **J. Therm. Anal. Cal.** v.8, 2007.

GERY, J. Characoids of the world. **New Jersey**, USA: T.F.H. Pub. In. 1977. 972p.

GLENCROSS, B.D. Exploring the nutritional demand for essential fatty acids by aquaculture species. **Reviews in Aquaculture**, v.1, p.71-124, 2009.

GOULDING, M & CARVALHO, M.L. Life history and management of the tambaqui (*Colossoma macropomum*, Characidae): na important Amazonian food fish. **Revista Brasileira de Zoologia**, v.1, p.107-133, 1982.

GUIMARÃES, G. & MARTINS, G.P. Nutritional requirement of two aquacultured fish species, *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1816) and *Piaractus brachipomus* (Cuvier, 1818): amini review. **Journal of Applied Ichthyology**, v.31 (suppl.4), p.57-66, 2015.

GULER, M. & YILDIZ, M. Effects of dietary fish oil replacement by cottonseed oil on growth performance and fatty acid composition of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Turk. J. Vet. Anim. Sci.** 35, 157-167, 2011.

HENDERSON, R.J. & TOCHER, D.R. The lipid composition and biochemistry of freshwater fish. **Progress in Lipid Research**, v.26, p.281-347, 1987.

HINNEBURG, I; DAMIEN, H.J.; RAIMO, H. Antioxidant activities of extracts form selected culinary herbs and spices. **Food Chemistry**, v.97, p.122-129, 2006.

HOLUB, D.J. & HOLUB B.J. Omega-3 fatty acids from fish oils and cardiovascular disease. **Molecular and Cellular Biochemistry**, v.263, p.217-225, 2004.

HONDA, E.M.S. Contribuição ao conhecimento da biologia de peixes do Amazonas. Alimentação de tambaqui, *Colossoma bidens* (Spix). **Acta Amazônica**, Manaus, v.4, p.47-53, 1974.

IZQUIERDO, M.S, OBACH, A., ARANTZAMENDI, L., MONTERO, D., ROBAINA, L. & ROSENBLUND, G. Dietary lipid sources for seabream and seabass: growth performance, tissues composition and flesh quality. **Aquaculture Nutrition**, v.9, p.397-407, 2003.

JUMP, D.B. The biochemistry of *n*-3 polyunsaturated fatty acids. **Journal of Biology and Chemistry**, v.277, p.8755-8758, 2002.

KERANI, A.A., MOZANZADEH, M.T., POURGHOLAM, R. Effects of total fish oil replacement to vegetable oils at two dietary lipids levels on the growth, body composition, haemato-immunological and serum biochemical parameters in caspian brown trout (*Salmo trutta caspius* Kessler, 1877). **Aquaculture Research**, v.42, p.1131-1144, 2011.

KOOLMAN, J. & ROEHM, K-H. Color atlas of biochemistry. 2nd ed. New York: Thieme, 2005, 467p.

KÖSE, I. & YILDIZ, M. Effect of diets containing sesame oil on growth and fatty acid composition of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Journal of Applied Ichthyology**, v.29, p.1318-1324, 2013.

LALL, S.P. (2000) Nutrition and health of fish. In: **Avances em Nutricion Acuicola V**. Memorias del V Simposium Internacional de Nutricion Acuicola (Cruz-Suares, L.E.; Ricque-Marie, D., Tapia-Salazar, M.; Olvera-Novoa, M.A & Civera-Cerecedo, R. eds), pp. 19-22. Noviembre, Merida, Yucatan, Mexico.

LI, M.; CHEN, L.; QIN, J.G.; LI, E.; YU, N.; DU, Z. Growth performance, antioxidant status and immune response in darkbarbel catfish *Pelteobagrus vachelli* fed different PUFA/vitamin E dietary levels and exposed to high or low ammonia. **Aquaculture**. v.406, p.18-27, 2013.

LIMA, A. & MANCINI-FILHO, J. Compostos com atividade antioxidante no fruto pequi (*Caryocar brasiliense*, L). **Revista da Sociedade Brasileira de Alimentação e Nutrição**, v.30, p.310, 2005.

LIMA, A. **Caracterização química, avaliação da atividade antioxidante in vitro e in vivo e identificação dos compostos fenólicos presentes no pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.)**. 2008. 182p. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) – Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

LIMA, A.; SILVA, A.M.O.; TRINDADE, R.A.; TORRES, R.P.; MANCINI-FILHO, J. Composição química e compostos bioativos presentes na polpa e na amêndoa do pequi (*Caryocar brasiliense* Camb). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.29, p.695-698, 2007.

LIN, Y., AND SHIAU, S. Effects of dietary blend of fish oil with corn oil on growth and non-specific immune responses of grouper, *Epinephelus malabaricus*. **Aquaculture**. v.13, p.137-144, 2007.

LORENZI, H. Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. Nova Odessa: **Plantarum**, v.1, 368p. 2002.

MARINEZ-LORENS, S., VIDAL, A.T, MONINO, A.V, TORRES, M.P., CERDA M.J. Effects of dietary soybean oil concentration on growth, nutriente utilization and muscle fatty acid composition of gilthead sea bream (*Sparus aurata* L.). **Aquaculture**, v.38, p.76-81, 2007.

MARTIN, C.A.; ALMEIDA, V.V.; RUIZ, M.R.; VISENTAINER, J.E.L.; MATSHUSHITA, M.; SOUZA, N.E.; VISENTAINER, J.V. Omega-3 and ômega-6 polyunsaturated fatty acids: importance and occurrence in foods. **Revista Nutrição**, Campinas, v.19, p.761-770, 2006.

MARTINO, R.C., CYRINO, J.E.P., PORTZ, L., TRUGO, L.C. Performance and fatty acid composition of surubim (*Pseudoplatistoma coruscans*) fed diets with animal and plant lipids. **Aquaculture**, v.209, p.233-246, 2002.

MELO, L.A.S., IZEL, A.C.U., RODRIGUES, F.M. Criação de tambaqui (*Colossoma macropomum*) em viveiros de argila/barragens no estado de Manaus: **Embrapa Amazônia Ocidental**. 25p, 2001.

MENOYO, D., CLEMENTE, J., LOPEZ-BOTEDIEZ, A., OBACH, A., AUTISTA, J.M. Impacto f n-3 fatty acid chain length and n-3/n-6 ratio in Atlantic salmon (*Salmo salar*) diets. **Aquaculture**, v.267, p.248-259, 2007.

MIRANDA-VILELA, A.L.; PEREIRA, L.C.S.; GONÇALVES, C.A.; GRISOLA, C.K. Pequi fruit (*Caryocar brasiliense* Camb) pulp oil reduces exercise-induced inflammatory markers and blood pressure of male and female runners. **Nutrition Research**, New York, v.29, p.850-858, 2009.

MIRANDA-VILELA, A.L.; RESCK, I.S.; GRISOLIA, C.K. Antigenotoxic activity and antioxidant properties of organic and aqueous extracts of pequi fruit (*Caryocar brasiliense* Camb.) pulp. **Genetics and Molecular Biology**, v.31, p.956-963, 2008.

MONTERO, D., KALINOWSKI, T., OBACH, A., ROBANIA, L., TORT, L., CABALLERO, M.J AND IZQUERDO, MS. Vegetable lipid sources for gilthead sea bream (*Sparus aurata*) effects on fish health. **Aquaculture**, v.225, p.353-370, 2003.

MONTERO, D.; MATHLOUTHI, F.; TORT.; L.; AFONSO, J.M.; TORCILLAS, S.; FERNÁNDEZ-VAQUERO, A.; NEGRIN, D. IZQUIERO, M.S. Replacement of dietary fish oil by vegetable oils affects humoral immunity and expression of pro-inflammatory cytokines genes in gilthead sea bream *Sparus aurata*. **Fish and Shellfish Immunology**. v.29, p. 1073-1081, 2010.

MOURENT, G., DICK, J.R., BELL, J.G. & TOCHER, D.R. Effects of partial substitution of dietary fish oil by vegetable oil on desaturation and  $\beta$ -oxidation of [1-<sup>14</sup>C] 18:3n-3 (LNA) and [1-<sup>14</sup>C] 20:5n-3 (EPA) in hepatocytes and enterocytes of European sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.). **Aquaculture**, v.248, p.173-186, 2005.

MOURENTE, G., GOOD, J.E & BELL, J.G. Partial substitution of fish oil with rapeseed, linseed and olive oils in diets for European sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.): effects on flesh fatty acid composition, plasma prostaglandins E2 and E2a, immune function and effectiveness for a fish oil finishing diet. **Aquac. Nutr.**, v.11, p.25-40, 2005.

NAKAMURA, M.T. & NARA, N.W. Effect of dietary lipid regulation of delta-6, delta-5 e delta-9 desaturases. **Annual Review of Nutrition**, v.24, p.345-376, 2004.

NARAYAN, B.; MIYASHITA, K.; HOSAKAWA, M. Physiological effects of eicosapentaenoic Acid (EPA) and docosahexaenoic acid (DHA): a review. **Food Reviews International**, London, v.22, p. 291-307, 2006.

NASOPOULOU, C.; ZABETAKIS, I. Benefits of fish oil replacement by plant originated oils in compounded fish feeds. A review. **Food Science and Technology**, v.47, p.217-224, 2012.

NAYLOR, R.L.; GOLDBURG, R.J.; PRIMAVERA, J.; KAUTSKY, N.; BEVERIDGE, M.C.M.; CLAY, J. et al. Effects of aquaculture on world food supplies. **Nature**, v.405, p.1017-1024, 2000.

NELSON, D.L. & COX, M.M. **Lehninger: princípios de bioquímica**. 4ª Ed. São Paulo: Servier, p.1202-2006.

OLIVEIRA, F.L.C. Ômega 3. **Temas de Nutrição em Pediatria**, Rio de Janeiro, v.2, n.3, p.24-27, 2004.

OLIVEIRA, L.R. **Efeito do óleo da amêndoa de pequi (*Caryocar brasiliense* Camb) sobre o perfil lípido tecidual, enzimas antioxidantes e parâmetros bioquímicos e metabólicos de ratos**. Tese (Doutorado em Ciências) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 24p. 2010.

PABLO, M.A.; PUERTOLLANO, M.A.; CIENTIFUEGOS, G.V. Biological and clinical significance of lipids as modulators of immune response. **Clinical and Diagnostic Laboratory Immunology**. V.9, p. 945-950, 2002.

PASSOS, X.S.; SANTOS, S.C.; FERRI, P.H.; FERNADES, O.F.L; PAULA, T.F.; GARCIA, A.C.F.; SILVA, M.R.R. Atividade antifúngica de *Caryocar brasiliense* (Caryocaraceae) sobre *Cryptococcus neoformans*. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, v.35, p.623-627, 2002.

PAULA-JUNIOR, W.; ROCHA, F. H.; DONATTI, L.; FADEL-PICHETH, C. M. T.; WEFFORT-SANTOS, A. M. Atividades leishmanicida, bactericida e antioxidante do extrato hidroetanólico das folhas de *Caryocar brasiliense* Camb. **Revista Brasileira de farmacologia**. João Pessoa, v.16, 2006.

POMPÉIA, C.; LOPES, L.R.; MIYASAKA, C.K.; PROCÓPIO, J.; SANNOMITA, P.; CURI, R. Effect of fatty acids on leukocyte function. **Brasilian Journal of Medical and Biological Research**, São Paulo, v.33, p. 1255-1268, 2000.

RAMOS, M.I.L.; UMAKI, M.C.S.; HIANE, P.A.; RAMOS FILHO, M.M. Efeito do cozimento convencional sobre carotenoides pro-vitamicos "A" da polpa do pequi (*Caryocar brasiliense* Camb). **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, Curitiba, v.19, p.23-32, 2001.

REIS NETO, R.V. **Avaliações morfológicas de juvenis de pacu (*Piaractus Mesopotamicus*), tambaqui (*Colossoma Macropomum*) e seus híbridos**. Dissertação do Programa de Pós-graduação em Zootecnia da Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2007. 74p.

RIBEIRO, D.M. **Propriedades físicas, químicas e bioquímicas de pequi de diferentes regiões do cerrado**. 2011. Dissertação (Mestrado em Bioquímica Nutricional) – Universidade de Brasília, Brasília, 2011, 63p.

RIBEIRO, P.A.; BRESSAN, M.C.; LOGATO, P.V.R.; GONÇALVES, A.C.S. Nutrição lipídica para peixes. **Revista Eletrônica Nutritime**. v.4, p. 436-455, 2007.

RODRIGUES, L.J.; Vilas Boas, E.V.B.; Piccoli, R.H.; Paula, N.R.F.; Pinto, D.M.; Vilas Boas, B.M. Efeito do tipo de corte e sanificantes no amaciamento de pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) minimamente processado. **Ciênc. Agrotec.**, Lavras, v.31, p.1793-1799, 2007.

ROESLER, R.; MALTA, L.G.; CARRASCO, L.C.; HOLANDA, R.B.; SOUSA, C.A.S.; PASTORE, G.M. Atividade antioxidante de frutas do Cerrado. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.27, p.53-60, 2007.

SAINT-PAUL, U. Potential for aquaculture of South America fresh water fishes: a review. **Aquaculture**, v.54, p. 205-240, 1986.

SALMINEN, A.; LEHTONEN, M.; SUURONEN, T.; KAARNIRANTA, K.; HUUSKONEN, J. Teperoids: natural inhibitors of NF-kB signaling with anti-inflammatory and anticancer potential. **Cellular and Molecular Life Sciences**, Basel, v.65, p.2979-2999, 2008.

SARGENT, J.R., BELL, J.G., McEVOY, J., TOCHER, D.R., ESTEVEZ, A. Recent developments in the essential fatty acid nutrition of fish. **Aquaculture**, v.177, p.191-199, 1999.

SARGENT, J.R.; TOCHER, D.R.; BELL, J.G. **The lipids**. P. 181-257. In: Fish Nutrition, 3rd ed, Chap. 4. (Halver, J.E., Ed.). San Diego: Academic Press, 2002.

SEIERTAD, S.L.; HOUGLAND, Ø.; LARSEN, S. WAAGBØ, R.; EVENSEN, Ø. Pro-inflammatory cytokine expression and respiratory burst activity following replacement of fish oil with rapessed oil in the feed for Atlantic salmon (*Salmo solar* L.). **Aquaculture**. v.289, p.212-218, 2009.

SENER, E., YILDIZ, M. Effect of the different oil on growth performance and body composition of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* W. 1792) juveniles. **Turk. J. Fish. Aquat. Sci.**, v.3, p.111-116, 2003.

SENER, E., YILDIZ, M., SAVAS, E. Effects of dietary lipids on growth and fatty acid composition in Russian sturgeon (*Acipenser gueldenstaedtii*) juveniles. **Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences**, v.29, p.1101-1107, 2005.

SHEPERD, C.J & JACKSON, A.J. Global fishmeal and fish-oil supply: inputs, outputs and markets. **Journal of fish Biology**, v.83, p.1046-1066, 2013.

SINDIRAÇÕES. Boletim estatístico do setor. Dezembro, 2016. Disponível em:<[http://sindiracoes.org.br/wpcontent/uploads/2016/12/boletim\\_informativo\\_do\\_setor\\_dez\\_2016\\_vs\\_final\\_port.pdf](http://sindiracoes.org.br/wpcontent/uploads/2016/12/boletim_informativo_do_setor_dez_2016_vs_final_port.pdf)>. acesso em 11 de janeiro de 2018.

SILVA, J.A.; SILVA, D.B.; JUNQUEIRA, N.T. ANDRADE, L.R.M. **Frutas nativas dos cerrados**. Brasília. São Paulo: EMBRAPA-CPAC, 1994. 166p.

- SILVA, T.B.A. **Fontes de lipídios dietéticos e desempenho imunológico do pacu (*Piaractus mesopotamicus*)**. 2011, Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens).
- SONU, B.K.B., KONDAL, J.K., Study on the efficacy of fish oil replacement with alternative lipid sources in fish feed. **Cibtech Journal of Zoology**, v.3(2), p.49-54, 2014
- SOUTO, C.N.; OLIVEIRA, M.D.; CUNHA, J.M.S.; CANTISANI, D.M.; OLIVEIRA, S.L. Aspectos nutritivos relacionados a saúde de peixes. **Revista Eletrônica Nutritime**. v.12, p. 4030-4044, 2015.
- TACON, AG.J., HASAN, M.R., SUBASINGHE, R.P. Use of fishery resources as feed inputs to aquaculture development: trends and policy implications. FAO Fisheries Circular No. 1018. **FAO Fisheries Department**, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. 2006.
- TACON, A.G.J.; METIAN, M., Global overview on the of fish meal and fish oil in industrially compounded aquafeeds: trends and future prospects. **Aquaculture**, v.285, p.146-158, 2008.
- TAVARES, M.M.; **Fontes de óleos vegetais em dietas para lambari-do-rabo-amarelo (*Astyanax altiparanae*): desempenho produtivo, perfil de ácidos graxos, rendimento e composição de carcaça**. 2011. Dissertação (Mestrado em Biologia Animal) – Universidade Federal de Viçosa. Viçosa-MG.
- TOCHER, D.R. Fatty acid requirements in ontogeny of marine and freshwater fish. **Aquaculture Research**, v.41, p.717-732, 2010.
- TOCHER, D.R. Metabolism and function of lipids and fatty acids in teleost fish. **Reviews in Fisheries Science**. v.11, p.107-184. 2003.
- TURCHINI, G.M., MENTASTI, T., FROYLAND, L., ORBAN, E., CAPRINO, F., MORETTI, V.M & VALFRE, F. Effects of alternative dietary lipid source on performance, tissue chemical composition, mitochondrial fatty acid oxidation capabilities and sensory characteristics in brown trout (*Salmo trutta* L). **Aquaculture**, v.225, p. 251-267, 2003.
- TURCHINI, G.M., NG, W.K. & TOCHER, D.R. Fish oil Replacement and Alternative Lipid Sources in Aquaculture Feeds. CRC Press, Boca Raton, FL, USA, (2011).
- TURCHINI, G.M., TORSTENSEN, B.E., NG, W. Fish oil replacement in finfish nutrition. **Reviews in Aquaculture**. v.1, p.10-57, 2009.
- VAL, A.L. A criação de peixes na Amazônia: um futuro promissor, p. 1-5. In: VAL, L.A. (Eds). Criando peixes na Amazônia. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, Amazonas. 1995.
- VAL, A.L., SILVA, M.N.P., ALMEIDA-VAL, V.M.F. Hypoxia adaptation in fish of the Amazon: a never-ending task. **South African Journal of Zoology**, v.33, p.107-114, 1998.
- WAGNER, K.H.; Elmadfa, I. Biological relevance of terpenoids: overview focusing on mono-, di- and tetraterpenes. **Annals of Nutrition and Metabolism**, Basel, v.47, p.95-106, 2003.

