

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
CENTRO DE AQUICULTURA DA UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**Exigência de energia digestível para o crescimento
inicial do tambaqui (*Colossoma macropomum*)**

Gabriela Sá Freire Paulino
Oceanóloga

Jaboticabal – São Paulo
2018

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”
CENTRO DE AQUICULTURA DA UNESP
CAMPUS DE JABOTICABAL**

**Exigência de energia digestível para o crescimento
inicial do tambaqui (*Colossoma macropomum*)**

Gabriela Sá Freire Paulino

Orientador: Prof. Dr. Dalton José Carneiro

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Aquicultura do Centro de Aquicultura da UNESP-CAUNESP, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Aquicultura.

Jaboticabal – São Paulo
2018

Paulino, Gabriela Sá Freire
P328e Exigência de energia digestível para o crescimento inicial do
tambaqui (*Colossoma macropomum*) / Gabriela Sá Freire Paulino. --
Jaboticabal, 2018
vi, 81 p. : il. ; 29 cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Centro de
Aquicultura, 2018
Orientador: Dalton José Carneiro
Banca examinadora: Ligia Maria Neira, Marta Verardino De Stéfani
Bibliografia

1. Digestibilidade. 2. Desempenho produtivo. 3. *Colossoma
macropomum*. I. Título. II. Jaboticabal-Centro de Aquicultura.

CDU 639.3.43

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



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Unidade Complementar - Jaboticabal

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: Exigência de energia digestível para o crescimento inicial do tambaqui
(*Colossoma macropomum*)

AUTORA: GABRIELA SÁ FREIRE PAULINO

ORIENTADOR: DALTON JOSÉ CARNEIRO

COORDINADOR: DALTON JOSÉ CARNEIRO

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em AQUICULTURA, pela
Comissão Examinadora:

Prof. Dr. DALTON JOSÉ CARNEIRO

Departamento de Zootecnia / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal/ UNESP

Profa. Dra. MARTA VERARDINO DE STÉFANI

Departamento de Zootecnia / FCAV / UNESP - Jaboticabal

Profa. Dra. LÍGIA MARIA NEIRA

/ Centro Universitário Central Paulista, UNICEP, São Carlos-SP

Jaboticabal, 15 de junho de 2018

DADOS CURRÍCULARES DO AUTOR

GABRIELA SÁ FREIRE PAULINO – nasceu em Franca, SP no dia 19 de março de 1992. Em março de 2011 ingressou no curso de Oceanologia da Universidade Federal do Rio Grande, RS, realizando cursos, estágios e trabalho de conclusão de curso na área de aquicultura marinha sob orientação do Prof. Dr. Ricardo Vieira Rodrigues. Em janeiro de 2016, graduou-se em Oceanologia. Em março de 2016, ingressou no curso de Mestrado em Aquicultura no Centro de Aquicultura da UNESP, Jaboticabal - SP, sob orientação do Prof. Dr. Dalton José Carneiro, com bolsa financiada pelo Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), submetendo sua dissertação à banca examinadora em junho de 2018.

*“Por vezes sentimos que aquilo que fazemos
não é senão uma gota de água no mar. Mas
o mar seria menor se lhe faltasse uma gota”*

Dedico,
este trabalho a Deus e aos meus pais Dágrima e William,
que sempre me incentivaram para a realização dos meus
sonhos, encorajando-me a enfrentar todos os momentos
difíceis da vida!!!

Sumário

Lista de Tabelas Capítulo 1	vi
Lista de Tabelas Capítulo 2	vi
Lista de Tabelas Capítulo 3	vi
CAPÍTULO I – Considerações Gerais	7
1. Cenário da Aquicultura	7
2. <i>Colossoma macropomum</i> (Cuvier, 1818)	8
3. Relação Energia/Proteína	10
4. Digestibilidade	12
5. Objetivos.....	15
5.1. Objetivo geral	15
5.2. Objetivos específicos	15
6. Referências	16
CAPÍTULO II - Digestibilidade aparente da proteína e energia de alimentos para crescimento inicial de tambaqui <i>Colossoma macropomum</i>	27
CHAPTER II Protein and energy apparent digestibility of feeds for initial growth of tambaqui <i>Colossoma macropomum</i>	28
1. Introdução	29
2. Material e métodos	30
2.1. Instalações e condições experimentais	30
2.2. Dietas experimentais	31
2.3. Ensaio de digestibilidade	32
2.4. Determinação dos coeficientes de digestibilidade.....	33
2.5. Delineamento experimental e Análises estatísticas.....	34
3. Resultados	34
4. Discussão	36
5. Conclusão	38
6. Referências	39
CAPÍTULO III . Desempenho produtivo de tambaqui (<i>Colossoma macropomum</i>) alimentados com dietas contendo diferentes níveis de proteína e energia digestível na fase de crescimento inicial.	45
CHAPTER III. Productive performance of tambaqui (<i>Colossoma macropomum</i>) fed diets containing different levels of protein and digestible energy in the initial growth phase	46
1. Introdução	47
2. Material e métodos	48
2.1. Material biológico e condições experimentais.....	48
2.2. Dietas experimentais.....	49

2.3. Ensaio do desempenho	51
2.4. Variáveis de desempenho produtivo e eficiência nutricional	51
2.5. Análise de composição corporal.....	53
2.6. Metabolismo energético	54
2.7. Delineamento experimental e análises estatísticas	54
3. Resultados	55
3.1. Desempenho produtivo e eficiência nutricional.	55
3.2. Índices de composição corporal	58
3.3. Variáveis Fisiológicas	58
4. Discussão	63
4.1. Desempenho e eficiência nutricional	63
4.2. Índices de composição corporal	66
4.3. Metabolismo energético	67
5. Conclusão	69
6. Referências	70
CAPÍTULO IV . Considerações Finais	80
Anexos	81

Lista de Tabelas Capítulo 1

Tabela 1 - Valores médios de coeficientes de digestibilidade aparente de proteína bruta e energia bruta de ingredientes para diferentes fases de crescimento do tambaqui.	304
--	-----