WORM, B.; BARBIER, E.B.; BEAUMONT, N.; DUFFY, J.E., FOLKE, C.; HALPERN, B.S et al. Impacts of biodiversity loss on ocean ecosystem services. **Science**, v.3, p.787-790, 2006.

WU, F.C. & CHEN, H.Y. Effects of dietary linolenic acid to linoleic acid ratio on growth, tissue fatty profile and immune response of the juvenile grouper *Epinephelus malabaricus*. **Aquaculture**. v.324-325, p.111-117, 2012.

YAQOOB, P.; CADER, P.C. The effects of dietary lipid manipulation on the production of murine T-cell derived cytokines. **Citokine**. v.7, p. 548-557, 1995.

YILDIRIM, Ö., ACAR, Ü., TÜRKER, A., SUNAR, M.C. AND YILMAZ, S. Effects of Partial or Total Replacement of fish oil by Unrefined Peanut oil on Growth and Chemical Composition of Common Carp (*Cyprinus carpio*). **Israeli Journal of Aquaculture**, v.65, p.919-924, 2013.

YILDIZ, M., EROLDOGAN, O.T., ENGIN, K., GÜLÇUBUK, A. AND BALTACI, M.A. Effects of dietary Cottonseed and/or Canola Oil Inclusion on the Growth Performance, FA Composition and Organ Histology of the Juvenile Rainbow Trout, *Oncorhynchus mykiss*. **Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v.13, p.453-464, 2013.

YILDIZ, M. & SENER, E. Effect of dietary supplementation with soybean oil, sunflower oil or fish oil on the growth of seabass (*Dicentrarchus labrax* L. 1758). In: Proc. **Workshop of the CIHEAM Network on Technology of Aquaculture in the Mediterranean (TECAM)**, Jointly Organized by CIHEAM, FAO and IEO Mazarron (Spain), 24-26 June 1996. Sci. A. Tacon, B. Basurco (Eds), pp. 225-233, 1997.

YILDIZ, M.; KÖSE, I.; ISSA, G.; KAHRAMAN, T. Effect of different plant oils on growth performance, fatty acid composition and flesh quality of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Aquaculture Research**, v.46, p.2885-2896, 2015.

YILDIRIM-AKSOY, M.; LIM, C.; DAVIS, D.A.; SHELBY, R.; KLESNIUS, P.H.; Influence of dietary lipid source on the growth performance, immune response and resistance of Nile-tilapia, *Oreochromis niloticus*, to Streptococcus challenge. **J. Appl. Aquac.** v.19, p.29-49, 2007.

## **CAPÍTULO 2**

**DESEMPENHO E RESPOSTA FISIOLÓGICA DE JUVENIS DE TAMBAQUI  
(*COLOSSOMA MACROPUMUM*, CURVIER 1818) ALIMENTADOS COM ÓLEO DE  
PEQUI (*CARYOCAR BRASILIENSE*, CAMB)**

## RESUMO

O objetivo do estudo foi avaliar desempenho e respostas fisiológicas de juvenis de tambaqui (*Colossoma macropomum*) alimentados com dietas contendo óleo de pequi (*Caryocar brasiliense*, Camb). Foram utilizados 240 juvenis, com peso médio de  $17,91 \pm 4,87$ g, distribuídos em 20 caixas com capacidade de 500 litros cada, em um delineamento inteiramente casualizado com cinco tratamentos e quatro repetições, contendo 12 peixes por repetição. Foram testadas cinco dietas isoproteicas (41% proteína bruta) contendo crescentes níveis de inclusão de óleo de pequi (0.5%, 1.5%, 2.0%, 3.8% e 5.5%). Os animais foram mantidos em sistema de recirculação de água, dotado de filtro, aeração forçada e fotoperíodo de 12 horas. Para avaliar o desempenho determinou-se a taxa de sobrevivência, ganho de peso, conversão alimentar, taxa de crescimento específico, taxa de eficiência proteica, índice hepato-somático, índice digestivo-somático. Para as respostas fisiológicas, foram determinados parâmetros e índices hematológicos e contagem diferencial de leucócitos. Ainda determinou-se a concentração de proteína, albumina e globulina séricas ao final do período de 60 dias. Não houve efeito da inclusão de óleo de pequi para ganho de peso, conversão alimentar e taxa de eficiência proteica ( $P > 0,05$ ). Taxa de crescimento específico foi significativamente diferentes ( $P < 0,05$ ) com redução de forma linear para os tratamentos. Foi observado aumento do índice hepato-somático para os tratamentos, com diferenças significativas ( $P < 0,05$ ) com aumento de forma linear, resultando em indícios de carência em ácidos graxos essenciais. Valores de hematócrito não apresentaram diferenças, porém diferenças foram observadas ( $P < 0,05$ ) para número de eritrócitos que, no entanto se mantiveram dentro dos valores referência para a espécie. Os índices hematimétricos também apresentaram diferenças entre os tratamentos ( $P < 0,05$ ) mantendo-se dentro dos valores referência, não caracterizando quadro anêmico nos animais. O aumento no níveis de proteínas séricas sugerem que o óleo de pequi passa agir como imunoestimulante. No entanto, não o uso do óleo de pequi em juvenis de tambaqui não foi capaz de garantir eficiente taxa de crescimento.

**Palavras-chave:** hematologia, desempenho zootécnico, óleo vegetal, piscicultura

## ABSTRACT

The aim of the study was to evaluate the performance and physiological responses of tambaqui (*Colossoma macropomum*) juveniles fed diets containing pequi oil (*Caryocar brasiliense*, Camb). A total of 240 juveniles were used, with a mean weight of  $17.91 \pm 4.87$ g, distributed in 20 boxes with a capacity of 500 liters each, in a completely randomized design with five treatments and four replications, containing 12 fish per replicate. Five isoprotein diets (41% crude protein) with increasing inclusion levels of pequi oil (0.5%, 1.5%, 2.0%, 3.8% and 5.5%) were tested. The animals were kept in water recirculation system, equipped with filter, forced aeration and photoperiod of 12 hours. To evaluate the performance was determined the survival rate, weight gain, feed conversion, specific growth rate, protein efficiency rate, hepato-somatic index, digestive-somatic index. For the physiological responses, parameters and indices hematological and differential leukocyte count were determined. Serum protein, albumin and globulin concentration was also determined at the end of the 60 day period. There was no effect of the inclusion of pequi oil for weight gain, feed conversion and protein efficiency rate ( $P < 0,05$ ). Specific growth rate was significantly different ( $P < 0,05$ ) with reduction of linear form for treatments. Hepato-somatic index increase was observed for treatments, with significant differences ( $P < 0,05$ ) with increase in linear form, resulting in evidence of deficiency in essential fatty acids. Hematocrit values showed no differences, but differences were observed ( $P < 0,05$ ) for number of erythrocytes that, however, remained within the reference values for the species. The hematimetric indexes also presented differences between the treatments ( $P < 0,05$ ), remaining within the reference values, not characterizing the anemic animals. The increase in serum protein levels suggests that pequi oil acts as an immunostimulant. However, the use of pequi oil in tambaqui juveniles was not able to efficient growth rate.

**Keyword:** fish farming, hematology, performance, vegetable oil

## INTRODUÇÃO

A aquicultura brasileira têm apresentado crescimento nos últimos anos, com destaque para produção do tambaqui (*Colossoma macropomum*, CURVIER 1818). A espécie apresenta-se como a segunda mais cultivada pela piscicultura brasileira, devido sua elevada taxa de crescimento e baixo custo de produção em relação às demais, além de ser a principal fonte de proteína para comunidades de baixa renda da região Norte brasileira (Guimarães & Martins, 2015).

O setor aquícola utiliza 80% da produção global de óleo de peixe (Jackson 2011), sendo esta a principal fonte de lipídio na dieta das espécies de peixes (NRC, 2011; Demir et al., 2014). Como os preços do óleo de peixe variam dependendo da indústria pesqueira e com o crescimento da aquicultura a produção de óleo de peixe não será capaz de suprir a demanda (Yildirim et al., 2013).

Uma alternativa a limitação desse ingrediente essencial tem sido a substituição do óleo de peixe por óleos vegetais (Naylor et al., 2009; Kenati et al., 2011). Esta fonte alternativa pode melhorar a utilização de proteína ingerida, reduzir o custo da ração e fornecer ácidos graxos essenciais necessários ao desenvolvimento (Martino et al., 2002) e ainda promover melhora à saúde aos peixes (Montero et al., 2003; 2008, Kiron et al., 2004; Mourante et al 2007).

Peixes de água doce apresentam capacidade inata de alongar e desaturar ácido linoleico (LA) e ácido graxo linolênico LNA em eicosapentanóico (EPA), ácido araquidônico (ARA) e docosa-hexaenóico (Sargent et al., 2002) e o desbalanço entre EFAs promove competição entre os sítios enzimáticos. No entanto, a introdução de dietas ricas em n-6 PUFA podem alterar a relação n-3/n-6 influenciando a composição do sistema imune, incluindo leucócitos (Thompson et al., 1996; Mourente et al., 2005).

A Substituição total ou parcial do óleo de peixe por óleos vegetais em peixes tem sido sugerida (Ng, 2005; Turchini et al., 2009). O uso de Fontes lipídicas vegetais como óleo de milho (Martino et al., 2002), de soja (Reis et al., 1989), de girassol (Hoffman & Prinsloo 1995), canola (Bibiano et al., 2002) e linhaça (Vargas et al., 2008; Yldiz et al., 2015) foram testados em peixes.

O pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) apresenta grande importância econômica, onde o seu fruto, o pequi, caracteriza-se pela presença de compostos bioativos e muitos nutrientes, principalmente no mesocarpo (Vieira & Martins, 2000; Bailão et al., 2015).

O fruto apresenta alto teor de lipídios e carotenoides na polpa (Lima et al., 2007), tendo como perfil de ácidos graxos da polpa, a predominância de ácidos graxos insaturados (61%) (Oliveira et al., 2010). Objetivou-se investigar o efeito da adição do óleo da polpa do pequi (*Caryocar brasiliense* Camb) no desempenho zootécnico e respostas fisiológicas (parâmetros hematológicos e resposta imune) de juvenis de tambaqui (*Colossoma macropomum*, CURVIER 1818).

## MATERIAL E MÉTODOS

### Espécie teste

Foram utilizados 240 juvenis de tambaqui com peso médio de  $17,91 \pm 4,87$ g e comprimento total médio de  $9,38 \pm 0,90$ cm (*Colossoma macropomum*). Os animais usados no experimento foram coletados em piscicultura comercial (Brejinho de Nazaré, Tocantins, Brasil, latitude  $11^{\circ} 00' 00''$  sul; longitude  $48^{\circ} 33' 56''$  oeste) e então transportados ao laboratório de aquicultura do Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia do Tocantins – Campus Palmas, para realização da biometria inicial, recuperação do estresse do transporte e aclimação às condições laboratoriais. Durante esse período e por todo experimental os animais foram mantidos em um sistema fechado de recirculação de água fechado dotado de filtro de lago e aeração forçada (soprador de ar), sendo o fotoperíodo ajustado para 12h. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, com 5 tratamentos (níveis de inclusão) e 4 repetições (caixas). Os procedimentos experimentais foram aprovados pelo Comitê de Ética Animal da Universidade de Brasília (UnBDoc 66730/2016).

### Dietas experimentais

Cinco dietas isoproteicas (41% proteína bruta), com 5 diferentes níveis de inclusão do óleo de pequi (0.5%, 1.5%, 2.0%, 3.8% e 5.5%) foram fornecidas aos animais (tabela 1) tendo como referência o fornecimento de  $4100 \text{ Kcal kg}^{-1}$  energia bruta (Van der Meer, 1997). Os ingredientes foram moídos e peneirados ( $\text{Ø} = 0,7 \pm 0,2 \text{ mm}$ ), uniformemente homogêneos, misturados ao óleo e então peletizadas no laboratório de Aquicultura do IFTO-Palmas. As rações permaneceram acondicionadas em sacos plásticos resfriadas ( $4^{\circ}\text{C}$ ).

A composição químico-bromatológica das dietas experimentais foi determinada no Laboratório de Alimentos da Faculdade de Agronomia e Veterinária da Universidade de Brasília (UnB) e estão apresentadas na tabela 1.

Tabela 1. Composição centesimal das dietas experimentais.

Ingredientes	E.B Kcal kg <sup>-1</sup>				
	3900	4000	4100	4200	4300
Farelo de soja	73,50	74,50	75,50	75,00	75,50
Farelo de trigo	10,00	8,00	6,00	7,60	8,50
Quirera de arroz	8,00	5,00	4,00	4,00	2,50
Milho	1,00	2,00	4,00	3,00	2,00
Óleo de pequi	0,50	1,50	2,00	3,80	5,50
Fosfato bicálcico	1,65	1,65	1,65	1,65	1,65
Calcário Calcítico	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97
Premix*	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Sal	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
Amido	0,50	3,75	4,50	2,54	2,00
BHT	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
Inerte	2,44	1,18	0,00	0,00	0,00
Soma	100	100	100	100	100
Matéria Seca	86,94±0,09	86,77±0,35	91,66±0,11	91,52±0,20	91,86±0,17
Prot Bruta %	41,87±0,26	41,07±0,03	38,82±1,21	41,12±0,28	41,45±0,41
Kcal/kg	3900	4000	4100	4200	4300
Fibra Bruta	21,09±0,80	21,21±1,44	14,74±1,08	12,82±0,91	11,16±2,65
Extrato Etéreo	2,15±0,60	2,57±0,21	3,70±0,43	5,38±0,78	8,46±1,88

\*Commercial mineral e vitamin premix (5 kg/ton), with guaranteed levels to the gram scale: Vit. A, 1.200.000 UI; Vit. D3, 200.000 UI; Vit k3, 2.400 mg; Vit B3. 4.800 mg; Vit B2 , 4.800 mg, Vit B6, 4.000 mg, Vit B12, 4.800 mg., Pholic acid, 1.200 mg; pantotenato Ca 12.000mg; Vit. C, 48.000 mg; biotina, 48 mg; coline choret , 108.000 mg; niacina, 24.000 mg; and commercial mineral premix (1 kg/ton), with guaranteed levels Fe, 50.000 mg; Cu, 3.000 mg; 20.000 mg; Mn, 20.000 mg; Zn, 3.000 mg; I, 100 mg; Co, 10 mg; Se, 100 mg.

### Condições ambientais e fornecimento das dietas

Temperatura, oxigênio dissolvido e pH da água foram monitorados diariamente com medidor portátil (Oxímetro SL 520 microprocessado, Brasil). Amônia foi mensurada semanalmente (Método de Nesler). Os peixes foram alimentados duas vezes ao dia (8:00 e 17:00 h), até a aparente saciação. Ao final do período experimental (60 dias), os peixes permaneceram em jejum por 12 horas para esvaziamento do sistema digestivo. Para realização das biometrias (inicial e final), coleta de sangue e do sistema digestivo os animais foram previamente dessensibilizados em solução de benzocaína (1:10.000).

### **Avaliação do desempenho**

Para avaliar o desempenho foram determinados, consumo estimado (CE), taxa de sobrevivência (TS), ganho de peso (GP), Conversão alimentar (CA), taxa de crescimento específica (TCE), taxa de eficiência proteica (TEP), índice hepato-somático (IHS) e índice digestivo-somático (IDS) conforme as seguintes equações:

Fórmulas:

$$(1) \text{ TS (\%)} = (\text{Número de indivíduos final} / \text{Número de indivíduos inicial}) \times 100$$

$$(2) \text{ GP} = \text{Peso final} - \text{Peso inicial}$$

$$(3) \text{ CA} = \text{Consumo total} / \text{Ganho de peso}$$

$$(4) \text{ TCE (\%d}^{-1}\text{)} = [(\text{Peso final} - \text{Peso inicial}) / \text{tempo}] \times 100$$

$$(5) \text{ TEP} = (\text{Ganho de peso} / \text{Ingestão total de proteína}) \times 100$$

$$(6) \text{ IHS (\%)} = (\text{Peso do fígado} / \text{Peso corporal}) \times 100$$

$$(7) \text{ IDS (\%)} = (\text{Peso sistema digestivo} / \text{Peso corporal}) \times 100$$

Ao final do período experimental, os animais foram separados coletados e eutanasiados. As amostras então foram armazenados em bolsas plásticas e congeladas (-20°C) até serem analisadas.

As amostras de carcaças foram posteriormente encaminhadas ao Laboratório de Alimentos da Faculdade de Agronomia e Veterinária da UnB aonde foram secas em estufa ventilada a 40°C por 48 horas e moídas. As amostras foram então analisadas quanto sua composição em matéria seca, proteína bruta e extrato etéreo segundo procedimentos descritos por Silva (1990).

### **Parâmetros hematológicos**

Ao final do período experimental foram coletados quatro peixes aleatoriamente de cada caixa para coleta de sangue por punção da veia caudal com seringas previamente banhadas com anticoagulante (EDTA a 3%). As amostras de sangue foram separadas em duas alíquotas em tubos tipo “Eppendorf”, uma com anticoagulante para determinação dos parâmetros hematológicos e outra sem, destinada à obtenção de soro para análise de proteínas totais, albumina e globulinas séricas. Uma pequena fração do sangue foi utilizada para confecção de extensões sanguíneas coradas com Panótico (Interlab) para contagem diferencial do total de leucócitos (Hrube & Smith, 1998).