Lista de Tabelas Capítulo 2

Tabela 1 - Valores médios de parâmetros físico-químicos da água durante o período experimental de digestibilidade.	30
Tabela 2 - Composição químico-bromatológica dos ingredientes utilizados na ração referência. Valores expressos em 100% da matéria seca.	31
Tabela 3 – Formulação e composição da dieta referência (valores com base na matéria natural).	32
Tabela 4 – Valores proteicos, análise de variância dos resultados e médias dos coeficientes de digestibilidade aparente da proteína de ingredientes para juvenis de tambaqui.	35
Tabela 5 – Valores calóricos, análise de variância dos resultados e médias dos coeficientes de digestibilidade aparente da energia de ingredientes para juvenis de tambaqui.	35

Lista de Tabelas Capítulo 3

Tabela 1 - Valores médios de parâmetros físico-químicos da água durante o período experimental de desempenho.	499
Tabela 2 – Formulação e composição das dietas experimentais (% matéria natural) de dois teores de proteína e quatro níveis de energia, para crescimento inicial do tambaqui.	50
Tabela 3 – Valores médios dos parâmetros de desempenho produtivo e eficiência de retenção de nutrientes de juvenis de tambaqui em fase inicial de crescimento alimentados com diferentes relações de proteína e energia digestíveis.	56
Tabela 4 – Valores médios dos parâmetros de eficiência de utilização de nutrientes de juvenis de tambaquis alimentadas com dietas contendo níveis de proteína e energia digestíveis (valores expressos em % de matéria natural).	57
Tabela 5 – Análises de variância dos resultados de composição corporal de juvenis de tambaquis alimentados com dietas extrusadas contendo níveis de proteína e energia digestíveis (valores expressos em % de matéria natural).	60
Tabela 6 – Análise de variância e médias dos índices hepatossomático e gorduro-viscerossomático de juvenis de tambaquis alimentados com dietas extrusadas contendo níveis de proteína e energia digestíveis.	61
Tabela 7 – Análise de variância e médias dos índices fisiológicos de juvenis de tambaqui alimentados com dietas extrusadas contendo níveis de proteína e energia digestíveis em fase inicial de crescimento.	62

CAPÍTULO I – Considerações Gerais

1. Cenário da Aquicultura

A demanda mundial por pescado apresentou um significativo incremento nas últimas décadas devido ao crescimento populacional e a busca dos consumidores por alimentos mais saudáveis. Neste contexto, a aquicultura é a alternativa mais viável para aumentar a oferta de pescado, visto que a pesca encontra-se com produção estabilizada desde a década de 90 (FAO, 2014). Com o expressivo crescimento da aquicultura, a atividade fornece metade de todos os peixes para consumo humano, suplementando o abastecimento mundial de peixes e atingindo um novo consumo recorde de 20 kg de pescado/habitante em 2014 (FAO, 2016).

A aquicultura no Brasil tem enorme potencial devido às boas condições naturais e pelo clima favorável. Este potencial está relacionado ao espaço físico em abundância com a sua extensão costeira de mais de oito mil quilômetros, zona econômica exclusiva (ZEE) de 3,5 milhões de km² e a dimensão territorial, que dispõe de, aproximadamente, 13% da água doce renovável do planeta, abrigando 2.300 espécies de peixes dulcícolas e 1.298 marinhas (MENEZES et al., 2003; REIS et al., 2003; ROCHA et al., 2013).

Segundo o IBGE (2016), a aquicultura brasileira atingiu um valor de produção de R\$ 4,61 bilhões. Seguindo o padrão observado nos anos anteriores, a maior parcela da produção aquícola originou-se da produção de peixes (70,9%), com a produção total na piscicultura brasileira de 507,12 mil toneladas, representando um aumento de 4,4% em relação ao ano anterior.

O cultivo de peixes redondos acompanha a tendência mundial de produção de pescados, apresentando crescimento expressivo no Brasil nos últimos anos, igualando-se à produção de tilápias em 2013/2014 (IBGE, 2015). A segunda espécie mais criada no Brasil foi o tambaqui, com 27% do total de peixes em 2016, atrás apenas das espécie exótica tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). Sua despesa foi de 136,99 mil toneladas, representando um aumento de 0,2% em relação a 2015 (IBGE 2016).

Na piscicultura são utilizados diferentes sistemas de produção, geralmente com o cultivo semi-intensivo ou principalmente intensivo, em que os gastos com alimentação geralmente constituem a fração mais significativa dentre os custos operacionais, variando entre 40% a 70% desse total (TACON, 1989; KUBITZA, 1999). Portanto, a produção de peixes tornou-se dependente de dietas artificiais nutricionalmente balanceadas (FURUYA et al. 1998; FEDRIZI, 2009).

A análise do custo de produção apresenta-se como instrumento importante da administração, auxiliando o empresário na comparação do desempenho de diferentes atividades, na avaliação econômica das técnicas empregadas, e permite estabelecer padrões de eficiência para maiores rendimentos e menores custos (SCORVO FILHO et al., 2004). Portanto, percebe-se uma inter-relação entre os aspectos zootécnicos, econômicos e ambientais em sistemas confinados de produção de peixes, que deve ser analisada para que a atividade seja cada vez mais otimizada.

2. *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1818)

O *Colossoma macropomum* foi descrito por George Cuvier em 1816. A espécie pertence à classe Actinopterygii, ordem Characiformes, família Characidae, e é popularmente conhecido no Brasil como Tambaqui, um peixe de clima tropical nativo das bacias dos rios Amazonas e Orinoco (BUCKUP et al., 2007). Caracterizado pelo corpo no formato romboidal achatado e serrilhado no peito, quando adultos com a coloração de manchas escuras irregulares ventrais e caudais, sendo o dorso geralmente de tonalidade esverdeada, podendo ocorrer variação para mais clara ou mais escura dependendo da cor da água (ARAÚJO-LIMA & GOMES, 2005).

No ambiente natural, o tambaqui possui hábito alimentar onívoro, devido ao desenvolvimento de dentes molariformes afiados, adaptados para consumir sementes e frutas, e ainda quatro pares de arcos branquiais com numerosos e alongados rastros branquiais, que são utilizadas para a retenção de zooplâncton (SAINT-PAUL, 1984). Apresenta estômago alongado e bastante elástico, em forma de saco, com secreção ácida que possibilita a digestão da parede celular vegetal e do exoesqueleto de invertebrados que, por ventura, forem consumidos (GOULDING & CARVALHO, 1982). Seu trato gastrointestinal apresenta de 43 a 75 cecos

pilóricos, onde ocorre a atividade alcalina diferente do estômago, que auxilia na digestão de vegetais e absorção de alguns nutrientes. (HONDA, 1974; BEZERRA et al., 2000). O intestino é relativamente comprido em relação ao corpo do animal, perfazendo cerca de 2 a 2,5 vezes o comprimento corporal, melhorando a absorção de nutrientes devido ao aumento da superfície de contato com o bolo alimentar (HONDA, 1974).

De todos os continentes, a América do Sul é a que apresenta a mais rica ictiofauna, proporcionando a aquicultura continental um melhor desenvolvimento das espécies nativas existentes (SAINT-PAUL, 1986). O peixe endêmico da Amazônia, tambaqui, é uma espécie favorável ao rendimento (70 a 72%) do principal corte comercial (RUIVO, 1998), aceita ração industrial (ARAUJO-LIMA & GOMES, 2005), é rustico e tem excelente potencial para o cultivo em ambientes de confinamento (MENEZES, 2005) suportando níveis baixos de oxigênio dissolvido na água (SAINT-PAUL, 1984). Quanto a carne, é um peixe que se encontra cada vez mais popular entre os consumidores graças ao sabor que é considerado atrativo (BORGES et al., 2013).

Em clima tropical, o ciclo de produção do tambaqui pode ser concluído de 10 a 12 meses, e pode ser dividido em larvicultura, produção de formas juvenis e engorda. A larvicultura abrange a fase em que os peixes são criados da eclosão até o peso médio individual (PMI) de 0,5 a 1 g durante o período de 30 a 45 dias. Fase juvenil compreende cerca de 60 dias, e os peixes encontram-se com peso médio inicial entre 40 g e 50 g. Na engorda, o tempo é variável, dependendo do peso desejado para o abate (DAIRIKI & SILVA, 2011). A espécie é reofílica, porém a tecnologia de sua propagação artificial já está dominada, não ocorrendo limitações na oferta de seus alevinos (ANDRADE & YASUI, 2003; ARAÚJO-LIMA & GOMES, 2005; STREIT Jr et al., 2012).

A temperatura média ideal para a sua criação varia de 25 °C a 30 °C (SILVA & GURGEL, 1999), favorecendo o cultivo do tambaqui nas regiões Norte, Nordeste e Centro Oeste do país, onde além do clima favorável, o tambaqui desfruta de grande aceitação no mercado (SANTOS et al., 2006). A criação do tambaqui pode ser realizada em tanques-rede, barragens, em canais de igarapé, em tanques escavados e em viveiros que, quando fertilizados, favorecem o aproveitamento do seu alimento natural disponível. Em geral, viveiros escavados tem apresentado

melhores resultados (MELO et al., 2001; ARBELAEZ-ROJAS et al., 2002; BRANDÃO et al., 2004; IZEL & MELO, 2004; CAVERO et al., 2009; PAULA, 2009; BARROS & MARTINS, 2012).

Considerando que é uma espécie que se adapta bem ao manuseio e manutenção em laboratório, diversos aspectos da sua fisiologia, genética, bioquímica e ecologia já foram estudados (SAINT-PAUL, 1988; WINEMILLER, 1989; VAL & ALMEIDA-VAL, 1995; WOOD et al., 1998). Quanto ao aspecto nutricional, ainda são poucos os estudos realizados com o tambaqui, (CARNEIRO, 1981; SILVA et al., 2003; SILVA et al., 2007; GUIMARÃES et al., 2014; BUZOLLO, 2018).

3. Relação Energia/Proteína

A energia é liberada durante a oxidação de carboidratos, lipídeos e aminoácidos (WEBSTER & LIM, 2002). Desse modo, os peixes utilizam a energia da ração para a manutenção das atividades metabólicas, locomoção, crescimento e elaboração de produtos reprodutivos (DE SILVA & ANDERSON, 1995). Os processos fisiológicos funcionam perfeitamente através do suprimento constante de energia necessária, que o peixe adquire por meio da absorção do alimento ingerido ou das reservas corporais na forma de gordura, proteína e glicogênio (KAUSHIK & MÉDALE, 1994). Foi verificado por Camargo (1995) em tambaquis, e por Zeitler et al. (1984) em carpas, que o acréscimo da energia nas dietas dos peixes, levou ao aumento da proporção de gordura no ganho de peso. Boscolo et al. (2005) observaram em um estudo de desempenho de larvas de tilápia do Nilo alimentadas com cinco níveis de energia digestível (ED:3.300, 3.525, 3.750, 3.975 e 4.200 Kcal/kg), que o aumento nos níveis de ED reduziu o desempenho.

As proteínas são moléculas complexas constituídas por aminoácidos conjugados, em proporções que são características de cada proteína e possuem importante papel nos processos biológicos, atuando em diversas funções essenciais (VOET et al., 2014). No corpo do peixe, as proteínas são os constituintes principais dos tecidos estruturais de proteção (por exemplo, ossos, ligamentos, escamas e pele) e tecidos moles (órgãos, músculos) (LALL & ANDERSON, 2005). Dietas com carência de proteínas e aminoácidos podem reduzir o crescimento e a eficiência alimentar, ou ainda induzir a imunossupressão, mobilizando a proteína de alguns tecidos para a manutenção de funções vitais. Por outro lado, a proteína fornecida em

excesso pela dieta será utilizada para a produção de energia, e não na formação de tecido muscular e crescimento, podendo o excesso de nitrogênio ser eliminado no ambiente aquático, causando problemas ambientais de eutrofização (HALVER, 1989; WILSON, 2002). A exigência proteica foi estudada por Oishi et al. (2010), que utilizaram dietas com quatro teores de proteína bruta (25%, 30%, 35% e 40% PB) para tambaqui com peso médio de 46g, obtendo resultados também crescentes para os parâmetros de crescimento, taxa de conversão alimentar e a taxa de eficiência alimentar dos peixes com o aumento até o nível de 35% PB e depois, declínio com o aumento adicional da proteína bruta de 40%.

Os valores ideais da relação energia:proteína em dietas para peixes de diferentes hábitos alimentares são similares, embora sejam distintas as concentrações absolutas de cada uma delas nas dietas (energia e proteína) (HARDY & MASUMOTO, 1991). Existe uma série de fatores que modificam as exigências de proteína e energia, tais como: diferenças nas espécies, fases de produção, estado fisiológico dos animais, temperatura da água, salinidade da água, interação com outros nutrientes, os processos tecnológicos de preparação de dietas e as metodologias empregadas nos testes, que podem afetar a digestão, absorção e utilização metabólica dos alimentos (LEE & PUTNAM, 1973; GARLING JR. & WILSON, 1976; PEZZATO, 1997).