As amostras de sangue foram usadas para determinação do hematócrito pela técnica do microhematócrito (Goldenfarb et al. 1971), dosagem da taxa de hemoglobina pelo

método da cianometahemoglobina (Collier, 1944) e contagem de eritrócitos em câmara de Neubauer utilizando com diluente líquido de Hayen. A partir dos resultados obtidos foram calculados os índices hematimétricos, compreendidos pelo Volume Corpuscular Médio (VCM), Hemoglobina Corpuscular Média (HCM) e Concentração de Hemoglobina Corpuscular Média (CHCM) conforme as fórmulas:

$$(8) \quad \text{VCM (fL)} = (\text{Hematócrito} \times 10) / \text{número de eritrócitos}$$

$$(9) \quad \text{HCM (pg)} = (\text{Taxa de hemoglobina} \times 10) / \text{número de eritrócitos}$$

$$(10) \quad \text{CHCM (g dL}^{-1}\text{)} = (\text{Taxa de hemoglobina} \times 100) / \text{Hematócrito}$$

A concentração da globulina sérica foi feita pelo método indireto por meio da subtração entre proteína total sérica e a albumina. Para tal, o soro será separado por centrifugação e tanto proteína sérica e albumina sérica forem determinadas por meio de ensaios colorimétricos em espectrofotômetro (Hach DR 6000, 2013, Alemanha) utilizando kits comerciais (Labtest, Brasil)

#### **Análise estatística**

Os resultado foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e de regressão polinomial. Os parâmetros que apresentaram diferenças significativas tiveram suas médias comparadas pelo teste de Duncan, a 5% de probabilidade. Os dados foram analisados pelo programa estatístico SAS.

## RESULTADOS

Durante o período experimental os valores médios de temperatura e oxigênio dissolvido da água foram  $26,80 \pm 1,97$  °C e  $9,6 \pm 1,24$  mg L<sup>-1</sup>, respectivamente. O pH foi  $6,3 \pm 0,25$  e amônia  $0,003 \pm 0,001$  mg L<sup>-1</sup>.

Os resultados de desempenho estão disponíveis na tabela 2. Após o período experimental de 60 dias, observou-se boa condição corporal e sobrevivência de 100%. Diferenças significativas ( $P < 0,05$ ) foram observadas no consumo estimado, não sendo observadas diferenças significativas para os parâmetros ganho de peso (GP) e conversão alimentar (CA). Taxa de crescimento específico apresentou diferença estatística ( $P < 0,05$ ). Não foram observadas diferenças significativas para taxa de eficiência proteica (TEP) ( $P > 0,05$ ).

Índice hepatosomático (IHS) foi maior nos animais com maior nível de inclusão do óleo em comparação com os demais grupos ( $P < 0,05$ ) apresentando comportamento linear (Figura 1). Para índice digestivo somático (IDS) foram observadas diferenças significativas ( $P > 0,05$ ) entre o menor nível de inclusão e demais tratamento. IDS apresentou modelo de regressão linear para inclusão do óleo (Figura 1).

A determinação da composição química das carcaças dos animais submetidos aos tratamentos, encontram-se na tabela 3. Não foi observada diferenças ( $P > 0,05$ ) para matéria seca. Diferenças significativas ( $P < 0,05$ ) para proteína bruta e extrato etéreo foram observadas para inclusão dos níveis de óleo de pequi. A inclusão em níveis crescentes da fonte lipídica teste resultou em maior deposição de gordura na carcaça dos juvenis de tambaqui (*Colossoma macropomum*).

Tabela 2. Performance, eficiência alimentar e índices biológicos de juvenis de tambaqui (*C. macropomum*) alimentados com diferentes níveis de óleo de pequi (*C. brasiliense*, Camb) por 60 dias<sup>a</sup>.

Parâmetros	E.B Kcal kg <sup>-1</sup>					CV%
	3900	4000	4100	4200	4300	
TS (%)	100	100	100	100	100	
CE (g)	13,08±4,57a	11,16±4,48c	11,84±4,58bc	12,57±4,69ab	11,68±4,68bc	38,05
GP (g)	50,05±14,94	37,79±15,17	39,10±13,10	44,26±11,57	38,03±15,05	34,85
CA	1,32±0,51	1,53±0,80	1,43±0,42	1,32±0,36	1,46±0,5	39,34
TCE	100,10±29,87a	75,59±30,33b	78,20±26,21b	88,51±23,14ab	76,05±30,09b	15,03
TEP	84,91±25,64	79,67±31,98	76,08±22,71	81,03±21,50	72,60±30,57	15,26
IHS	0,0154±0,0025b	0,0161±0,0041b	0,0137±0,0019b	0,0139±0,0017b	0,4686±0,0695a	31,92
IDS	0,0335±0,0043a	0,0348±0,0043b	0,0284±0,0024bc	0,0272±0,0032c	0,0280±0,0025bc	16,15

<sup>a</sup>Valores de média ± Desvio Padrão. Letras diferentes na mesma linha significam diferenças estatísticas entre si pelo teste Duncan (P<0.05).

CV – Coeficiente de variação

TS – Taxa de sobrevivência

CE – Consumo estimado

GP – Ganho de peso

CA – Conversão alimentar

TCE – Taxa de crescimento específico

IHS – Índice hepato-somático

IDS – Índice digestivo-somático

Tabela 3. Composição química das carcaças de juvenis de tambaqui (*Colossoma macropomum*) alimentados com diferentes níveis de óleo de pequi (*C. brasiliense*, Camb) por 60 dias<sup>a</sup>.

Parâmetro	E.B Kcal kg <sup>-1</sup>					CV(%)
	3900	4000	4100	4200	4300	
Matéria seca (%)	94,52±0,42	93,82±0,47	93,51±1,99	93,13±5,44	95,70±3,97	3,24
Proteína Bruta (%)	68,20±4,98a	65,29±8,71ab	58,91±13,45bc	55,01±7,19c	63,17±4,84ab	13,39
Extrato etéreo	13,57±1,78a	17,04±1,24b	17,84±0,56bc	17,62±0,96bc	18,70±1,52c	7,30

<sup>a</sup>Valores de média ± Desvio Padrão. Letras diferentes na mesma linha significam diferenças estatísticas entre si pelo teste Duncan ( $P < 0,05$ ).

CV – Coeficiente de variação.

O resultado dos parâmetros hematológicos e contagem diferencial de leucócitos são apresentados na tabela 4. Diferenças significativas não foram observadas para hematócrito durante o período experimental. Eritrócitos apresentaram diferenças significativas ( $P < 0,05$ ) e regressão quadrática (Figura 2). O maior valor para quantidade de eritrócitos foi obtido para último nível de inclusão do óleo teste. Hemoglobina foi estatisticamente diferente ( $P < 0,05$ ). Diferenças significativa ( $P < 0,05$ ) para os índice hematimétricos (VCM, HCM e CHCM) também foram obtidas no estudo.

Os leucócitos identificados no experimentos foram monócitos, linfócitos, células granulocíticas e neutrófilos (Figura 7). O volume de monócitos foi significativamente diferente ( $P > 0,05$ ) apresentando modelo de regressão linear (Figura 3). A maior quantidade foi no nível máximo de adição do óleo de pequi que não diferiu estatisticamente do tratamento intermediário. Células granulocíticas foram significativamente diferentes ( $P > 0,05$ ) entre os tratamentos. Não houve diferença para volume de linfócitos e neutrófilos entre os tratamentos, no entanto ambos apresentaram modelo de regressão quadrática (Figura 4).

Proteína sérica apresentou efeito quadrático (Figura 5), sendo observada diferença estatística ( $P > 0,05$ ) entre os tratamentos. Menor volume para proteína sérica total foi observada no tratamento que recebeu menor quantidade de óleo. Albumina e globulina também foram significativamente distintos ( $P > 0,05$ ) e ambos parâmetros apresentaram efeito quadrático (Figura 6).

Tabela 4. Parâmetros hematológicos e contagem diferencial de leucócitos de juvenis de tambaqui (*C. macropomum*) alimentados com diferentes níveis de óleo de pequi (*C. brasiliense*)<sup>a</sup> por 60 dias.

Parâmetros	E.B Kcal kg <sup>-1</sup>					CV%
	3900	4000	4100	4200	4300	
Hematócrito (%)	19,5±4,19	19,10±3,95	17,4±4,74	18,95±5,22	17,1±4,91	24,37
Eritrócitos (μL <sup>-6</sup> )	1,82±0,69a	1,86±0,58a	1,78±0,52a	2,10±0,65ab	2,34±0,71b	31,69
Hemoglobina (dL)	14,03±4,63a	10,30±3,53b	10,54±2,29b	13,34±3,24a	12,58±4,34ab	30,42
VCM (fL)	128,70±68,37a	112,48±61,18a	103,66±66,96ab	102,75±50,44ab	77,82±45,87b	41,50
HCM (pg)	90,72±51,47a	62,64±44,65b	63,95±41,91b	71,77±50,87ab	60,55±43,70b	47,61
CHCM (gdL <sup>-1</sup> )	74,10±26,4a	55,80±22,8b	63,20±20,3ab	74,10±22,5a	78,7±23,5a	33,02
Monócitos (μL)	6,31±3,33a	5,78±1,9a	13,54±5,8b	6,31±45,2a	16,69±9,2b	60,14
Linfócitos (μL)	95,44±16,36	93,13±13,06	88,26±9,89	95,56±9,29	93,50±10,17	11,66
CGE (μL)	5,76±3,69a	2,71±1,59b	2,03±1,33b	3,54±2,17ab	3,44±2,87ab	72,17
Neutrófilos (μL)	18,25±15,90	20,07±64,00	21,38±9,03	19,44±5,99	12,63±8,64	57,94

<sup>a</sup>Valores de média ± Desvio Padrão. Letras diferentes na mesma linha significam diferenças estatísticas entre si pelo teste Duncan (P<0.05).

CV – Coeficiente de variação.

VCM – Volume corpuscular médio

HCM – Hemoglobina corpuscular média

CHCM – Concentração de hemoglobina corpuscular média

CGE – Célula granulocíticas especial

Tabela 5. Proteína total, albumina e globulina em juvenis de tambaqui (*C. macropomum*) alimentados com diferentes níveis de óleo de pequi (*C. brasiliense*)<sup>a</sup>.

Parâmetros	E.B Kcal kg <sup>-1</sup>					CV%
	3900	4000	4100	4200	4300	
Proteína Sérica (g dL <sup>-1</sup> )	4,10±1,11b	4,95±0,517a	4,97±0,52a	5,13±1,50a	5,18±0,94a	13,89
Albumina (g dL <sup>-1</sup> )	3,37±0,98c	3,95±0,51bc	4,27±0,49ab	4,25±1,31a	4,08±0,77ab	16,10
Globulina (g dL <sup>-1</sup> )	0,74±0,40cb	1,02±0,33ab	0,70±0,5a	0,88±0,33abc	1,10±0,40a	45,64

<sup>a</sup>Valores de média ± Desvio Padrão. Letras diferentes na mesma linha significam diferenças estatísticas entre si pelo teste Duncan (P<0.05).

CV – Coeficiente de variação.

Figura 1. Equação de regressão para os níveis de adição de óleo de pequi (*C. brasiliense*) em juvenis de tambaqui (*C. macropomum*) por 60 dias para índice hepato-somático e índice digestivo-somático.

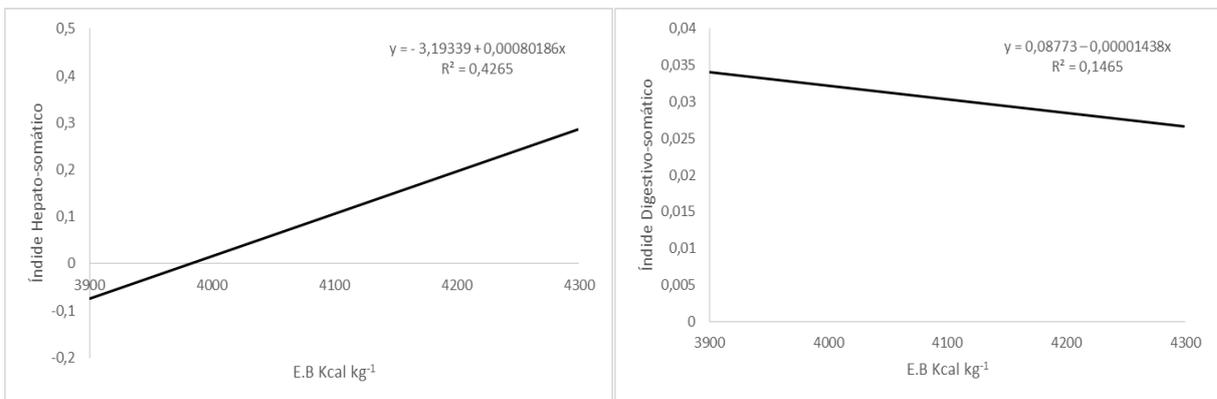


Figura 2. Equação de regressão para os níveis de adição de óleo de pequi (*C. brasiliense*) em juvenis de tambaqui (*C. macropomum*) por 60 dias para eritrócito.

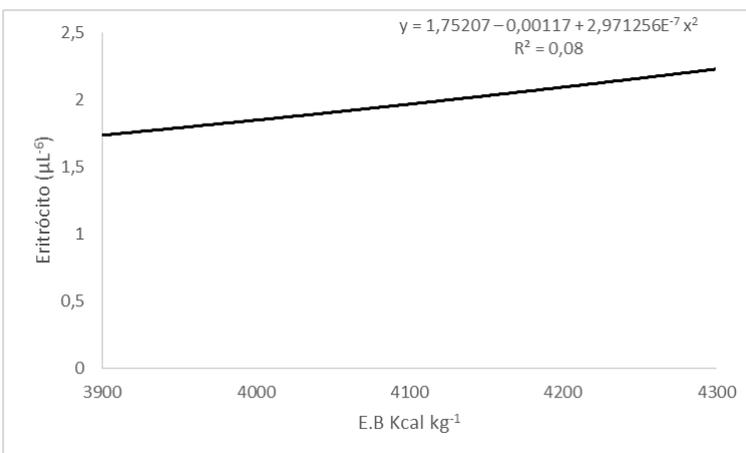


Figura 3. Equação de regressão para os níveis de adição de óleo de pequi (*C. brasiliense*, Camb) em juvenis de tambaqui (*C. macropomum*) por 60 dias para variável monócitos.

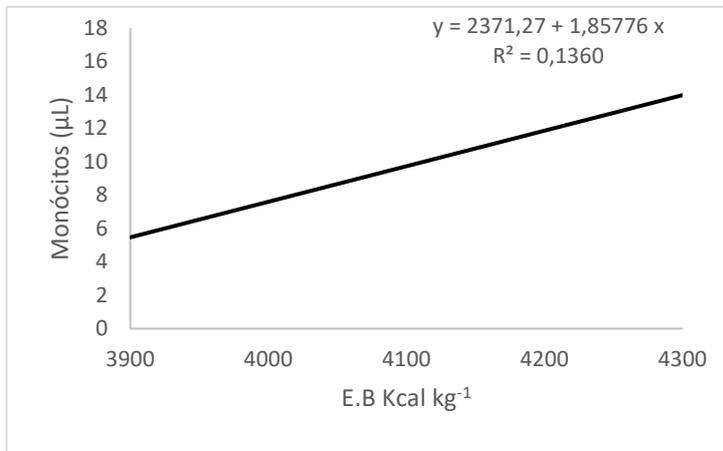


Figura 4. Equação de regressão para os níveis de adição de óleo de pequi (*C. brasiliense*, Camb) em juvenis de tambaqui (*C. macropomum*) por 60 dias para as variáveis linfócitos e neutrófilos.

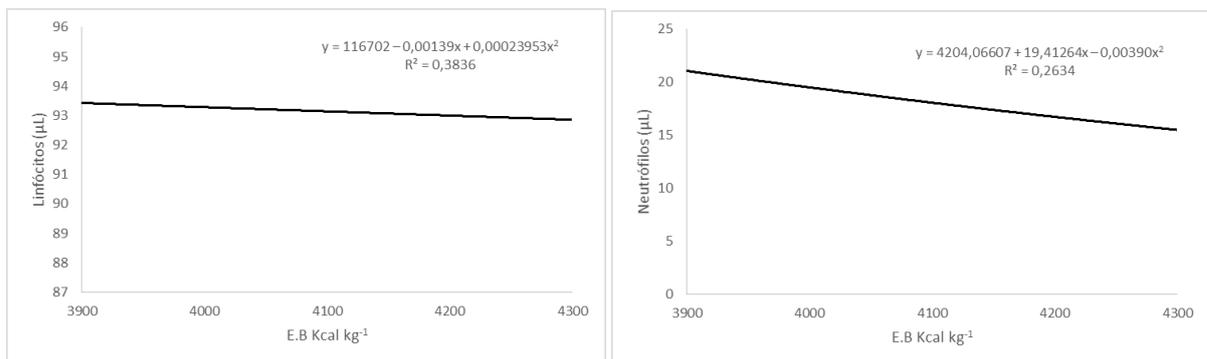


Figura 5. Equação de regressão para os níveis de adição de óleo de pequi (*C. brasiliense*, Camb) em juvenis de tambaqui (*C. macropomum*) por 60 dias para variável proteína sérica total.