As exigências energéticas e proteicas dos peixes são atendidas através do equilíbrio na relação energia:proteína equilibrada das dietas. Uma dieta com alto nível de energia pode inibir a ingestão voluntária antes do consumo suficiente da dieta e dos aminoácidos, o que prejudica a utilização de outros nutrientes, enquanto uma dieta muito pobre em energia irá resultar no catabolismo de proteínas que seriam destinadas à manutenção do metabolismo basal ou para o crescimento (NRC, 1993). A proteína deve ser incorporada nas dietas de peixes somente o necessário para manutenção basal e crescimento devido ao seu elevado custo, sendo indesejável o seu uso como fonte energética (WATANABE, 2002). A redução da exigência energética por parte dos animais, com o aumento do nível de proteína bruta, evidencia a importância do nível proteico em determinada fase de vida dos peixes. Este efeito foi observado por Jantrarotrai et al. (1998) em *Clarias* sp., por Ogino et al. (1976) em trutas (*Oncorhynchus mykiss*) e por Cavalheiro & Pereira (1998), com alevinos de robalo (*Centropomus parallelus*).

Quanto aos estudos relacionados ao metabolismo energético, sabe-se que no estado prandial, os lipídios ingeridos, além das necessárias para a produção de energia, são armazenadas no tecido adiposo sob forma de triglicerídeos, enquanto o armazenamento dos carboidratos ocorre na forma de glicogênio no fígado e no músculo, e/ou são convertidos em triglicerídeos no fígado e posteriormente transferidos como reserva no tecido adiposo (BERNE & LEVY, 1990). Já o glicogênio é estocado principalmente no fígado, e através do processo de glicólise, passa para o músculo branco dos peixes para ser utilizado nos movimentos de natação (TACON, 1987). Para a manutenção da homeostase glicêmica, o glicogênio hepático atua como uma fonte de energia e fornece glicose (LEHNNINGER et al., 1995). Estudando a relação energia:proteína em juvenis de catfish (*Ictalurus punctatus*), com o peso médio de 5,2 gramas, Li & Robinson (1999) estabeleceram que a relação ideal fica entre 8,5 e 10 kcal g⁻¹ de proteína, mas sugeriram que ela deve ser reduzida, à medida do possível, evitando-se depósitos de gordura visceral.

Dentre os principais problemas de ordem tecnológica que limitam o crescimento da cadeia produtiva, encontra-se a necessidade de rações balanceadas adequadas à espécie e às regiões de produção (SCHULTER & FILHO, 2017). O Brasil possui diversas espécies nativas com excelente potencial para exploração na aquicultura. Porém, a maioria necessita de aportes científicos e tecnológicos para disponibiliza-las em um nível de plena viabilidade zootécnica e econômica (BOSCARDIN, 2008).

4. Digestibilidade

Os cultivos de peixes utilizavam como alimento inicialmente, as sobras de culturas agrícolas e a iniciativa de utilizar rações surgiu da possibilidade de adaptar as rações utilizadas na alimentação de aves e suínos. Porém, as rações não possuíam um adequado balanceamento de nutrientes para os peixes, além de se apresentarem de forma inadequada para o fornecimento de organismos aquáticos, o que implicou uma baixa eficiência de ingestão alimentar, alto aporte de nutrientes na água, além da dissipação de vitaminas e minerais. Foi através da peletização das rações que parte dos problemas ocasionados foram minimizados e então surgiram as primeiras rações formuladas especificamente para peixes (CASTAGNOLLI, 2005). Através dos avanços científicos, implementou-se a extrusão da ração,

resultando em aumento no custo final do produto, em relação à ração peletizada (KUBITZA, 1997). Porém, este benefício foi compensado pela melhora na eficiência alimentar dos peixes, pela menor deterioração da qualidade da água, o que possibilita um rápido crescimento dos peixes, e um melhor aproveitamento dos nutrientes (KLEEMANN, 2006; REIS et al., 2012).

A determinação da digestibilidade dos nutrientes de uma matéria prima é o primeiro cuidado quando se pretende avaliar seu potencial de inclusão em uma ração para peixes (CHO, 1987), pois o valor nutricional do alimento está relacionado ao seu conteúdo de nutrientes e da capacidade do animal de ingeri-los e absorvê-los (HIGUERA, 1987). De acordo com Pezzato et al. (2004), estudos do coeficiente de digestibilidade de nutrientes dos alimentos auxiliam na adequada formulação de rações que atendam às exigências nutricionais dos peixes e, conseqüentemente, evitando a sobrecarga fisiológica e a ambiental. Os resultados dos coeficientes de digestibilidade dos alimentos em peixes podem variar em função de fatores biológicos e ambientais (BUREAU et al., 2002).

Para a realização de estudos de digestibilidade torna-se necessária a utilização de substâncias como marcadores, as quais, segundo Maynard e Loosly (1966) devem ser produtos completamente indigestíveis e não absorvíveis, não ter ação farmacológica no aparelho digestório, passar uniformemente pelo aparelho digestório, ter fácil e rápida determinação química e, preferencialmente, ser constituinte natural da dieta. Dentre os marcadores fecais externos, o óxido de crômio III (Cr_2O_3) apresenta-se como o mais empregado em estudos de digestibilidade com peixes (AUSTRENG, 1978; TITGEMEYER, 1997; BREMER NETO et al., 2003; GUIMARÃES et al., 2014). O Cr_2O_3 apresenta coloração verde, é praticamente insolúvel em água, álcool ou acetona, mas é ligeiramente solúvel em ácidos e álcalis (THE MERK INDEX, 1966). Possui maior densidade específica que a dos demais ingredientes, podendo não apresentar sua recuperação completa, uma vez que terá passagem mais lenta pelo trato digestório, acarretando em diferenças entre o volume de matéria seca colhido (COELHO DA SILVA et al., 1968). Entretanto, De la Noue et al. (1980) concluíram, em estudos com trutas arco-íris, que a coleta das fezes, realizada a partir do terceiro dia de alimentação, proporciona valores adequados de CDA, evitando assim, o provável fator de erro. O óxido de

crômio III tem sido adicionado a dietas experimentais em ensaios de digestibilidade animal nos teores de 0,01% a 3% (BREMER NETO et al., 2005).

Diversos métodos de coletas de fezes podem ser utilizados. Abimorad e Carneiro (2004) realizaram um estudo com diferentes métodos de coleta de fezes (dissecação, extrusão, Guelph e Guelph modificado) na espécie *Piaractus mesopotamicus*, para avaliar a precisão e eficiência, mas não encontraram diferenças estatísticas nos resultados de digestibilidade de uma mesma ração referência. Ainda no mesmo estudo, avaliaram a variável tempo entre as coletas de fezes nos sistemas de Guelph, mostrando que os intervalos de tempo das coletas podem interferir nos resultados de digestibilidade da proteína, e que o intervalo de coleta não deve ultrapassar 30 minutos. O sistema de Guelph adaptado é um sistema que consiste de um aquário cilíndrico com o fundo cônico, contendo em suas extremidades inferiores, registros de esfera e mangueiras de látex acopladas a tubos de ensaio, nos quais as fezes ficam depositadas após a decantação (GONÇALVES & CARNEIRO, 2003).

Diferenças em peso, fase, idade dos animais e condições experimentais podem exercer influência nos resultados encontrados nos estudos de digestibilidade para uma mesma espécie e alimento utilizado. Assim, na Tabela 1 podemos verificar essas diferenças com os resultados de Buzollo (2018) e Sena (2012) para tambaquis de diferentes tamanhos.

Tabela 1 – Valores médios de coeficientes de digestibilidade aparente de proteína bruta e energia bruta de ingredientes para diferentes fases de crescimento do tambaqui.

Ingredientes	CDA Proteína Bruta (%)			CDA Energia Bruta (%)		
	¹ P1	² P2	³ P3	¹ P1	² P2	³ P3
	35 g	70g	300g	5 g	70g	300g
Milho	83,46	94,5	96,15	70,88	88,70	88,81
Quirera de Arroz	63,99	71,21	89,99	74,62	85,52	89,14
Farelo de Trigo	80,28	86,08	92,97	55,44	68,23	51,09
Farinha de Peixe	71,76	78,46	93,01	70,87	70,26	93,51
Farinha de Vísceras de Aves	78,25	86,02	82,42	77,30	83,83	89,79
Farelo de Soja	92,58	95,08	91,78	68,14	76,82	66,08

Fontes: ¹Presente estudo ²Buzollo, 2014 ³Sena, 2012.

5. Objetivos

5.1. Objetivo geral

- O presente trabalho estudou a exigência de energia digestível na fase inicial de produção do tambaqui (*Colossoma macropomum*), com base nas respostas de desempenho e eficiência de utilização de nutrientes e energia de dietas práticas.

5.2. Objetivos específicos

- Determinar os coeficientes de digestibilidade da proteína e energia dos principais alimentos comerciais utilizados na formulação de dietas para a espécie.

- Determinar a exigência de energia digestível para o crescimento inicial do tambaqui com base no desempenho, eficiência de utilização de nutrientes e metabolismo energético de dietas práticas.

- Avaliar a melhor relação energia:proteína e possível efeito poupador da fração proteica das dietas para crescimento inicial.

6. Referências

- ABIMORAD, E.G. AND D.J. CARNEIRO. Métodos de coleta de fezes e determinação dos coeficientes de digestibilidade da fração protéica e da energia de alimentos para o pacu, *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg, 1887). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, n.5, p. 1101-1109, 2004.
- ANDRADE, D.R; YASUI, G.S. O manejo da reprodução natural e artificial e sua importância na produção de peixes no Brasil. **Rev. Bras. Reprod. Animal**, v.27, n.2, p.166-172, 2003
- ARAUJO-LIMA, C.; GOMES, L.C. O tambaqui (*Colossoma macropomum*). In: BALDISSEROTTO, B.; GOMES, L. C. (Ed.). **Espécies nativas para piscicultura no Brasil**. Santa Maria, Ed. da UFSM. Cap. 8. p. 175-202, 2005.
- ARBELAEZ-ROJAS, G. A.; FRACALLOSSI, D.M.;FIM, J.D.I. Body composition of tambaqui, *Colossoma macropomum*, and matrinxã, *Brycon cephalus*, when raised inintensive (igarapé channel) and semi-intensive (pond) culture systems. **BrazilianJournal of Animal Science**, v. 31, n.3, p. 1059-1069, 2002.
- AUSTRENG, E. Digestibility determination in fish using chromic oxide marking and analysis of contents from different segments of gastrointestinal tract. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 13, p. 265-272, 1978.
- BARROS, A.F.E.; MARTINS, M.E.G. Performance and economic indicators of a large scale fish farming in Mato Grosso, Brazil. **Rev Bras Zootec**, v. 41, p. 1325-1331, 2012.
- BERNE, R.M.; LEVY, M.N. Metabolismo corporal total e hormônio das ilhotas pancreáticas. In: _____. **Fisiologia**. 2. ed. Rio de Janeiro: Ed. Guanabara, 1990. p. 668-697.

BEZERRA, R.S.; SANTOS, J.F.; LINO, M.A.S.; VIEIRA, V.L.A.; CARVALHO JUNIOR, L.B. Characterization of stomach and pyloric caeca proteinase of tambaqui (*Colossoma macropomum*). **Journal of Food Biochemistry**, v.24, p189-199, 2000.

BORGES, A. MEDINA, B.G.; CONTE-JUNIOR, C.A.; FREITAS, M.Q. Aceitação sensorial e perfil de textura instrumental da carne cozida do pacu (*Piaractus mesopotamicus*), do tambaqui (*Colossoma macropomum*) e do seu híbrido tambacu eviscerados e estocados em gelo. **Revista Brasileira de Ciência Veterinária**. v. 20, n. 3, p. 160-165, 2013.

BOSCARDIN, N.R. Produção Aquícola. In: OSTRENSKY, A.; BORGHETTI, J.R.; SOTO, D. (org). **Aquicultura no Brasil: o desafio é crescer**. Brasília, p.27-72, 2008.

BOSCOLO, W. R.; SIGNOR, A.; FEIDEN, A.; BOMBARDELLI, R.A.; SIGNOR, A.G.; REIDEL, A. Energia digestível para larvas de tilápiado-Nilo (*Oreochromis niloticus*) na fase de reversão sexual. **Revista Brasileira de Zootecnia**, p. 1813–1818, 2005.