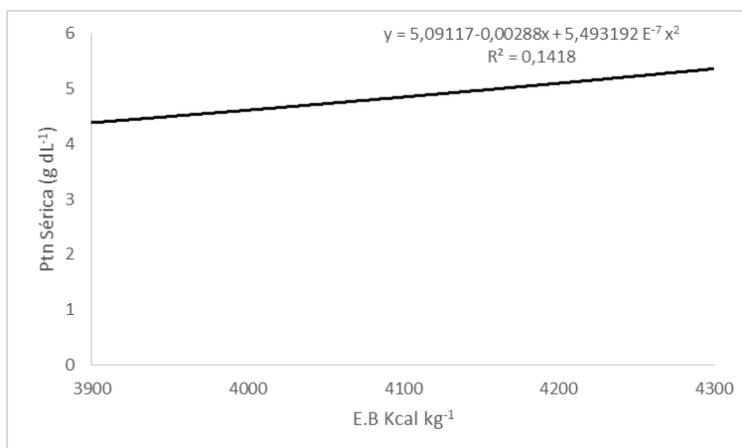


Figura 6. Equação de regressão para os níveis de adição de óleo de pequi (*C. brasiliense*, Camb) em juvenis de tambaqui (*C. macropomum*) por 60 dias para variáveis albumina e globulina.

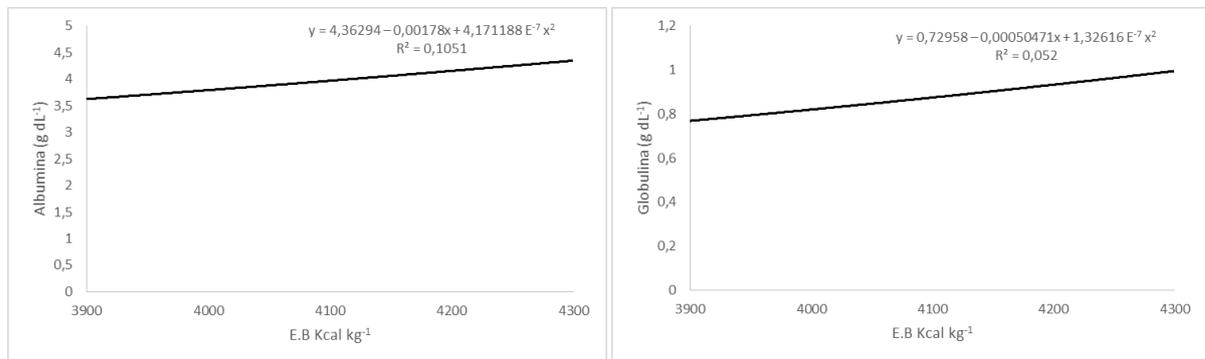
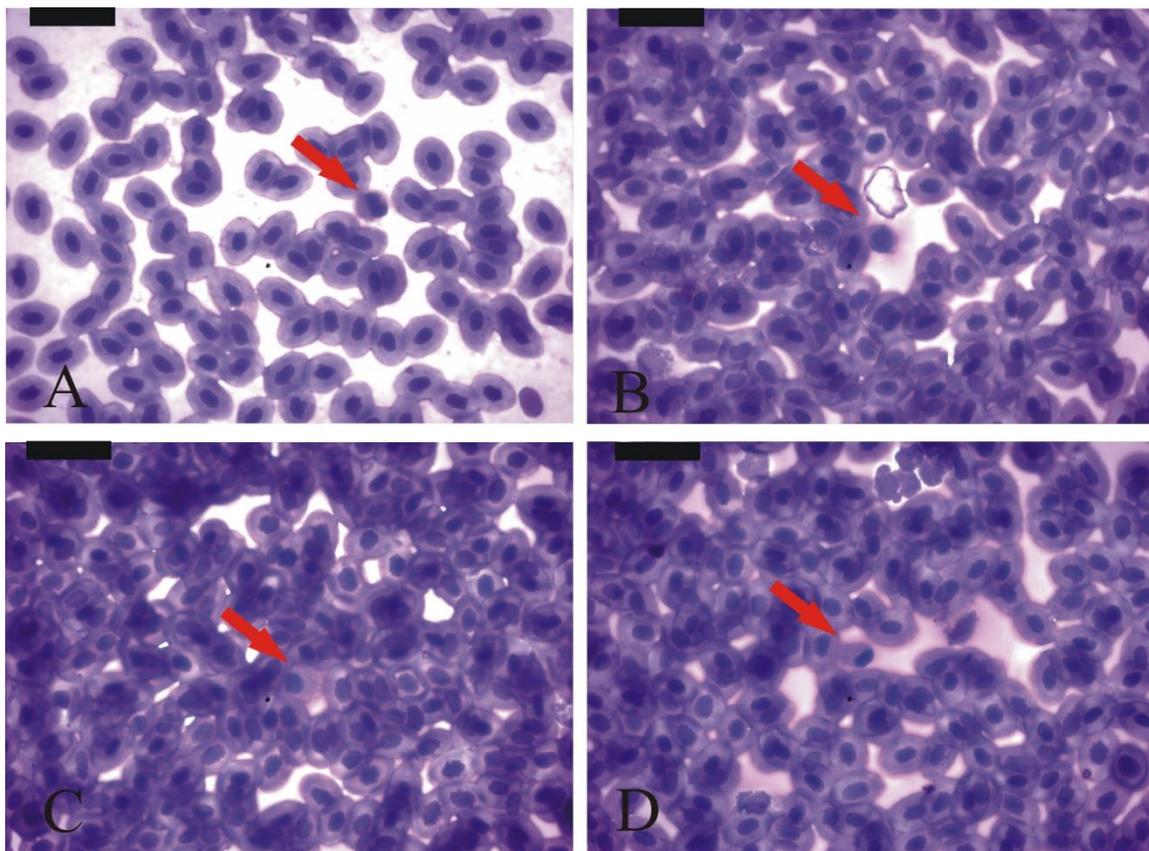


Figura 7. Leucócitos identificados em juvenis de tambaqui (*C. macropomum*) alimentados com óleo de pequi (*C. brasiliense*, Camb) por 60 dias. (A) Monócito; (B) Linfócito; (C) Célula granulocítica especial; (D) Neutrófilo. Coloração: Panótico; barra (4μm); aumento (1000x).



## DISCUSSÃO

Durante o período experimental, a qualidade da água esteve dentro do recomendado para piscicultura (Baldisseroto, 2002; Arana, 2004), demonstrando não ter ocorrido influência dos tratamentos.

O estudo demonstrou não haver influência do nível de inclusão do óleo de polpa de pequi (*C. brasiliense*, CAMB) sob ganho de peso e conversão alimentar. Não foram encontrados relatos na literatura sobre a inclusão de óleo de polpa de pequi na dieta de tambaqui (*Colossoma macropomum*) ou para outra espécie.

A adição em níveis crescentes de óleo de pequi pioraram a taxa de crescimento específico. A inclusão parcial de óleo de linhaça em substituição ao óleo de peixe não comprometeram o desempenho de tilápia (*Oreochromis niloticus*) (Li et al., 2016), Murray cod (*Maccullochella peelii peelii*) (Francis et al., 2006) e sharpshout seabream (*Diplodus puntazoo*) (Piedecausa et al., 2007). A inclusão do óleo de milho e linhaça não prejudicaram o desempenho de juvenis de jundiá (*Rhamdia quelen*) (Vargas et al., 2008).

Para a variável taxa de eficiência proteica (TEP) não foi observado influência dos tratamentos. O excesso da série n-6 pode causar inibição da conversão de n-3 PUFA (Horrobin, 1991; Shils et al., 2003) resultando em alteração no metabolismo dos lipídios, deposição de gordura e síntese proteica no músculo (Johnstin, 2003; Tirapegui, 2006), além de promoverem mudanças na composição de lipídios na carcaça (Bell et al., 2001; Grisdale-Helland et al., 2002).

Observou-se no presente estudo diferença significativa ( $P < 0,05$ ) para IHS com maior valor para a dieta com 5,5% de adição de óleo e regressão quadrática (Figura 1) como efeito dos níveis de inclusão do óleo de pequi. Efeito semelhante foi observado em truta arco íris (*Onchoryncus mykiss*) pela inclusão total de óleo de semente de algodão e por dietas formadas por uma mistura de óleo de soja e óleo de girassol (Sener & Yildiz 2003; Guler & Yildiz 2011;). Segundo Sargent et al. (2002) aumento do índice hepático é um dos sintomas de

deficiência de ácidos graxos essenciais e indicativo de desequilíbrio entre n-6/n-3 (Robaina et al., 1998).

Devido à presença de PUFA das séries n-3 e n-6 nas dietas naturais dos tambaquis, presume-se haver relevante importância de sua suplementação à resistência ao estresse e doenças e no crescimento (Guimarães & Martins 2015). Recomenda-se o uso de 5 – 20 g Kg<sup>-1</sup> de LNA (18:3 n-3), baseado no lipídio total da dieta para peixes tambaqui, sendo os ácidos graxos da n-6 PUFA os mais importantes (NRC, 2011).

A avaliação dos parâmetros hematológicos são importantes e podem indicar o estado de saúde em peixes (Coles, 1986), sendo um bom indicador do grau de estresse, doença e influência da dieta (Mourente et al., 2005; Kader et al., 2010).

A inclusão do óleo de polpa de pequi na dieta não alterou o hematócrito no presente estudo. Aumento para hematócrito foi observado por Costa et al. (2014) em tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) para dietas com óleo de soja, e por Demir et al. (2014) com óleo de palma na dieta, também para tilápia do Nilo. No entanto, Li et al. (2013) em híbridos de tilápia (*O. niloticus* x *O. aureus*) não apresentaram diferenças significativas para hematócrito para dietas contendo diferentes níveis de n-3 e n-6 PUFA.

O volume de eritrócito foi superior no tratamento com maior nível de inclusão do óleo vegetal e apresentou regressão quadrática (Figura 2; Tabela 5). Tavares-Dias (2009) indica como valores referências para hematócrito em *C. macropomum*, mínimo de 26% e máximo de 38% e para eritrócitos 1,250 µL<sup>-6</sup> e 2,96 µL<sup>-6</sup>, mínimo e máximo respectivamente. Apesar dos resultados do presente estudo para hematócritos estarem abaixo dos valores indicados por Tavares-Dias (2009), os valores de eritrócitos estiveram dentro dos valores de referência propostos pelo referido autor.

Os resultados obtidos para hemoglobina (tabela 5) pela inclusão do da fonte lipídica teste mantiveram-se dentro dos valores de referência propostos por Tavares-Dias (2009) (6,3-13,7 g/dL). Deficiência em ácidos graxos essenciais em juvenis *Sparus aurata*, levou a um aumento na concentração de hemoglobina como consequência da redução do volume de eritrócitos (Monteiro et al., 2004).

Eritrócitos e hematócrito são representantes do transporte de oxigênio de acordo com o número de células circulantes (Han et al., 2012) e os índices hematimétricos (MCV, MCH e MCHC) são importantes no diagnóstico de anemia na maioria dos animais (Coles, 1986). Segundo McCarty et al. (1973) a concentração de hemoglobina corpuscular média (CHCM) é o índice mais preciso em relação aos demais, pois é calculado a partir da porcentagem de hematócrito e quantidade de hemoglobina, já volume corpuscular médio

(VCM) e hemoglobina corpuscular média (HCM) utilizam a contagem de eritrócitos, sendo mais susceptíveis ao erro.

Ao comparar os resultados de CHCM do presente estudo (Tabela 5) com o referencial (mínimo de 20,2 e máximo de 30,5 g/dL) proposto por Tavares-Dias et al. (2009), pode-se inferir que a inclusão de óleo de polpa de pequi na dieta de juvenis de tambaqui (*C. macropomum*) não causou sinais de anemia.

Tavares-Dias et al. (1999) observou variação nas quantidades de neutrófilo (720 a 4240  $\mu$ L) e linfócitos (350 a 2489  $\mu$ L) em juvenis de *C. macropomum* criados em sistema intensivo. Os valores obtidos para neutrófilos e linfócitos no presente estudo estão abaixo do valor encontrado por Tavares-Dias et al. (1999). No entanto, não pode-se sugerir que essa diferença seja causada pelos tratamentos. Leucócitos totais em teleósteos apresentam variações intraespecíficas influenciadas por características próprias de cada indivíduo, em resposta aos estímulos ambientais (Negrete et al., 2009).

Os valores para monócitos e células granulocíticas no estudo encontram-se dentro da faixa obtida por Tavares-Dias et al. (1999). Células brancas como neutrófilos e monócitos proporcionam proteção contra patógenos (Harikrishnam et al., 2003). No presente estudo não foi observado influência da adição de óleo de pequi em níveis crescentes para esses dois grupos celulares, assim pode-se inferir que não houve comprometimento das células de defesa nos juvenis de tambaqui (*C. macropomum*).

Segundo Balfry et al. (2006) os ácidos graxos presentes na dieta de peixes atuam sobre a resposta de defesa em parte à composição lipídica da membrana e suas propriedades físicas, pois algumas respostas de defesa são baseadas na interação das membranas dos leucócitos, pela ativação da produção de citocinas e também pela influência da produção de prostaglandina e leucotrienos pelos macrófagos.

Prostaglandinas, especialmente PGE<sub>2</sub>, deriva de ácido araquidônico (ARA) e são produzidas por monócitos e estão associadas a modulação da função das células imunes (Bell e Sargent 2003, Yaqoob, 2004). Segundo Ganga et al. (2005) dietas ricas em n-6 PUFA resultam em maior quantidade de PGE<sub>2</sub> que dietas ricas em n-3 PUFA. Pode-se inferir que o aumento de monócitos, no presente estudo tenha relação com presença de ácido linoleico (LA) no óleo de pequi.

A concentração de proteína total também é uma função do estado nutricional (Igwebuike et al., 2008) sendo um indicador usual do sistema imune em peixes (Demir et al., 2014), onde seu aumento está associado a uma forte resposta inata em peixes (Andrews et al., 2011). No presente estudo, a adição do óleo de polpa de pequi resultou em regressão quadrática

positiva (Figura 5) para proteína total sérica para juvenis de tambaqui (*C. macropomum*). Resultado semelhante foi observado por Demir et al. (2014) em tilápia Nilótica (*Oreochromis niloticus*) em dietas com inclusão de óleo de palma. A inclusão de óleo de menta (*M. piperita*) em juvenis de *C. macropomum* manteve os níveis de proteína total constantes (Ribeiro et al., 2016).

As principais proteínas do plasma são a albumina e globulinas (Melo et al., 2009), sendo a síntese da albumina influenciada pela nutrição, balanço hormonal, estado geral do fígado e estresse (Hasgawa et al., 2002). O aumento dos níveis de proteínas totais e globulinas séricas é uma indicação de que o peixe está imunologicamente resistente (Nayak et al., 2004). Desta forma, pode-se prever que o óleo da polpa de pequi tem potencial como imunonutriente para juvenis de tambaqui (*C. macropomum*).

Os peixes submetidos aos tratamentos, apresentaram níveis crescentes, de forma quadrática positiva (Figura 6), para albumina globulina quando alimentados com níveis crescentes de óleo de polpa de pequi (*Caryocar brasiliense*). Níveis elevados de albumina podem estar relacionados com disfunção osmorregulatória ou danos nos vasos sanguíneos circunvizinhos (Demir et al., 2014). No entanto, não foram observadas alterações hematológicas que confirmem que o aumento da albumina tenha causado prejuízos aos animais.

## CONCLUSÃO

A inclusão do óleo de pequi (*Caryocar brasiliense*, Camb) na dieta de juvenis de tambaqui (*Colossoma macropomum*) reduziu a taxa de crescimento específico e aumentou a deposição de gordura hepática. No entanto, não foram observado comprometimento da saúde dos animais. Não recomenda-se o uso do óleo de pequi, dentro dos limites testados, como fonte lipídica para juvenis de tambaqui afim de garantir bom desempenho zootécnico.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDREWS, S.R., SAHU, N.P., PAL, A.K., MUKHERJEE, S.C., KUMAR, S. Yeast extract, brewer's yeast and spirulina in diets for *Labeo rohita* fingerlings affect haemato-immunological responses and survival following *Aeromonas Hydrophila* challenge. **Research in Veterinary Science**, v.91, p.103-109, 2011.

ARANA, L.V. **Princípios químicos da qualidade de água em aquicultura: uma revisão para peixes e camarões**. 2ed. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2004, 231p.

BALDISSEROTO, B. **Fisiologia de peixes aplicada à piscicultura**. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 2002, 212p.

BAILÃO, E.F.C., DEVILLA, I.A., CONCEIÇÃO, E.C. & BORGES, L.L. Bioactive Compunds Found in Brazilian Cerrado Fruits. **Int. J. Mol. Sci.**, v.16, p.23760-23783, 2015.

BALFRAY, S.K., OAKES, J., ROWSHANDELI, M., DEACON, G, SKURA, B.J., & RIGGS, D.A. Efficacy of equal blend of canola oil and poultry fat as na alternate dietary lipid source for Atlantic samon (*Salmo salar* L.) in sea water. II: effects on haematology and immunocompetence. **Aquaculture Research**, v.37, p.192-199, 2006.

BELL, J.G. & SARGENT, J.R. Arachidonic acid in aquaculture feeds current status and future opportunities. **Aquaculture**, v.218, p.491-499, 2003.

BELL, J.G., MCEVOY, J., TOCHER, D.R., MCGHEE, F., CAMPBELL, P.L., SARGENT, J.R. Replacement of fish oil with rape seed oil in diets of Atlantic samon (*Salmo salar*) affects tissue lipid composition and hepatocyte fatty acid metabolism. **The Journal of Nutrition**, v.131, p.1535-1543, 2001.

COLES, E.H. **Veterinary Clinical Pathology**. Saunders Philadelphia, PA, USA, 615pp. 1986.

COLLIER, H.B. The standardization of blood haemoglobin determinations. **Canadian Medical Association Journal**, v.50, p.550-552, 1944.

COSTA, D.V., FERREIRA, V., NAVARRO, R.D., ROSA, P.V., MURGAS, L.D.S. Parâmetros hematológicos de tilápias-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*) alimentadas com diferentes fontes de óleo. **Rev. Bras. Saúde Prod. Anim.**, v.15, n.3, p.754-764, 2014.

DEMIR, O., TÜRKER, A., ACAR, Ü., KESBİÇ, O.S. Effects of dietary fish oil replacement by unrefined peanut oil on the growth, sérum biochemical and hematological parameters of Mozambique Tilapia juveniles (*Oreochromis mossambicus*). **Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v.14, p.1-2, 2014.

FRANCIS, D.S., TURCHINI, G.M., JONES, P.L. & DE SILVA, S.S. Effects of dietary oil source on growth and fillet fatty acid composition fo Murray cod, *Maccullochella peelii peelii*. **Aquaculture**, v.253, p.547-556, 2006.

GOLDENFARB, P.B.; BOWYER, F.P.; HALL, E.; BROSIOUS, E. Reproducibility in the hematology laboratory: the microhematócrito determination. **American Journal of Clinical Pathology**, v.56, p.35-39, 1971.

GRISDALE-HELLAND, B., RUYTER, B., ROSENLUND, G., OBACH, A., HELLAND, S.J., SANDBERG, M.G., STANDAL, H., ROJO, C. Influence of high contents of dietary soybean oil on growth, feed utilization, tissue fatty acid composition, heart histology and standard oxygen consumption of Atlantic salmon (*Salmo salar*) raised at two temperature. **Aquaculture**, v.207, p.311-329, 2002.

GUIMARÃES, G. & MARTINS, G.P. Nutritional requirement of two aquacultured fish species, *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1816) and *Piaractus brachypomus* (Cuvier, 1818): a mini review. **Jounal of Applied Ichthyology**, v.31 (suppl.4), p.57-66, 2015.

GUIMARÃES, G. & MARTINS, G.P. Nutritional requirement of two aquacultured fish species, *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1816) and *Piaractus brachypomus* (Cuvier, 1818): amini review. **Jounal of Applied Ichthyology**, v.31 (suppl.4), p.57-66, 2015.

GULLER, M. & YILDIZ, M. Effects of dietary fish oil replacement by cottonseed oil on growth performance and fatty acid composition of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Turk. J. Vet. Amin. Sci.**, v.35, p.157-167, 2011.

HAN, Y.Z., REN, T.J., JIANG, Z. Q., GAO, J. KOSHIHO, S., KOMILUS, C.F., Effects of palm oil on growth performances, hematology, and several imune parameters in juvenile Japanese sea bass, *Lateolabrax japonicas*. **Fish Physiol. Biochem.** V.38, p.1785-1794, 2012.

HARIKRISHNAN, R., NISHA RANI, M. & BALASUNDARAM, C. Hematological and biochemical parameters in common carp *Cyprinus carpio*, following herbal treatment for Aeromonas hydrophila infection. **Aquaculture**, v.221, p. 41-50, 2003.

HASEGAWA, M.Y., FONTEQUE, J.H., KOHAYAGAWA, A. et al. Avaliação do perfil eletroforético das proteínas séricas em matrizes pesadas (*Gallus Gallus domesticus*) da linhagem Avian Farm. **Ver. Bras. Cienc. Avic.**, v.4, p.203-207, 2002.

HOFFMAN, L.C. & PRINSLOO, J.F. The influence of different dietary lipids on the growth and body composition of the African sharptooth catfish, *Clarias gariepinus* (Burchell). **South African Journal of Science**, v.91, p.602-607, 1995.

HORROBIN, D.F. Interaction between n-3 and n-6 essential fatty acids (EFAs) in the regulation of cardiovascular disorders and inflammation. **Prostaglandins Leukotrienes Essential Fatty Acids**, v.44, p.127-131, 1991.

HUBRE, T.C. & SMITH, S.A.; **Hematology of fish**. In: Schalm's Veterinary hematology, v.5, p.1120-1125, 1998.

IGWEBUIKE, J.U., ANUGWA, F.O.I., RAJI, A.O., EHIOBU, N.G. AND IKURIOR, S.A., Nutrient digestibility, haematological and serum biochemical indices of rabbits fed graded levels of *Acacia albida* Pods. **ARNP Journal of Agricultural and Biological Science**, v.3, n.4, p.33-40, 2008.

JACKSON, A. The future of fishmeal and Fish oil in Aquaculture Diets. Int. **Fishmeal and Fish Oil Organization**, 2011.

JOHNSTON, L.J., NOLL, S., RENTERIA, A., SHURSON, J. Feeding by-products high in concentration of fiber to nonruminants. In: **National Symposium on alternative feeds for livestock and poultry**, 3., 2003, Kansas. Proceedings...Kansas, 2003. P.169-186.

KADER, M.A., KOSHIO, S., ISHIKAWA, M., YOKOYAMA, S., BULBULL, M. Supplemental effects of some crude ingredients in improving nutritive values of low fishmeal diets for red seabream. *Pagrus major*. **Aquaculture**, v.308, p.136-144, 2010.

KENARI, A.A., MOZANZADEH, M.T., POURGHOLAM, R. Effects of total fish oil replacement to vegetable oils at two dietary lipid levels on the growth, body composition, haemato-immunological and serum biochemical parameters in caspian brown trout (*Salmo trutta caspius* Kessler, 1877). **Aquaculture research**, v.42, p.1131-1144, 2011.

KIRON, V., PAUNGKAEW, J., ISHIZAKA, K., SATOH, S. & WATANABE, T. Antioxidant status and nonspecific immune responses in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed two levels of vitamin E along with three lipid sources. **Aquaculture**, v.234, p.361-379, 2004.

LI, E., LIM, C., KLESZIUS, P.H., WELKER, T.L. Growth, Body Fatty Acid Composition, Immune Response, and Resistance to *Streptococcus iniae* of Hybrid Tilapia, *Oreochromis niloticus* x *Oreochromis aureus*, Fed Diets Containing Various Levels of Linoleic and Linolenic Acids. **Journal of the World Aquaculture Society**, v.44, n.1, p.42-55, 2013.

LI, F.-J., LIN, X., LIN, S.-M., CHEN, W.-Y & GUAN, Y. Effects of dietary fish oil substitution with linseed oil on growth, muscle fatty acid and metabolism of tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Aquaculture Nutrition**, v.22, p.499-508, 2016.

LIMA, A.; SILVA, A.M.O.; TRINDADE, R.A.; TORRES, R.P.; MANCINI-FILHO, J. Composição química e compostos bioativos presentes na polpa e na amêndoa do pequi (*Caryocar brasiliense* Camb). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.29, p.695-698, 2007.

MARTINO, R.C., CYRINO, J.E.P., PORTZ, L., TRUGO, L.C. Performance and fatty acid composition of surubim (*Pseudoplatystoma coruscans*) fed diets with animal and plant lipids. **Aquaculture**, v.209, p.233-246, 2002.

MCCARTHY, D.H., STEVENSON, J.P., ROBERTS, M.S. Some blood parameters of the rainbow trout (*Salmo gairdneri* Richardson). **J. Fish Biol.**, v.5, p.1-8, 1973.

MELO, D.C., OLIVEIRA, D.A.A., JÚNIOR, D.V., TEIXEIRA, E.A., GUIMARÃES, S.R. Perfil proteico de tilápia nilótica chitralada (*Oreochromis niloticus*), submetida ao estresse crônico por hipóxia. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, v.61, n.5, p.1183-1190, 2009.

MONTERO, D., GRASSO, V., IZQUIERDO, M.S., GANGA, R., REAL, F., TORT, L., CABALLERO, M.J. & ACOSTA, F. Total substitution of fish oil by vegetable oils in gilthead sea bream (*Sparus aurata*) diets: effects on hepatic Mx expression. and some immune parameters. **Fish Shellfish Immunol**, v.24, p.147-155, 2008.

MONTERO, D., KALINOWSKI, T., OBACH, A., ROBANIA, L., TORT, L., CABALLERO, M.J. AND IZQUERDO, MS. Vegetable lipid sources for gilthead sea bream (*Sparus aurata*) effects on fish health. **Aquaculture**, v.225, p.353-370, 2003.

MONTERO, D., SOCORRO, J., TORT, L., CABALLERO, M.J. & ROBAINA, L.E. Glomerulonephritis and immunosuppression associated with dietary fatty acid deficiency in gilthead sea bream, *Sparus aurata* L, juveniles. **Journal of fish Diseases**, v.27, p.297-306, 2004.

MOURENT, G., GOOD, J.E. & BELL, J.G. Partial substitution of fish oil with rapessed, linseed and olive oils in diets for European sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.): effects on flesh fatty acid composition, plasma prostaglandins E2 and F2a, immune function and effectiveness of a fish oil finishing diet. **Aquacult. Nutr.**, v.11, p.25-40, 2005.

MOURENTE, G., GOOD, J.E., THOMPSON, K.D. & BELL, J.G. Effects of partial substitution of dietary fish oil with blends of vegetable oils, on blood leucocyte fatty acid composition, immune function and histology in European sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.). **Brit. J. Nutr.**, v.98, p.770-779, 2007.

NAYAK, A.K., DAS, B.K., KOHLI, M.P.S., MUKHERJEE, S.C. The immunosuppressive effect of  $\alpha$ -permethrin on Indian major carp, rohu (*Labeo rohita*). **Fish & Shellfish Immunology**, v.16, p.41-50, 2004.

NAYLOR, R.L., HARDY, R.W., BUREAU, D.P., CHIU, A., ELIOTT, M., FARREL, A.P., FORTER, I., GATLIN, D.M., GOLDBURG, R.J., HUA, K. & NICOLAS, P.D. Feeding aquaculture in a era of finite resources. **Proceedings of National Academy of Science of the United States of America**, v.106, p.15103-15110, 2009.

NEGRETE, J.C.C., CORREA, A.A.G., GUEVARA, M.J.P., ATENCIO GARCÍA, V.J., CARRASCO, S.C.P. Caracterización de células sanguíneas y parâmetros hematológicos em blanquillo *Sorubim cuspicaudus*. **Zootecnia Tropical**, v.27, n.4, p.393-405, 2009.

NG, W.K. & LOW, S.Y. Evaluation of spent bleaching clay from palm oil refining as a feed ingredient in the diets of red hybrid tilapia, *Oreochromis* sp. **Journal of Applied Aquaculture**. v.17, p.87-97, 2005.

NRC, **Nutrient requirements of fish and shrimps**. National Research Council, 360p. National Academic Press. Washinton, USA, 2011.

OLIVEIRA, A.C.B., MIRANDA, E.C., CORREA, R. Exigências nutricionais e alimentação do Tambaqui. In: FRACALOSSO, D.M., CYRINO, J.E.P. (Ed.). **Nutriaqua, nutrição e**

**alimentação de espécies de interesse para a aquicultura brasileira.** Florianópolis: Sociedade Brasileira de Aquicultura e Biologia Aquática, 2012, v.1, p.231-240.

OLIVEIRA, L.R. **Efeito do óleo da amêndoa de pequi (*Caryocar brasiliense* Camb) sobre o perfil lipídico tecidual, enzimas antioxidantes e parâmetros bioquímicos e metabólicos de ratos.** Tese (Doutorado em Ciências) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 24p. 2010.

PETROPOULOS, I.K., THOMPSON, K.D., MORGAN, A., DICK, J.R., TOCHER, D.R., BELL, J.G. Effects of substitution on dietary fish oil with a blend of vegetable oils on liver and peripheral blood leucocyte fatty acid composition, plasma prostaglandin E2 and immune parameters in three strains of Atlantic salmon (*Salmo salar*). **Aquaculture Nutrition**, v.15, p.596-607, 2009.

PIEDECAUSA, M.A., MAZÓN, M.J., GARCÍA, B.G. & HERNÁNDEZ, M.D. Effects of total replacement of fish oil by vegetable oil in the diets of sharpnose seabream (*Diplodus puntazzo*). **Aquaculture**, v.263, p.211-219, 2007.

RIBEIRO, S.C., CASTELO, A.S., SILVA, B.M.P., CUNHA, A.S., PROIETTI JÚNIOR, A.A., OBA-YOSHIOKA, E.T. Hematological responses of tambaqui *Colossoma macropomum* (Serranidae) fed with diets supplemented with essential oil from *Mentha piperita* (Lamiaceae) and challenged with *Aeromonas hydrophila*. **Acta Amazonica**, v.46(1), p.99-106, 2016.

ROBAINA, L., IZQUIERDO, M.S., MOYANO, F.J., SOCORRO, J., VERGARA, J.M., MONTERO, D. Increase of the dietary n-3/n-6 fatty acid ratio and addition of phosphorus improves liver histological alterations induced by feeding diets containing soybean meal to gilthead seabream, *Sparus aurata*. **Aquaculture**, v.161, p.281-293, 1998.

SARGENT, J. TOCHER, D.R. & BELL, J.G. The lipids. In: **Fish Nutrition**, 3rd edn (Halver, J.E. & Hardy, R.W. eds), pp.181-257. Academic Press, San Diego. 2002.

SENER, E. & YILDIZ, M. Effect of the different oil on growth performance and body composition of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) juveniles. **Turk. J. Fish Aquat. Sci.**, v.3, p.111-116, 2003.

SILVA, D.J. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos.** 2ed. Viçosa: EFV, 1990, 165p.

SHILS, M.E., SHIKE, M., ROSS, A.C., CABALLERO, B., COUSINS, R.J. **Modern nutrition in health and disease.** 10th ed. Lippincott: Williams & Wilkins, 2003. 1951p.

TAVARES-DIAS, M., ISHIKAWA, M.M., MARTINS, M.L., SATAKE, F., HISANO, H., PÁDUA, S.B., JERÔNIMO, G.T., SANT'ANA, A.R. Hematologia: ferramenta para o monitoramento do estado de saúde de peixes em cultivo. **Tópicos Especiais em Saúde e Criação de Animais** (1ª ed.), Sarah-Neto, Mariano, W.S., Pozzobon-Soria. (Org.)©2009 Pedro & João Editores, São Carlos.

TAVARES-DIAS, M., SANDRIM, E.F.S., CAMPOS-FILHO, E. Características hematológicas do tambaqui *Colossoma macropomum* Cuvier (Osteichthyes, Characidae) em sistema de monocultivo intensivo. II. Leucócitos. **Revta. Bras. Zool.**, v16(1), p.175-184, 1999.

- TIRAPÉGUI, J. Nutrição, metabolismo e suplementação na atividade física. São Paulo: Atheneu, 2005. 350p.
- TOCHER, D.R. Omega-3 long-chain polyunsaturated fatty acids and aquaculture in perspective. **Aquaculture**, v.449, p.94-107, 2015.
- TURCHINI, G.M., TORSTENSEN, B.E., NG, W. Fish oil replacement in finfish nutrition. **Reviews in Aquaculture**. v.1, p.10-57, 2009.
- VARGAS, R.J., SOUZA, S.M.G., KESSLER, A.M. & BAGGIO, S.R. Replacement of fish oil with vegetable oils in diets for jundiá (*Rhamdia quelen* Quoy and Gaimard 1824): effects on performance and whole body fatty acid composition. **Aquacult. Res.**, v.39, p.657-665, 2008.
- VIEIRA, R.F., MARTINS, M.V.M. Recursos genéticos de plantas medicinais de cerrado: uma compilação de dados. **Braz. J. Med. Plants**, v.3, p.13-36, 2000.
- YAQOOB, P. Fatty acids and the immune system: from basic Science to clinical applications. **Proc. Nutr. Soc.**, v.63, p.89-104, 2004.
- YILDIRIM, Ö., ACAR, Ü., TÜRKER, A., SUNAR, M.C. AND YILMAZ, S. Effects of Partial or Total Replacement of fish oil by Unrefined Peanut oil on Growth and Chemical Composition of Common Carp (*Cyprinus carpio*). **Israeli Journal of Aquaculture**, v.65, p.919-924, 2013.
- YILDIZ, M.; KÖSE, I.; ISSA, G.; KAHRAMAN, T. Effect of different plant oils on growth performance, fatty acid composition and flesh quality of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Aquaculture Research**, v.46, p.2885-2896, 2015.

### **CAPÍTULO 3**

**PERFIL LIPÍDICO DA CARÇA DE JUVENIS DE TAMBAQUI (*COLOSSOMA  
MACROPOMUM*, CURVIER 1818) ALIMENTADOS COM ÓLEO DE PEQUI  
(*CARYOCAR BRASILIENSES*, CAMB)**

## RESUMO

Objetivou-se determinar o perfil lipídico da carcaça de juvenis de tambaqui (*Colossoma macropomum*) alimentados com dietas contendo óleo de pequi (*Caryocar brasiliense*, Camb). Cinco dietas isoprotéicas (41% proteína bruta) com níveis crescentes de inclusão de óleo de pequi (0.5%, 1.5%, 2.0%, 3.8% e 5.5%) foram fornecidas aos peixes em um delineamento inteiramente casualizado com 4 repetições. Os juvenis de tambaqui (n=240, peso médio 17,91±4,87g) foram distribuídos aleatoriamente em 20 caixas d'água de fibra com capacidade de 500 litros em um sistema de recirculação de água com filtragem, aeração forçada e fotoperíodo de 12 horas. A alimentação foi fornecida duas vezes ao dia (8:00 e as 18:00) até aparente saciação. Os animais receberam a dieta experimentais durante 60 dias e ao final desse período 6 indivíduos de cada unidade experimental foram separados aleatoriamente para formar amostras compostas de carcaças de cada tratamento. As amostras foram secas, moídas e sua fração lipídica extraída a frio. Após análise, se identificou a presença majoritária nas carcaças do ácido palmítico, ácido graxo saturado e oleico, ácido graxo monoinsaturado, reposta esperada para dietas formuladas à base de óleo vegetal. A presença do ácido eicosapentanoico (EPA, 20:5 n-3) e ácido docosa-hexaenóico (DHA, 22:6 n-3) sugerem a habilidade de conversão a partir do ácido graxo linolênico (LNA, 18:2 n-6) em juvenis de tambaqui presente no óleo vegetal de pequi. A relação entre o somatório dos ácidos graxos das séries n-6 e n-3 foi reduzida com a adição do óleo de pequi, atingindo valores recomendados para consumo humano para o nível máximo de adição da fonte lipídica testada. Assim, a adição de 5,5% de óleo de pequi na dieta de juvenis de tambaqui garantiu melhor composição em EPA, DHA e melhor relação entre PUFA n-6 e PUFA n-3.