BRANDÃO, F. R.; GOMES, L. C.; CHAGAS, E. C.; ARAÚJO, L. D. Densidade de estocagem de juvenis de tambaqui durante a recria em tanquesrede. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, p. 357-362, 2004.

BREMER NETO, H.; GRANER, C. A. F.; PEZZATO, L. E.; PADOVANI, C. R; CANTELMO, O. A. Diminuição do teor de óxido de cromo (III) usado como marcador externo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 32, n. 2, p. 249-255, 2003.

BREMER NETO, H.; GRANER, C.A.F.; PEZZATO, L.E. et al. Determinação de rotina do cromo em fezes, como marcador biológico, pelo método espectrofotométrico ajustado da 1,5-difenilcarbazida. **Ciênc. Rural**, v. 35, p. 691-697, 2005.

BUCKUP, P. A.; MENEZES, N. A.; GHAZZI, M. S. A. **Catálogo das espécies de peixes de água doce do Brasil**, v. 1. Rio de Janeiro: Museu Nacional, 2007.

BUREAU, D.P.; KAUSHIK, S.J.; CHO, C.Y. Bioenergetics. In: Halver, J.E. and Hardy, R.W., Eds., **Fish Nutrition**, 3rd Edition, Academic Press, London, p. 2-54, 2002.

BUZOLLO, H.; NASCIMENTO, T. M. T ; SANDRE, L.C.G. ; NEIRA, L.M. ; JOMORI, R.K.; CARNEIRO, D.J. Apparent digestibility coefficients of feedstuff used in tambaqui diets. **Boletim do instituto de pesca** (online), v. 44, p. 1-7, 2018.

CAMARGO, A.C.S. **Níveis de energia metabolizável para tambaqui (*Colossoma macropomum* Cuvier, 1818) dos 30 aos 180 gramas de peso vivo**. 1995. Dissertação (Mestrado em Zootecnia)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1995.

CARNEIRO, D. J. Digestibilidade protéica em dietas isocalóricas para o tambaqui, *Colossoma macropomum* (Cuvier, Pisces). In: Simpósio Brasileiro sobre Aquicultura, 2; Encontro Nacional de Rancultores, 2, 1980, Jaboticabal. **Anais...** Brasília: SUDEPE, 1981. p. 78-80.

CASTAGNOLLI, N. Nutrição de peixes e o desenvolvimento da aquicultura. In: Palestra I simpósio de nutrição e saúde de peixes, 2005, Botucatu. **Anais**. Botucatu: Aquanutri, 2005, CD-ROM.

CAVALHEIRO, J.M.O.; PEREIRA, J.A. Efeito de diferentes níveis de proteínas e Energia em dietas no crescimento do robalo, *Centropomus parallelus* (Poey, 1860) em água doce. **Anais** do Aqüicultura Brasil'98. Recife, PE. V.2.p.35-39. 1998.

CAVERO, B.A.S.; RUBIM, M.A.L.; MARINHO-PEREIRA, T. Criação comercial do tambaqui, *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1818). In: TAVARES-DIAS, M. **Manejo e sanidade de peixes em cultivo** [recurso eletrônico]. Embrapa Amapá, p.33-46, 2009.

CHO, C.H. **La energia en la nutrición de los peces**. In: Nutrición en cuicultura II. Madrid-España: J. Espinosa de los Monteros y U. Labarta, 1987. p.197-237.

COELHO DA SILVA, J.F.C.; CAMPOS, J.; CONRAD, J.H. Uso do óxido crômico na determinação da digestibilidade. **Experientiae**. Viçosa, v. 8, n. 1, p. 1-23, 1968.

DAIRIKI, J.K.; SILVA, T.B.A. da. **Revisão de literatura:** exigências nutricionais do tambaqui - compilação de trabalhos, formulação de ração adequada e desafios futuroS. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2011. 44p. (Embrapa Amazônia Ocidental. Documentos, 91).

DE LA NOUE, J.; CHOUBERT, G.; PAGNIEZ, B.; BLANC J.M.; LUQUET, P. Digestibilité chez la truite arc-en-ciel (*Salmo gairdneri*) lors de l'adaptation 'a nouveau régime alimentaire. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**. Ottawa, v. 37, p. 2218-2224, 1980.

DE SILVA, S. S.; ANDERSON, T. A. **Fish nutrition in Aquaculture**. Fish and Fisheries Series n.01, Ed. Chapman & Hall, London, 1995. 330 p.

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. **The State of World Fisheries and Aquaculture 2016 : Contributing to food security and nutrition for all**, Roma, 2016. 200 pp - <http://www.fao.org/3/a-i5555e.pdf>

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. **The state of world fisheries and aquaculture: opportunities and challenges**. Roma: FAO, 2014.

FEDRIZI, L. F. B. **Digestibilidade de nutrientes, crescimento e variáveis metabólicas em tilápias do nilo alimentadas com fontes de carboidratos peletizadas, extrusadas ou cruas**. 2009. 188f. Tese – (Doutorado em Aquicultura) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2009.

FURUYA, W.M.; SOUSA, S.R.; FURUYA, V.R.B.; HAYASHI, C.; RIBEIRO, R.P. Dietas peletizadas e extrusadas para machos revertidos de tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus* L.), fase de terminação. **Ciência Rural**, v.28, n.3, p. 483-487, 1998.

GARLING JUNIOR, D.L.; WILSON, R.P. Optimum dietary protein to energy ratio for channel catfish fingerlings, *Ictalurus punctatus*. **Journal of Nutrition**, v.106, p.1368-1375, 1976.

GONÇALVES, E. G.; CARNEIRO, D. J. Coeficientes de digestibilidade aparente da proteína e energia de alguns ingredientes utilizados em dietas para o pintado (*Pseudoplatystoma coruscans*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 32, n. 4, p. 779 –786, 2003.

GOULDING, M.; CARVALHO, M. Life history and management of the tambaqui (*Colossoma macropomum*, Characidae): an important amazonian food fish. **Revista Brasileira de Zoologia**, v.1, n.2, p.107-133, 1982

GUIMARÃES, I. G.; MIRANDA, E. C.; ARAÚJO, J. G. Coefficients of total tract apparent digestibility of some feedstuffs for Tambaqui (*Colossoma macropomum*). **Animal Feed Science and Technology**, v.188, p. 150–155, 2014.

HALVER, E. J. **Fish Nutrition**. . Acad. Press, Inc, San Diego, 1989.