**Palavras-chave:** carcaça, óleo vegetal, pequi, perfil lipídico, piscicultura

## ABSTRACT

The goal was to determine the lipid profile of the carcass of tambaqui (*Colossoma macropomum*) juveniles fed diets containing pequi oil (*Caryocar brasiliense*, Camb). Five isoprotein diets (41% crude protein) with different inclusion levels of pequi oil were supplied to the fish in a completely randomized design with 4 replicates. Tambaqui juveniles ( $n = 240$ , mean weight  $17.91 \pm 4.87\text{g}$ ) were randomly distributed in 20 fiber water boxes in a water recirculation system with filtration, forced aeration and photoperiod of 12 hours. Feeding was provided twice a day (8:00 a.m. and 6:00 p.m.) until apparent satiation. The animals received the experimental diet for 60 days and at the end of that period 6 individuals from each experimental unit were randomly separated to form samples composed of carcasses from each treatment. The samples were dried, ground and their lipid fraction cold extracted by the Bligh Dyer method. After analysis, the majority presence in the carcasses of palmitic acid, saturated fatty acid and oleic acid, monounsaturated fatty acid, an expected response to a diet formulated with vegetable oil, was identified. The presence of eicosapentaenoic acid (EPA, 20:5n-3) and docosahexaenoic acid (DHA, 22: 6 n-3) suggest the ability to convert from linolenic acid (LNA, 18: 2 n-6) in juveniles of tambaqui present in pequi vegetable oil. The relationship between the sum of the n-6 and n-3 series fatty acids was reduced with the addition of pequi oil, reaching values recommended for human consumption for the maximum level of addition of the lipid source tested. Thus, the addition of 5.5% pequi oil to the tambaqui juvenile diet resulted in a better composition in EPA, DHA and better ratio of PUFA n-6 to PUFA n-3.

**Keywords:** carcass, fish farming, lipid profile, pequi, vegetable oil

## INTRODUÇÃO

Os peixes apresentam importante valor nutricional para a alimentação humana por conter além de grandes quantidades de vitaminas lipossolúveis (A e D), minerais (Cálcio, Fósforo, Ferro, Cobre e Selênio), no caso dos peixes marinhos, o iodo, apresentam composição lipídica com elevada proporção em ácidos poliinsaturados que desempenham relevante impacto benéfico na saúde humana (Sartori & Amancio, 2012).

O organismo humano não é capaz de sintetizar ômega 3, devendo ser obtidos por meio da alimentação, sendo o ácido eicosapentanóico (EPA), ácido docosa-hexanóico (DHA) e ácido linolênico (ALA) os mais importantes para a dieta humana (Sartori & Amancio, 2012). Peixes e óleo de peixe possuem propriedades protetoras contra várias doenças como patologias cardiovasculares (Kris-Etherton et al., 2002), artrite reumatológica (Rennie et al., 2003), depressão cognitiva (Morris et al., 2005) e desordens neurológicas como Alzheimer (Lukin & Bazen, 2008), devido aos ácidos graxos da série n-3 que são anti-trombóticos (Din et al., 2004) e anti-inflamatório, reafirmando assim a importância do pescado como importante componente da dieta humana (Turchini et al., 2009).

Em comparação aos peixes marinhos, os dulcícolas têm como principais ácidos poliinsaturados em sua composição C16 e C18 e baixos níveis de C20 e C22 entre eles o EPA e DHA (Ackman, 1967; Viswanathan & Gopakumar, 1978), no entanto são capazes de converter LA e LNA em HUFA, como ARA, EPA e DHA (Sargent et al., 2002; Tocher, 2010; Turchini et al., 2011).

Para peixes, lipídios são requeridos como fonte acessível de energia, componente estrutural de membranas, carreadores de vitaminas lipossolúveis, precursores de eicosanoides, hormônios, vitamina D e agem como cofatores enzimáticos (Higgs & Dong, 2000), além de serem importantes fontes de ácidos graxos essenciais para garantir bom crescimento, saúde, reprodução e funções corporais (Turchini et al., 2009).

Óleo de peixe marinho tem sido utilizado tradicionalmente como única fonte lipídica nas rações comerciais para organismos aquáticos devido a pronta disponibilidade, preço competitivo e abundância de ácidos graxos essenciais (EFA) (Turchini et al., 2009). No entanto, devido ao aumento da demanda por pescado e redução dos estoques pesqueiros, alguns estudos tem previsto um colapso nas espécies marinhas que são pescadas até o ano de 2050 (Worm et al., 2006).

Além desse fator, o crescente desenvolvimento da aquicultura, responsável por 80% do consumo de óleo de peixe (Jackson, 2011) e a elevação do preço, consequência da relação oferta e demanda, reduzirá a oferta de óleo de peixe (Yildirim et al., 2013), limitando assim a expansão da aquicultura, sendo necessário o uso de fontes alternativas (Hans et al., 2015).

Óleos vegetais podem ser usados como alternativas ao óleo de peixe (Kerani et al., 2011). Os mais comuns usados na alimentação de peixes tem sido o óleo de soja, linhaça, colza, girassol, palmas e oliva (Nasopoulous & Zabetakis, 2012).

O pequi (*Caryocar brasiliense*, Camb.) apresenta importância econômica para a região do Cerrado brasileiro, onde o seu fruto, o pequi, caracteriza-se pela presença de muitos nutrientes, principalmente no mesocarpo (Vieira & Martins, 2000; Bailão et al., 2015), alto teor de lipídios e carotenoides na polpa (Lima et al., 2007), tendo como perfil de ácidos graxos da polpa, a predominância de ácidos graxos insaturados (61%) (Oliveira et al., 2010).

A composição lipídica nos tecidos dos peixes é influenciado por fatores ambientais, como salinidade, localização geográfica e certamente pela sua dieta (Henderson & Tocher, 1987; Venugopal & Shahidi, 1996; Nasopoulou & Zabetakis, 2012).

O presente estudo teve como objetivo investigar a composição lipídica de juvenis de tambaqui (*Colossoma macropomum*, CURVIER 1818) alimentados com dietas formuladas com o óleo da polpa de pequi (*Caryocar brasilienses*). A espécie é a segunda mais cultivada pela piscicultura brasileira, devido sua elevada taxa de crescimento e baixo custo de produção em relação às demais, além de ser a principal fonte de proteína para comunidades de baixa renda da região Norte brasileira (Guimarães & Martins, 2015).

## MATERIAL E MÉTODOS

### Espécie teste

Foram utilizados 240 juvenis de tambaqui com peso médio de  $17,91 \pm 4,87$ g e comprimento total médio de  $9,38 \pm 0,90$ cm) (*Colossoma macropomum*). Os animais usados no experimento foram coletados em piscicultura comercial (Brejinho de Nazaré, Tocantins, Brasil, latitude  $11^{\circ} 00' 00''$  sul; longitude  $48^{\circ} 33' 56''$  oeste) e então transportados ao laboratório de aquicultura do Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia do Tocantins – Campus Palmas, para realização da biometria inicial, recuperação do estresse do transporte e aclimação às condições laboratoriais. Durante esse período e por todo experimental os animais foram mantidos em um sistema fechado de recirculação de água fechado dotado de filtro de lago e aeração forçada (soprador de ar), sendo o fotoperíodo ajustado para 12h. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, com 5 tratamentos (níveis de inclusão) e 4 repetições (caixas). Os procedimentos experimentais foram aprovados pelo Comitê de Ética Animal da Universidade de Brasília (UnBDoc 66730/2016).

### Dietas experimentais

Cinco dietas isoproteicas (41% proteína bruta), com 5 diferentes níveis de inclusão do óleo de pequi (0.5%, 1.5%, 2.0%, 3.8% e 5.5%) foram fornecidas aos animais (tabela 1) tendo como referência o fornecimento de  $4100 \text{ Kcal kg}^{-1}$  energia bruta (Van der Meer, 1997). Os ingredientes foram moídos e peneirados ( $\varnothing = 0,7 \pm 0,2 \text{ mm}$ ), uniformemente homogeneizados, misturados ao óleo e então peletizadas no laboratório de Aquicultura do IFTO-Palmas. As rações permaneceram acondicionadas em sacos plásticos resfriadas ( $4^{\circ}\text{C}$ ).

A composição químico-bromatológica das dietas experimentais foi determinada no Laboratório de Alimentos da Faculdade de Agronomia e Veterinária da Universidade de Brasília (UnB) e estão apresentadas na tabela 1.

Tabela 1. Composição centesimal e bromatológica das rações experimentais.

Ingredientes	E.B Kcal kg <sup>-1</sup>				
	3900	4000	4100	4200	4300
Farelo de soja	73,50	74,50	75,50	75,00	75,50
Farelo de trigo	10,00	8,00	6,00	7,60	8,50
Quirera de arroz	8,00	5,00	4,00	4,00	2,50
Milho	1,00	2,00	4,00	3,00	2,00
Óleo de pequi	0,50	1,50	2,00	3,80	5,50
Fosfato bicálcico	1,65	1,65	1,65	1,65	1,65
Calcário Calcítico	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97
Premix*	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Sal	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
Amido	0,50	3,75	4,50	2,54	2,00
BHT	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
Inerte	2,44	1,18	0,00	0,00	0,00
Soma	100	100	100	100	100
<b>Níveis Nutricionais</b>					
Matéria Seca	86,94±0,09	86,77±0,35	91,66±0,11	91,52±0,20	91,86±0,17
Proteína Bruta %	41,87±0,26	41,07±0,03	38,82±1,21	41,12±0,28	41,45±0,41
Kcal/kg	3900	4000	4100	4200	4300
Fibra Bruta	21,09±0,80	21,21±1,44	14,74±1,08	12,82±0,91	11,16±2,65
Extrato Etéreo	2,15±0,60	2,57±0,21	3,70±0,43	5,38±0,78	8,46±1,88

\*Commercial mineral e vitamin premix (5 kg/ton), with guaranteed levels to the gram scale: Vit. A, 1.200.000 UI; Vit. D3, 200.000 UI; Vit k3, 2.400 mg; Vit B3. 4.800 mg; Vit B2 , 4.800 mg, Vit B6, 4.000 mg, Vit B12, 4.800 mg,. Pholic acid, 1.200 mg; pantotenato Ca 12.000mg; Vit. C, 48.000 mg; biotina, 48 mg; colina choret , 108.000 mg; niacina, 24.000 mg; and commercial mineral premix (1 kg/ton), with guaranteed levels Fe, 50.000 mg; Cu, 3.000 mg; 20.000 mg; Mn, 20.000 mg; Zn, 3.000 mg; I, 100 mg; Co, 10 mg; Se, 100 mg.

### Condições ambientais e fornecimento das dietas

Temperatura, oxigênio dissolvido e pH da água foram monitorados diariamente com medidor portátil (Oxímetro SL 520 microprocessado, Brasil). Amônia foi mensurada semanalmente (Método de Nesler). Os peixes foram alimentados duas vezes ao dia (8:00 e 17:00 h), até a aparente saciação. Ao final do período experimental (60 dias), os peixes permaneceram em jejum por 12 horas para esvaziamento do sistema digestivo.

### Avaliação da carcaça

Ao final do período experimental os animais foram separados aleatoriamente e eutanasiados. As amostras então foram armazenados em bolsas plásticas e congeladas (-20° C) até serem analisadas.

As amostras de carcaças foram posteriormente encaminhadas ao Laboratório de Alimentos da Faculdade de Agronomia e Veterinária da UnB aonde foram secas em estufa ventilada a 40°C por 48 horas e moídas. As amostras foram então analisadas quanto sua composição em matéria seca, proteína bruta e extrato etéreo segundo procedimentos descritos por Silva (1990) e perfil lipídico.

A fração lipídica das amostras das carcaças foi extraída pelo método Bligh Dyer (Bligh & Dyer, 1959), em duplicata. Após a extração a frio os lipídios passaram por processo de esterificação (metilação), realizada segundo método descrito por Christie (1989). Esse processo transforma os ácidos graxos livres em metil ésteres, facilitando sua volatilização na coluna do cromatógrafo. As amostras esterificadas foram acondicionadas em tubos de vidro com capacidade volumétrica de 2mL, com tampa rosqueável, septo de silicone e atmosfera saturada de nitrogênio e armazenadas a -18 °C até o momento das análises no cromatógrafo a gás.

Após preparo das amostras, as mesmas foram encaminhadas em duplicata à Central Analítica do Instituto de Química – IQ/UnB para determinação dos ácidos graxos. Os ácidos graxos esterificados (metilados) foram determinados em cromatógrafo gasoso CG-2010 Shimadzu com detector MS-QP2010 Plus, (quadrupolo, impacto de elétrons), de fabricação japonesa, com autoinjeter AOC-5000. A separação dos ácidos graxos foi feita utilizando a Coluna J & W Scientific 122-2362 DB-23. O detector do cromatógrafo gasoso utilizado consiste em um espectrômetro de massas (Shimadzu, GCMS-QP2010 Plus) acoplado diretamente à saída da coluna capilar.

A identificação de cada ácido graxo foi realizada por comparação com o tempo de retenção do padrão de ácidos graxos Supelco 37 component FAME mix (Supelco®, USA) e confirmados com os espectros previamente determinados e apresentados em uma biblioteca própria do equipamento. Os resultados foram expressos em percentual da área de cada ácido graxo, em relação à área dos ácidos graxos totais.

### **Análise estatística**

Os resultado foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e de regressão polinomial. Os parâmetros que apresentaram diferenças significativas tiveram suas médias comparadas pelo teste de Duncan, a 5% de probabilidade. Os dados foram analisados pelo programa estatístico SAS.

## RESULTADOS

Durante o período experimental os valores médios de temperatura e oxigênio dissolvido da água foram  $26,80 \pm 1,97$  °C e  $9,6 \pm 1,24$  mg L<sup>-1</sup>, respectivamente. O pH foi  $6,3 \pm 0,25$  e amônia  $0,003 \pm 0,001$  mg L<sup>-1</sup>.

A composição do perfil de ácidos graxos encontra-se na tabela 2 e o somatório e razão dos ácidos graxos conforme o grupo estão na tabela 3. Foram identificados 13 ácidos graxos diferentes, sendo os mais abundantes C18:1 n-9 (oleico; OA), C16:0 (Palmítico; PA), e C20:2 n-6, respectivamente. A inclusão do óleo teste, promoveu diferenças significativas ( $P < 0,05$ ) para maioria dos ácidos encontrados.

Dentre os saturados identificados, apenas o C17:0 apresentou diferença significativa ( $P < 0,05$ ), com regressão linear negativa (Figura 1). As maiores quantidades encontrados para o C17:0 foram observados a partir da dieta com nível intermediário de inclusão do óleo ( $4100$  kcal kg<sup>-1</sup> EB). Para os monossaturados, destacam-se C16:1 n-7 e C21:1 n-8, sendo estatisticamente diferente entre os tratamentos ( $P < 0,05$ ), apresentando aumento linear (Figura 2).

O ácido graxo linoleico C18:2 n-6 foi significativamente diferente ( $P < 0,05$ ) e apresentou aumento de forma linear entre os tratamentos (Figura 3). O LNA (C18:3 n-3) não foi significativamente diferente ( $P > 0,05$ ) entre os tratamentos. Já o C20:2 n-6 reduziu de forma linear (Figura 3) para os níveis de inclusão do óleo teste e foram estatisticamente diferentes entre os tratamentos ( $P < 0,05$ ). Os ácidos graxos EPA (C20:5 n-3), C22:6 n-3 (DHA) apresentaram regressão quadrática (Figura 4) e apresentaram diferenças significativas ( $P < 0,05$ ).

Figura 1. Equação de regressão para os níveis de de adição de de óleo de pequi (*C. brasiliense*, Camb) em juvenis de tambaqui (*C. macropomum*) por 60 dias para o ácido graxo C17:0.

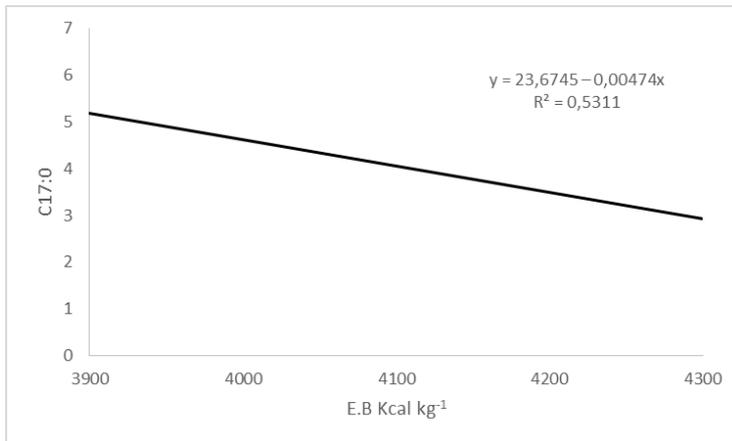


Figura 2. Equação de regressão para os níveis de de adição de de óleo de pequi (*C. brasiliense*, Camb) em juvenis de tambaqui (*C. macropomum*) por 60 dias para os ácidos graxos C16:1 n-7 e C21:1 n-8.

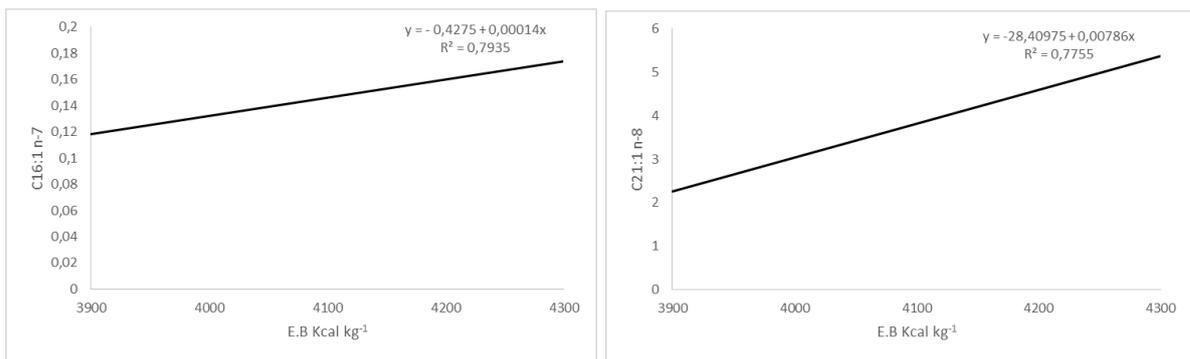


Figura 3. Equação de regressão para os níveis de de adição de de óleo de pequi (*C. brasiliense*, Camb) em juvenis de tambaqui (*C. macropomum*) por 60 dias para para os ácidos graxos C18:2 n-6 (LA).

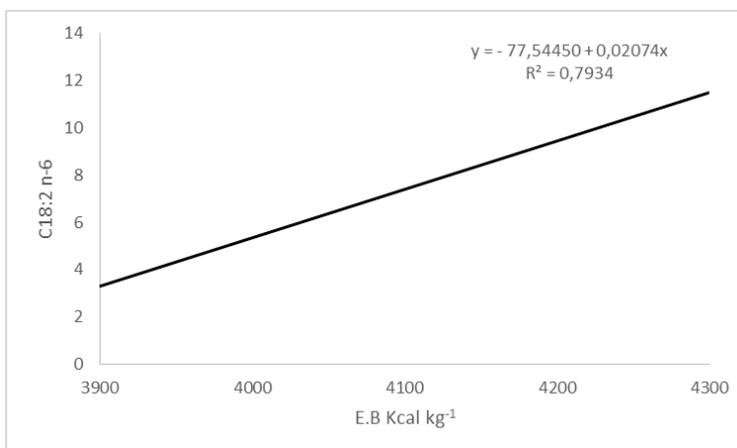


Figura 4. Equação de regressão para os níveis de de adição de de óleo de pequi (*C. brasiliense*, Camb) em juvenis de tambaqui (*C. macropomum*) por 60 dias para para o ácido graxo C20:2 n-6.

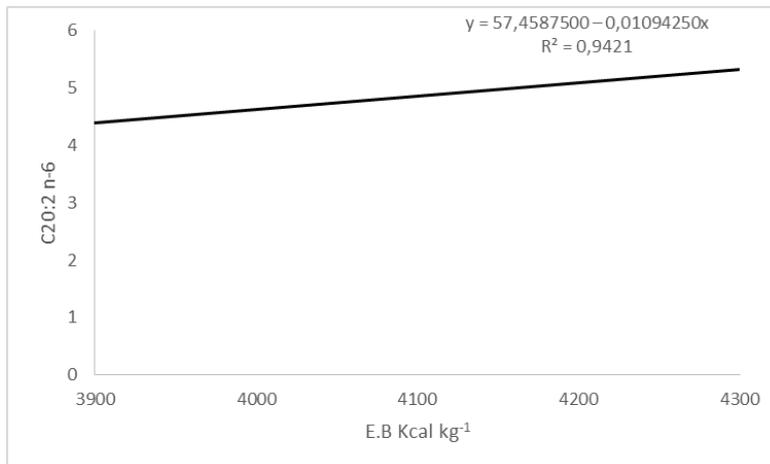


Figura 5. Equação de regressão para os níveis de de adição de de óleo de pequi (*C. brasiliense*, Camb) em juvenis de tambaqui (*C. macropomum*) por 60 dias para para os ácidos graxo C20:5 n-3 (EPA) e C22:6 n-3 (DHA).

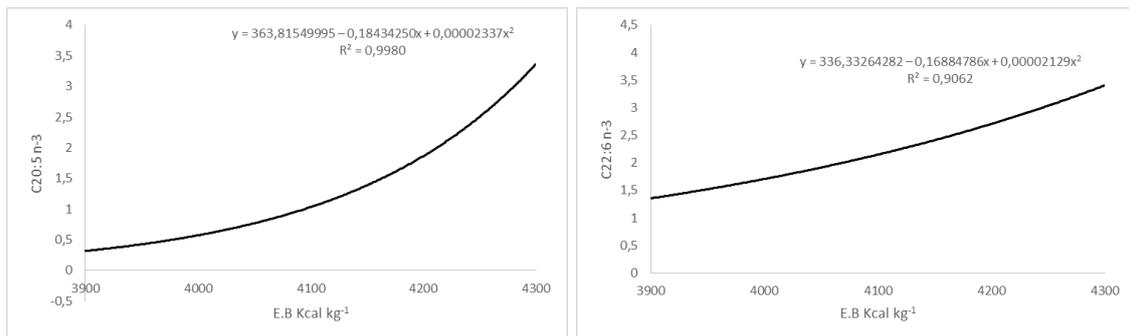


Tabela 2. Perfil de ácidos graxos em carcaças de juvenis de tambaqui (*C. macropomum*) alimentados com diferentes níveis de óleo de pequi (*C. brasiliense*, Camb) por 60 dias<sup>a</sup>.

Ácido Graxo	E.B Kcal kg <sup>-1</sup>					CV(%)
	3900	4000	4100	4200	4300	
C16:0	36,06±2,06	35,74±0,71	34,23±1,43	34,29±1,21	34,21±2,95	5,28
C16:1 n-7	0,11±0,03b	0,14±0,02ab	0,14±0,03ab	0,18±0,03a	0,16±0,04a	19,76
C17:0	4,55±0,53ab	5,84±1,45a	4,10±1,54ab	2,36±1,53b	3,47±0,98b	30,05
C18:0	3,45±0,54	3,58±0,31	3,72±0,10	3,67±0,20	3,84±0,15	8,21
C18:1 n-9	40,18±1,89	41±2,47	47,90±3,04	45,87±1,39	41,06±11,48	12,94
C18:1 n-3	1,72±1,89b	3,97±1,54a	3,35±1,58ab	1,90±0,20a	2,87±1,52ab	43,68
C18:2 n-6 (LA)	3,45±0,67d	6,00±0,47b	6,22±0,49b	9,42±0,60c	11,99±0,41a	6,36
C18:3 n-3 (LNA)	0,25±0,07	0,30±0,07	0,27±0,06	0,24±0,04	0,27±0,08	24,75
C20:2 n-6	15,32±1,19d	13,20±0,75b	12,34±0,94bc	11,36±0,37cd	10,76±0,32a	6,21
C20:5 n-3 (EPA)	0,44±0,07c	0,37±0,05c	1,02±0,14c	1,89±0,82b	3,74±0,67a	40,12
C21:0	0,65±0,06	0,73±0,09	0,72±0,05	0,74±0,09	0,76±1,13	11,53
C21:1 n-8	2,49±0,13c	2,24±0,25c	4,58±0,55b	4,59±0,47b	5,2±0,27a	9,51
C22:6 n-3 (DHA)	1,40±0,95b	1,86±1,12b	1,95±0,18b	2,21±0,75b	4,07±0,07a	32,44

<sup>a</sup>Valores de média ± Desvio Padrão. Letras diferentes na mesma linha significam diferenças estatísticas entre si pelo teste Duncan (P<0,05).

CV – Coeficiente de variação.

Não foram observadas diferenças significativas ( $P > 0,05$ ) para somatório dos ácidos graxos saturados. O somatório dos ácidos graxos monoinsaturados não foi significativamente diferentes. Diferenças significativas ( $P < 0,05$ ) foram observadas para os poliinsaturados (tabela 3.) A relação entre o somatório de ácidos graxos insaturados e saturados também foi significativamente distinta ( $P < 0,05$ ), com maiores valores observados para as dietas 4200 e 4300 kcal kg<sup>-1</sup> e a regressão observada foi quadrática (Figura 5). Também observou-se diferença significativa ( $P < 0,05$ ) para relação entre o somatório de n-6 PUFA e n-3 PUFA, apresentando redução de forma linear (Figura 5).

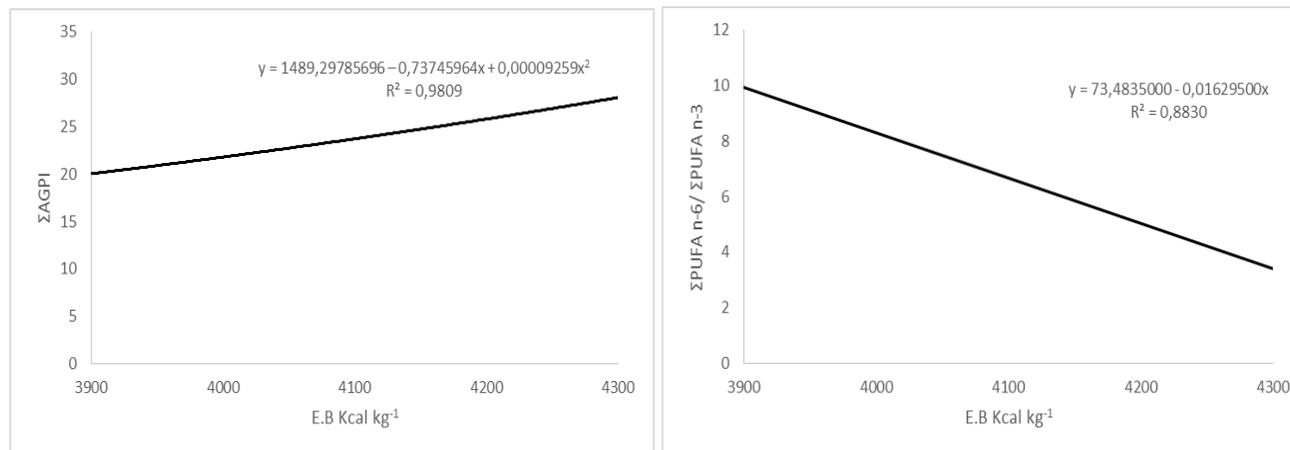
Tabela 3. Somatório dos constituintes de ácidos graxos em carcaças de juvenis de tambaqui (*C. macropomum*) alimentados com diferentes níveis de óleo de pequi (*C. brasiliense*) por 60 dias<sup>a</sup>.

Ácido Graxo	E.B Kcal kg <sup>-1</sup>					CV (%)
	3900	4000	4100	4200	4300	
ΣAGS	44,70±2,32	45,88±1,81	42,76±2,47	42,76±2,47	41,94±2,11	5,49
ΣAGMI	44,50±1,94c	47,34±3,17bc	54,63±3,75a	52,54±1,39ab	49,33±12,24bc	12,07
ΣAGPI	21,13±1,96b	21,73±1,02b	21,79±0,81b	24,87±1,22c	30,13±1,12c	5,36
ΣAGPI/ ΣAGS	0,47±0,02b	0,47±0,04b	0,51±0,05b	0,50±0,01c	0,72±0,10c	9,62
ΣPUFA n-6/ ΣPUFA n-3	9,30±4,5c	9,50±5,76c	5,75±0,45bc	5,83±1,85bc	2,99±0,34b	50,73

<sup>a</sup>Valores de média ± Desvio Padrão. Letras diferentes na mesma linha significam diferenças estatísticas entre si pelo teste Duncan (P<0.05).

CV – Coeficiente de variação.

Figura 6. Equação de regressão para os níveis de de adição de de óleo de pequi (*C. brasiliense*, Camb) em juvenis de tambaqui (*C. macropomum*) por 60 dias para para somatório de ácidos graxos poliinsaturados (PUFA) e relação entre somário de ácidos graxos poliinsaturados da série n-6 e n-3.



## DISCUSSÃO

O presente estudo investigou o uso de uma fonte alternativa, o óleo de polpa de pequi (*Caryocar brasilienses*, CAMB), fruto típico do cerrado brasileiro, que apresenta o ácido graxo palmítico saturado 16:0 (PA) e o monoinsaturado oleico 18:1 n-9 (AO) como majoritários (Aquino, 2007; Garcia et al., 2007; Segall et al, 2006). Em geral, óleos vegetais são ricos em ácido linoleico, ácido oleico e linolênico, no entanto são carentes em EPA e DHA, ao contrário do óleo de peixe (Acar & Tüker, 2017).

Durante o período experimental a qualidade da água esteve dentro do recomendado para piscicultura (Baldisseroto, 2002; Arana, 2004).

As maiores quantidades de SFA (C16:0) e MUFA (C18:1 n-9) resultantes no estudo podem ser explicadas pela composição da fonte de lipídica utilizadas que é rica nestes ácidos graxos. A dominância do ácido graxo palmítico (C16:0) é característico para peixes (Caballero et al., 2002; Sener & Yildiz 2003; Madrigal et al. 2005; Rinchard et al. 2007; Dernekbası et al. 2011). Resultado semelhante para deposição de ácido oleico (18:1 n-9) foi observado em *Oncorhynchus mykiss* (Dernekbası et al., 2017; Acar & Türker 2016), *Pangasus nasutus* (Asdari et al., 2011), gilthead seabream (*Sparus aurata*), alimentados com diferentes fontes vegetais lipídicas (Ibeas et al., 1996).

A adição do óleo teste em níveis crescentes em *C. macropomum* elevou a composição para o ácido graxo ácido linoleico (LA-18:2 n-6) de forma linear (Figura 3), não havendo modificações no linolênico (LNA-18:3 n-3). Li et al. (2016) observaram maior deposição de ácidos monoinsaturados e PUFA das séria n-3 e n-6 (LNA e LA) em tilápias (*Oreochromis niloticus*) para níveis de inclusão de óleo de linhaça. A substituição total por óleo de amendoim resultou em elevadas quantidades de 18:1 n-9 e 18:2 n-3 nos files de truta arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) (Acar & Türker, 2016).

Como resposta aos tratamentos, a composição de EPA (20:5 n-3) e DHA (22:6 n-3) apresentou aumento de forma quadrática (Figura 5). Estes resultados sugerem a habilidade de biossíntese a partir de LNA fornecido pela dieta, em EPA e DHA. Resultado similar para uso óleo de linhaça em *Oreochromis niloticus* foi observado (Tonial et al., 2009; Li et al., 2016), no entanto, a substituição (100%) por óleo de amendoim reduziu o níveis de n-3 HUFA (EPA e DHA) em truta arco íris (Ucar & Tüker, 2016).

Os resultados obtidos em juvenis de tambaqui (*C. macropomum*) sugerem a capacidade da espécie no processo metabólico da fonte lipídica testada. Deficiências dietéticas em ácidos graxos essenciais podem causar redução no crescimento e aumento da taxa de mortalidade (Glencross, 2009). Não foram observadas mortalidades durante o período experimental.

O hábito alimentar do tambaqui (*C. macropomum*) pode ter contribuído com a capacidade metabólica das dietas fornecidas. A espécie em ambiente natural alimenta-se preferencialmente de frutos e sementes, com variações entre zooplâncton, macrófitas, algas e molusco de acordo com o regime hídrico, caracterizando-se assim, como onívoros oportunistas (Honda, 1974; Goulding & Carvalho, 1982).

No presente estudo, a não identificação de ARA nos animais submetidos aos tratamentos pode ser atribuído à competitividade enzimática, carência de vitamina E nas dietas testadas ou pela presença de algum agente estressor não identificado durante o período experimental. Em jundiá (*Rhandia quelen*) o óleo de linhaça, em substituição total, resultou em menores níveis de ARA, provavelmente relacionado ao elevado nível de n-3 PUFA na dieta, o qual tem efeito inibidor no metabolismo de n-6 (Horrobin, 1991).

A vitamina E pode estar relacionada na ativação do processo enzimático de alongação e desaturação a partir do ácido graxo linolênico (18:2 n-6, LA) em ácido araquidônico (20:4 n-6, ARA) (Mourente et al., 2005). Navarro et al. (2012) avaliando os efeitos da suplementação de vitamina E na dieta, não detectaram a presença de ARA em tilápia (*Oreochromis niloticus*) quando os animais não recebiam suplementação de vitamina E.

O ARA, produto da desaturação do LA, atua como precursor de eicosanoides e desempenham outras funções, incluindo resistência a estressores. O aumento de experiências estressoras pelos peixes em sistemas intensivos podem resultar na redução dos níveis de ARA, em contraste ao reportado em peixes selvagens e de sistemas semi-intensivos (Karapanogiotidis et al., 2006).

Óleos vegetais dietéticos têm impactos significativos na composição de ácidos graxos nos tecidos dos peixes com aumentos em LA e LNA e redução em n-3 HUFA (Caballero

et al., 2002; Bell et al., 2003; Guller & Yindiz, 2011). Assim o conteúdo de LA em uma potencial fonte lipídica deve ser considerada, pois este ácido graxo é responsável por modificações indesejadas na composição dos peixes cultivados (Turchini et al., 2009), como redução na síntese de EPA e DHA (n-3 HUFA).

Há evidências que o elevado consumo de n-3 HUFA, na dieta humana, reduz riscos de doenças cardiovasculares, pressão sanguínea elevada, asma, artrite, psoríases, inflamação e vários tipos de câncer (Suárez-Mahecha et al., 2002), sendo considerados benéficos à saúde humana (Ruxton et al., 2005; Sinclair et al., 2007).

O uso do óleo de pequi em níveis crescentes promoveu redução na relação do somatório de n-6 e n-3 de forma linear (Figura 6), atendendo aos níveis recomendáveis ao consumo humano. O balanço adequado de n-3 e n-6 é essencial ao metabolismo do organismo humano, prevenindo doenças cardiovasculares, degenerativas e melhora na saúde mental (Dyeberg et al., 1975). Estudos sugerem que uma alimentação com reduzida relação n-6/n-3, entre 2:1 a 3:1 (Simopoulos, 2012) seja necessária para manter uma boa saúde.

Óleo de polpa de pequi apresenta menores quantidades de n-3 e n-6 PUFA quando comparado com outras fontes vegetais. Óleos de amendoim e oliva são ricos em MUFA, soja e de girassol apresentam maiores quantidades em n-6 PUFA e o óleo de linhaça em n-3 PUFA (Turchini et al., 2009). No entanto, o uso de forma conjugada de diferentes fontes vegetais pode apresentar bons resultados na formulação de dietas para peixes. Óleo de gergelim em combinação com óleo de linhaça e girassol na dieta melhoraram a qualidade nutricional da carcaça, em particular de DHA, para juvenis de truta arco íris (*Oncorhynchus mykiss*) (Köse & Yildiz 2013).