HARDY, R.W. & MASUMOTO, T. **Specifications for marine by-products for aquaculture**. In: Proceedings of International Conference on Fish By-Products, 1991. pp.99- 108.

HIGUERA, M. de la. Diseños y métodos experimentales de evaluación de dietas. In: MONTEROS, J.AE. DE LOS, LABARTA, M. (ed.). **Nutrición en Acuicultura II**. Madrid: Comisión Asesora de Investigación Científica y Técnica, 1987. p.291-318.

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

IBGE. Produção da pecuária municipal, Rio de Janeiro: **IBGE**, 2015
https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/84/ppm_2015_v43_br.pdf

IBGE. Produção da pecuária municipal, Rio de Janeiro: **IBGE**, 2016
http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/84/ppm_2016_v44_br.pdf

IZEL, A. C. U.; MELO, L. A. S. **Criação de tambaqui (*Colossoma macropomum*) em tanques escavados no Estado do Amazonas**. Documentos: 32, 1517-3135 EMBRAPA Amazônia Ocidental, 2004. 19 p.

JANTRAROTRAI, W.; SITASIT, P.; JANTRAROAI, P.; VIPUTHANUMAS, T.; SRABUA, P. Protein and energy levels for maximum growth, diet utilization, yield of edible flesh and protein paring of hybrid *Clarias* catfish (*Clarias macrocephalus* x *Clarias gariepinus*). **Aquaculture**, v.29, n.3, p.281-289. 1998.

KAUSHIK, S.J.; MÉDALE, F. Review Energy requirements, utilization and dietary supply to salmonids. **Aquaculture**, v. 124, p. 81-97, 1994.

KLEEMANN, G. K. **Farelo de algodão como substituto ao farelo de soja, em rações para tilápia do Nilo**. Tese (Doutorado em Zootecnia) – UNESP/FMVZ, Botucatu, 2006.

KUBITZA, F. Qualidade do alimento, qualidade da água e manejo alimentar na produção de peixes. In: Simpósio Sobre Manejo E Nutrição De Peixes, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: CBNA, 1997, p. 63-101.

KUBITZA, F. Nutrição e Alimentação de Tilápias – Parte I. **Revista Panorama da Aquicultura**, v.9, n. 52, p. 42-50, 1999.

KUBITZA, F.; KUBITZA, L.M.M. **Principais Parasitoses e Doenças dos Peixes Cultivados**. 4rt edn. Coleção Piscicultura Avançada, Acquaimagem Press, Jundiaí-SP, 2004.

LALL, S. P.; ANDERSON, S. Amino acid nutrition of salmonids: Dietary requirements and bioavailability. **Cahiers Options Méditerranéennes**, v. 63, p. 73-90, 2005.

LEE, D.J.; PUTNAM, G.B. The response of rainbow trout to varying protein/energy ratios in a test diet. **Journal of Nutrition**, v.103, p.916-922, 1973.

LEHNINGER, A. L.; NELSON, D. L; COX, M. M. **Princípios de bioquímica**. São Paulo: Sarvier, 1995. 839 p.

LI, M.; ROBINSON, E. H. Effect of reducing dietary digestible energy to protein ratio on weight gain and body fat of juvenile channel catfish *Ictalurus punctatus*. **Journal of the World Aquaculture Society**. v.30, n.1, p.123–127. 1999.

MAYNARD, L.A; LOOSLY, J.K. **Nutrição Animal**. Rio de Janeiro: McGraw Hill, 1966. 550p.

MELO, L. A. S.; IZEL, A . C. V.; RODRIGUES, F. M. **Criação de Tambaqui (*Colossoma macropomum*) em viveiros de Argila/Barragens no Estado do Amazonas**. Manaus: EMBRAPA Amazônia Ocidental, 2001. 30 p. Documento nº 18.

MENEZES, A. **Aquicultura na pratica: peixes, camarões, ostras, mexilhões e sururus**. Espírito Santo: Hoper Editora, 2005

MENEZES, N.A.; BUCKUP, P.A.; FIGUEIREDO, J.L.; MOURA, R.L. (ed.). **Catálogo das espécies de peixes marinhos do Brasil**. São Paulo: Museu de Zoologia, Universidade de São Paulo, 2003. 160p.

NACIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of fish**. Washington, D.C.: National Academy Press, 1993. 114p.

NRC – National Research Council (1993). **Nutritional Requirements of Fishes**, Washington, Academic Press.

OGINO, C.; CHIO, J. Y.; TAKEUCHI, T. Effects of dietary energy sources on the utilization of proteins by rainbow trout and carp. **Bulletin of Japanese Society of Scientific Fisheries**, v.2, n.42, p.213-218. 1976.

OISHI, C.A.; NWANNA, L.C.; PEREIRA FILHO, M. Optimum dietary protein requirement for Amazonian Tambaqui, *Colossoma macropomum* Cuvier, 1818, fed fish meal free diets. **Acta Amazon**, v.40, p. 757-762, 2010.

PAULA, F. G. **Desempenho do tambaqui (*Colossoma macropomum*), da pirapitinga (*Piaractus brachipomus*) e do híbrido tambatinga (*C. macropomum* X *P. brachypomum*) mantidos em viveiros fertilizados na fase de engorda**. 2009, 70 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) - Escola de Veterinária, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2009.

PEZZATO, L.E. O estabelecimento das exigências nutricionais das espécies cultivadas. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO E NUTRIÇÃO DE PEIXES, 1997, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: ESALQ, 1997. p.45-62.

PEZZATO, L.E.; BARROS, M.M.; FRACALOSSI, D.M. et al. **Nutrição de peixes**. In: CYRINO, J.E.P.; URBINATI, E.C.; FRACALOSSI, D.M. et al. (Ed.). Tópicos especiais em piscicultura de água doce tropical intensiva, São Paulo: Aquabil, p.75-172, 2004.

REIS, R.E.; KULLANDER, S.O.; FERRARIS Jr., C.J. (org.). **Check List of the Freshwater Fishes of South and Central America**. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2003. 742p.

REIS E.S.; FEIDEN A.; BOSCOLO W.R.; FREITAS J.M.A.; ZAMINHAN M.; MAHL I. Processamento da ração no desempenho de juvenis de jundiá (*Rhamdia voulezi*) cultivados em tanques-rede. **Ciência Animal Brasileira**, v.13, n.2, p.205- 212, 2012.