O óleo de pequi também poderia ser testada como fonte lipídica em dietas que contenham em sua composição farinha de peixe, como fonte proteica. Bimbo (2000) afirma que a farinha de peixe usualmente contém 8 a 10% de gordura residual, a qual comumente contém de 20 a 35% de n-3 HUFA. Segundo Turchini et al. (2009) a inclusão na dieta de um nível mínimo de 300 g kg<sup>-1</sup> é capaz de fornecer de 0,5 a 1% na matéria seca de n-3 HUFA e em geral os requerimentos de EFA das mais comuns espécies cultivadas. Truta arco íris alimentadas com uma dieta formada pela combinação de óleo de peixe e um *blend* de óleo de sesame e girassol promoveu elevados níveis de EPA e DHA corporal e no fígado (Köse & Yildiz, 2012).

## CONCLUSÃO

Adição do óleo de pequi (*Caryocar brasiliense*, camb) em juvenis de tambaqui (*Collossoma macropomum*) resultou em aumento na concentração de EPA e DHA e redução na relação entre ácidos graxos das séries n-6 e n-3 corporal. A adição de 5,5% de óleo de pequi na dieta de juvenis de tambaqui garantiu melhor composição em EPA, DHA e melhor relação entre PUFA n-6 e PUFA n-3.

## REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

ACAR, Ü & TÜRKER, A. Response of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) to unrefined peanut oil diets: effect on growth performance, fish health and fillet fatty acid composition. **Aquaculture Nutrition**, p.1-8, 2017.

ACKMAN, R.G. Characteristics of the fatty acid composition and biochemistry of some fresh-water fish oils and lipids in comparison with marine oils and lipids. **Comp. Biochem. Physiol.** v.22, p.907-922, 1967.

AQUINO, L.P.; FERRUA, F.Q.; BORGES, S.V.; CIRILLO, M.A.; VIEIRA, A.P. Influência do pré-tratamento da polpa de pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) no rendimento do extrato lipídico. **Alim. Nutr.**, Araraquara, v.20, p.289-294, 2009.

ASDARI, R., ALIYU, M. & HASHIM, R. Effects of different dietary lipid source in the diet for *Pangasius nasutus* (Bleeker, 1863) juveniles on growth performance, feed efficiency, body indices and muscle and liver fatty acid compositions. **Aquacult. Nutr.**, v.17, p.e883-e891, 2011.

BAILÃO, E.F.C., DEVILLA, I.A., CONCEIÇÃO, E.C. & BORGES, L.L. Bioactive Compounds Found in Brazilian Cerrado Fruits. **Int. J. Mol. Sci.**, v.16, p.23760-23783, 2015.

BIMBO, A.P. Fish meal and oil. In: MARTIN, R.E, CARTER, E.P., FLICK, G.J, DAVIS, L.M. (eds) *Marine and Freshwater Products Handbook*. P.541-581, Technomic Publishing, Lancaster, (2000).

BELL, J.G. & SARGENT, J.R. Arachidonic acid in aquaculture feeds current status and future opportunities. **Aquaculture**, v.218, p.491-499, 2003.

BLIGH, E.G., DYER, W.J.A. A rapid method of total lipid extraction and purification. **Can. J. Biochem. Physiol.**, v.37, p.911-917, 1959.

CABALLERO, M.J., OBACH, A., ROSENLUND, G., GISCOLD, D. & IZQUIERDO, M.S. Impacto f different dietary lipid source on growth, lipid digestibility, tissue fatty acid composition and histology of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. **Aquaculture**, v.214, p.253-271, 2002.

CHRISTIE, W.W. **Gas chromatography and lipids: a practical guide**. Oily, Great Britain, 191p. 1989.

DERNEKBAŞI, S., KARAYÜCEL, I. & AKYÜZ, A.P. Effect of diet containing laurel seed oil on growth and fatty acid composition of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. **Aquaculture Nutrition**, v.23, p.219-227, 2017.

DERNEKBAŞI, S., KARAYÜCEL, I. & OKSUZ, A. Effect of dietary canola oil level on fatty acid composition of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* L.). **IJA**, v.63, p.535-546, 2011.

DEYBERG, J., BANG, HO, HJORNE, N. Fatty acid composition of plasm lipids in Greenland Eskimos. **Am. J. Clin. Nutr.**, v.28(9), p.958-966, 1975.

DIN, J.N., NEWBY, D.E. & FLAPAN, A.D. Omega 3 fatty acid and cardiovascular disease – fishing for a natural treatment. *British Medical Journal*, v.328, p.30-35, 2004.

GARCIA, C.C.; FRANCO, P.I.M.; ZUPPA, T.O.; ANTONIOSI-FILHO, N.R.; LELES, M.I.G. Thermal stability studies of some cerrado plant oils. **J. Therm. Anal. Cal.** v.8, 2007.

GLENCROSS, B.D. Exploring the nutritional demand for essential fatty acids by aquaculture species. **Reviews in Aquaculture**, v.1, p.71-124, 2009.

GOUDING, M & CARVALHO, M.L. Life history and management of the tambaqui (*Colossoma macropomum*, characidae): an important Amazonian food fish. **Revista Brasileira de Zoologia**. n. 1, p. 107-133, 1982.

GUIMARÃES, G. & MARTINS, G.P. Nutritional requirement of two aquacultured fish species, *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1816) and *Piaractus brachyomus* (Cuvier, 1818): a mini review. **Journal of Applied Ichthyology**, v.31 (suppl.4), p.57-66, 2015.

GULLER, M. & YILDIZ, M. Effects of dietary fish oil replacement by cottonseed oil on growth performance and fatty acid composition of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Turk. J. Vet. Amin. Sci.**, v.35, p.157-167, 2011.

HAN, Y.Z., JIANG, Q., REN, T.J., KOSHIO, S., GAO, J., KOMILUS, C.F & JIANG, B.Q. Effect of dietary fish oil replacement with palm oil on growth performance, hematology and liver anti-oxidative enzymes of juvenile Japanese flounder *Paralichthys Olivaceus* (Temminck & Schlegel, 1846). **J. Appl. Ichthyol.**, v.31, p.518-524, 2015.

HIGGS, D.A., DONG, F.M. Lipids and fatty acids. In: Stickney R.R. (ed.) *Encyclopedia of Aquaculture*, pp.476-496. John Wiley & Sons, New York, 2000.

HENDERSON, R.J. & TOCHER, D.R. The lipid composition and biochemistry of freshwater fish. **Prog. Lipids Res**, v.26, p.281-347, 1987.

HONDA, E.M.S. Contribuição ao conhecimento da biologia de peixes do Amazonas. II- Alimentação de tambaqui *Colossoma bidens* (Spix). **Acta Amazonica**, v.4, p.47-53, 1974.

HORROBIN, D.R. Interactions between n3 and n6 essential fatty acids (EFAs) in the regulation of cardiovascular disorders and inflammation. **Prostaglandins, Leukotrienes and Essential Fatty Acids**, v.44, p.127-131, 1991.

IBEAS, C., CEJAS, J., GOMEZ, T., JEREZ, S. & LORENZO, A. Influence of dietary n-3 highly unsaturated fatty acids levels on juvenile gilthead seabream (*Sparus aurata*) growth and tissue fatty acid composition. **Aquaculture**, v.142, p.221-235, 1996.

JACKSON, A. The future of fishmeal and fish oil in Aquaculture Diets. In: Fishmeal and Fish oil Organization.

KARAPANOGIOTIDIS, I.T., BELL, M.V., LITTLE, D.C., YAKUPITIYAGE, A. & RAKSHIT, S.K. Polyunsaturated fatty acid content of wild and farmed tilapia in Thailand: effect of aquaculture practices and implications for human nutrition. **J. Agric. Food Chem.**, v.54, p.4304-4310, 2006.

KERANI, A.A., MOZANZADEH, M.T., POURGHOLAM, R. Effects of total fish oil replacement to vegetable oils at two dietary lipids levels on the growth, body composition, haemato-immunological and serum biochemical parameters in caspian brown trout (*Salmo trutta caspius* Kessler, 1877). **Aquaculture Research**, v.42, p.1131-1144, 2011.

KÖSE, I. & YILDIZ, M. Effect of diets containing sesame oil on growth and fatty acid composition of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Journal of Applied Ichthyology**, v.29, p.1318-1324, 2013.

KRIS-ETHERTON, P.M., HARRIS, WA, APPEL, L.J. Fish consumption, fish oil, omega-3 fatty acids, and cardiovascular disease. **American Heart Association**. v.106(21), p.2747-2757, 2002.

LI, F.-J., LIN, X., LIN, S.-M., CHEN, W.-Y & GUAN, Y. Effects of dietary fish oil substitution with linseed oil on growth, muscle fatty acid and metabolism of tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Aquaculture Nutrition**, v.22, p.499-508, 2016.

LUKIW, W.J. & BAZAN, N.G. Docosahexaenoic acid and the aging brain. **Journal of Nutrition**, v.138, p.2510-2514, 2008.

MADRIGAL, J.F., KARALAZOS, V., CAMPBELL, P.J., BELL, J.G & TOCHER, D.R. Influence of dietary palm oil on growth, tissue fatty acid composition, and fatty acid metabolism in liver and intestine in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Aquacult. Nutr.**, v.11, p.241-250, 2005.

MORRIS, M.C., EVANS, D.A., TANGNEY, C.C., BIENIAS, J.L. & WILSON, R.S. Fish Consumption and cognitive decline with Age in a large Community study. **Archives of Neurology**, v.62, 1-5, 2005.

NASOPOULOU, C.; ZABETAKIS, I. Benefits of fish oil replacement by plant originated oils in compounded fish feeds. A review. **Food Science and Technology**, v.47, p.217-224, 2012.

OLIVEIRA, L.R. **Efeito do óleo da amêndoa de pequi (*Caryocar brasiliense* Camb) sobre o perfil lipídico tecidual, enzimas antioxidantes e parâmetros bioquímicos e metabólicos de ratos**. Tese (Doutorado em Ciências) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 24p. 2010.

RINCHARD, J., CZESNY, S. & DABROWSKI, K. Influence of lipid class and fatty acid deficiency on survival growth, and fatty acid composition in rainbow trout juveniles. **Aquaculture**, v.264, p.363-371, 2007.

RONNIE, K.L., HUGHES, J., LANG, R., & JEBB, S.A. Nutritional management of rheumatoid arthritis: a review of the evidence. **Journal of Human Nutrition and Dietetics**, v.16, p.97-109, 2003.

RUXTON, C.H.S., CALDER, P.C., REED, S.C., SIMPSON, M.J.A. The impact of long-chain n-3 polyunsaturated fatty acid on human health. **Nutrition Research Reviews**, v.18, p.113-129, 2005.

SARGENT, J.R.; TOCHER, D.R.; BELL, J.G. **The lipids**. P. 181-257. In: Fish Nutrition, 3rd ed, Chap. 4. (Halver, J.E., Ed.). San Diego: Academic Press, 2002.

SARTORI, A.G.O., AMANCIO, R.D. Pescado: importância nutricional e consumo no Brasil. **Segurança Alimentar e Nutricional**, v.12(2), p.83-93, 2012.

SEGAL, S.D., EARTZ, N.E., RASLAN, D.S., FERRAZ, V.P. Triacylglycerol analyses of pequi (*Caryocar brasiliense*, Camb) oil electrospray and tandem mass spectrometry. **Journal of Science of Food and Agriculture**, v.86, p.445-452, 2006.

SENER, E. & YILDIZ, M. Effect of the different oil in growth performance and body composition of Rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* W. 1972) juveniles. **Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v.3, p.111-116, 2003.

SIMOPOULOS, A.P. The importance of the ratio of omega-6/omega-3 essential fatty acids. **Biomed. Pharmacother**, v.56(8), p.365-379, 2002.

SINCLAIR, A.J., BEGG, D.P., MATHAI, M., WEISINGER, R.S. Omega 3 fatty acid and the brain: review of studies in depression. **Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition**, v.16, p.391-397, 2007.

SUÁREZ-MAHECHA, H., FRANCISCO, A., BEIRÃO, L.H., BLOCK, J.M., SACCOL, A., PARDO-CARRASCO, S. Importância de ácidos graxos poliinsaturados presentes em peixes de cultivo e de ambiente natural para a nutrição humana. **Boletim do Instituto de Pesca**, v.28, n.10, p.101-110, 2002.

TOCHER, D.R. Fatty acid requirements in ontogeny of marine and freshwater fish. **Aquaculture Research**, v.41, p.717-732, 2010.

TONIAL, I.B., STEVANATO, F.B., MATSUSHITA, M., DE SOUZA, M.E., FURUYA, W.M. & VISENTAINER, J.V. Optimisation of flaxseed oil feeding time length in adult Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) as a function of muscle omega-3 fatty acids composition. **Aquaculture**, v.15, p.564-568, 2009.

TURCHINI, G.M., NG, W.K. & TOCHER, D.R. Fish oil Replacement and Alternative Lipid Sources in Aquaculture Feeds. CRC Press, Boca Raton, FL, USA, (2011).

TURCHINI, G.M., TORSTENSEN, B.E., NG, W. Fish oil replacement in finfish nutrition. **Reviews in Aquaculture**. v.1, p.10-57, 2009.

TURCHINI, G.M., TORSTENSEN, B.E., NG, W. Fish oil replacement in finfish nutrition. **Reviews in Aquaculture**. v.1, p.10-57, 2009.

VENUGOPAL, V. & SHAHINDI, F. Structure and composition of fish muscle. **Food Ver. Int.**, v.12, p.175-197, 1996.

VIERIRA, R.F., MARTINS, M.V.M., Recursos genéticos de plantas medicinais de Cerrado: uma compilação de dados. **Braz. J. Med. Plants**, v.3, p.13-36, 2000.

VISWANATHAN-NAIR, P.G. & GOPAKUMAR, K. Fatty acid compositions of 15 species of fish from tropical Waters. **J. Food Sci.** v.43, p.1162-1164, 1978.

WORM, B. BARBIER, E.B., BEAUMONT, N., DUFFY, J.E., FOLKE, C., HALPERN, B.S et al. Impacts of biodiversity loss on ocean ecosystem services. **Science**, v.3, p.787-304. 2002.

YILDIRIM, O., ACAR, Ü, TÜRKER, A., SUNAR, M.C., YILMAZ, S. Effects of partial or total replacement of fish oil by unrefined peanut oil on growth and chemical composition of Common Carp (*Cyprinus carpio*). **The Israeli Journal of Aquaculture**, v.65, p.919-924, 2013.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso de fontes lipídica vegetais como substituto ao óleo de peixe, de forma total ou parcial, na piscicultura se tornou uma necessidade. Além da estabilidade na oferta e preços competitivos, os óleos vegetais podem atender às necessidades nutricionais quanto às quantidades de ácidos graxos essenciais (EFAs), garantindo assim seu bom desenvolvimento e saúde. A habilidade de conversão de LA e LNA em HUFA n-3 e HUFA n-6 varia em função da espécie e níveis de ácidos graxos dietéticos. Devido à importância para saúde humana dos HUFA atenção maior tem sido dada a composição desses nos alimentos, sendo necessário garantir níveis adequados nos peixes oferecidos pelo setor aquícola.

O óleo de pequi demonstrou no presente estudo, dentro das condições experimentais para juvenis de tambaqui, não prejudicar o ganho de peso e a taxa de eficiência específica, porém reduziu a taxa de crescimento específico e promoveu maior deposição de gordura hepática o que sugere deficiência em ácidos graxos. Assim torna-se necessário investigar o uso da fonte por período maior e em outras a fases, como a de alevinagem e terminação.

Não foi observado comprometimento da saúde dos peixes pela inclusão do óleo de pequi e ainda resultou em aumento de proteínas séricas sugerindo melhora no sistema imune nos animais. No entanto a causa do aumento de albumina deve ser investigado, pois sugere disfunção osmorregulatória e ou danos nos vasos sanguíneos.

O perfil lipídico dos animais foi influenciado pela óleo de pequi, apresentado maior de deposição do ácido palmítico e do oleico. A relação entre  $\Sigma$ PUFA n-6 e  $\Sigma$ PUFA n-3 reduziu pela inclusão da fonte lipídica teste, resultando em relação indicada ao consumo humano.

Baseado nos resultados obtidos no presente estudo, não recomenda-se o uso do óleo de pequi para a fase juvenil, porém sugere-se testar seu uso de forma conjugada com outras fontes lipídicas vegetais.

## **ANEXOS**

Figura 1. Unidades experimentais.



Figura 2. Filtro de lago e soprador de ar.



Figura 3. Mistura dos ingredientes e moedor de carne usado para peletização das dietas.

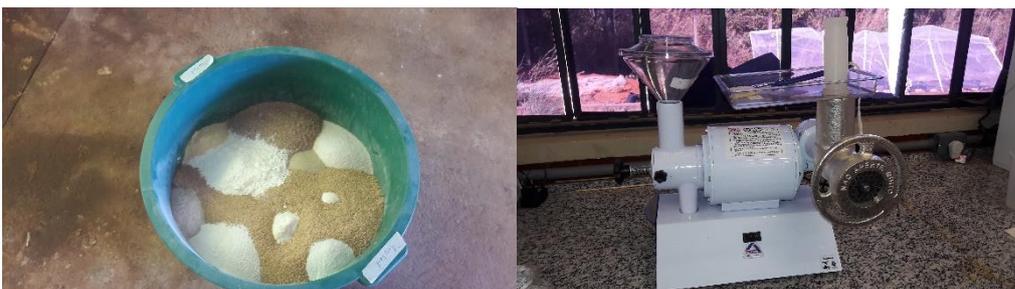


Figura 4. Centrífuga de microhematócrito e centrífuga usadas na análise hematológica.



Figura 5. Recebimento e aclimatação dos animais.



Figura 6. Coleta de material