ROCHA, C.M.C.; RESENDE, E.K.; ROUTLEDGE, E.A.B.; LUNDSTEDT, L.M. Avanços na pesquisa e no desenvolvimento da aquicultura brasileira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 48, n. 8, iv-vi, 2013.

RUIVO, U.E. Introdução aos princípios de industrialização de pescados de águas interiores. In: SEMINÁRIO DE PISCICULTURA DA ZONA DA MATA MINEIRA, 1997, Muriaé. **Anais...** Viçosa, MG: EPAMIG, 1998. p.33-44.

SAINT-PAUL, U. Diurnal routine O₂ consumption at different O₂ concentrations by *Colossoma macropomum* and *Colossoma brachypomum* (teleostei: Serrasalminidae). **Com. Biochem. Physiol**, v. 89, p. 675-682, 1988.

SAINT-PAUL, U. Physiological adaptation to hypoxia of a neotropical characoid fish *Colossoma macropomum*, Serrasalminidae. **Environ. Biol. of Fishes**, v. 11, n.1, p. 53-62, 1984.

SAINT-PAUL, U. Ecological and Physiological investigations of *Colossoma macropomum*, a new species for fish culture in Amazonia. **Memorias de La Asociation Latinoamericana de Acuicultura**, v. 5, p. 501-518, 1984.

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

SANTOS, G.M.; FERREIRA, E.J.G.; ZUANON, J.A.S. **Peixes comerciais de Manaus** –Manaus: Ibama/AM, ProVárzea, 2006. p. 144,

SCHULTER, E.; FILHO, J. Evolução da Piscicultura no Brasil: diagnóstico e desenvolvimento da cadeia produtiva de tilápia. Texto para discussão / **Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada**.- Brasília : Rio de Janeiro, 2017.

SCORVO FILHO, J.D.; MARTINS, M.I.E.G.; SCORVO-FRASCA, C.M.D. Instrumentos para análise da competitividade na piscicultura. In: CYRINO, J.E.P.; URBINATI, E.C.; FRACALLOSSI, D.M.; CASTAGNOLLI, N. **Tópicos especiais em piscicultura de água doce tropical intensiva**. Ed. São Paulo: TecArt, Cap. 17, 2004. p.517-533.

SENA, M.F. **Digestibilidade aparente de alimentos para Tambaqui (*Colossoma macropomum*)**. 2012. 54 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal - EVZ), Universidade Federal de Goiás, Goiânia.

SILVA J.W.B.; GURGEL J.J.L. Situação do cultivo de *Colossoma macropomum* no âmbito do Departamento Nacional de Obras contra secas (DNOCS). In: **Cultivo de Colossoma**. In R. Hernández. Ed. Guadalupe, Bogotá, 1999.

SILVA, J. A. M.; FILHO, M. P.; OLIVEIRA-PEREIRA, M. I. Frutos e Sementes Consumidos pelo Tambaqui, *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1818) Incorporados em Rações. Digestibilidade e Velocidade de Trânsito pelo Trato Gastrointestinal. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, n. 6, p. 1815-1824, 2003.

SILVA, J. A. M.; PEREIRA-FILHO, M.; CAVERO, B. A. S.; OLIVEIRA-PEREIRA, M. I. Digestibilidade aparente dos nutrientes e energia de ração suplementada com enzimas digestivas exógenas para juvenis de tambaqui (*Colossoma macropomum* Cuvier, 1818). **Acta Amazonica**, v. 37, n. 1, p. 157 – 164, 2007.

STREIT, J. R. D. P.; POVH J, A.; FORNARI, D. C.; GALO, J. M.; GUERREIRO L. R. J.; OLIVEIRA, D. Recomendações técnicas para a reprodução do tambaqui. **Embrapa**, v. 29, 2012. Documento 212.

TACON, A.G.J. **Nutrición y alimentación de peces y camarones cultivados – manual de capacitación**. Brasília: FAO, 1989. 136 p. (Documento, 4).

TACON, A.G.J. **The nutrition and feeding of farmed fish and shrimp – training manual. I. The essential nutrients**. Brasília: FAO, 1987. 117 p.

THE MERK INDEX. **An incyclopedia of chemicals, drugs and biologicals**. 12ed. Whitehouse Station, NJ: Merk, 1966. 1741 p.

TITGEMEYER, E.C. Design and interpretation of nutrient digestion studies. **Journal Animal Science**, v.75, p.2235- 2247, 1997.

VAL, A.L.; ALMEIDA-VAL, V.M.F. **Fishes of the Amazon and their environment: Physiological and biochemical aspects**. Berlin, Germany: Springer-Verlag, 1995. 224 p

VOET, D.; VOET, J. G.; PRATT, C. W. **Fundamentos de Bioquímica** - 4.ed.: A Vida em Nível Molecular. Artmed Editora, 2014.

WATANABE, T. Strategies for further development of aquatic feeds. **Fisheries Science**, v. 68, n. 2, p. 242–252, 2002.

WEBSTER C.D.; LIM, C. Introduction to Fish Nutrition. In: Carl D. Webster, Chhorn Lim, (Eds). **Nutrient requirements and Feeding of Finfish for Aquaculture**. New York: CABI Publishing, 2002. p. 1-27.

WILSON, R. P. Amino Acids and Proteins. In: HALVER, J.E; HARDY, R.W. **Fish nutrition**. 3rd ed., San Diego: Academic Press, 2002. p. 144-179.

WINEMILLER, K.O. Development of Dermal Lip Protuberances for Aquatic Surface Respiration in South American Characid Fishes. **Copeia**, n. 2, pp. 382-390, 1989.

WOOD, C.M.; WILSON, R.W.; GONZALEZ, R.J.; PATRICK, M.L.; BERGMAN, H.L.; NARAHARA, A.; VAL, A.L. Responses of an Amazonian teleost, the tambaqui (*Colossoma macropomum*) to low pH and extremely soft water. **Physiological Zoology**, v. 71, p. 658-670, 1998.

ZEITLER, M.H.; KIRCHGESSNER, M.; SCHWARZ, F.J. Effect of different protein and energy supplies on carcass composition of carp (*Cyprinus carpio* L.). **Aquaculture**, v. 36, p. 37-48, 1984.

CAPÍTULO II - Digestibilidade aparente da proteína e energia de alimentos para crescimento inicial de tambaqui *Colossoma macropomum*

RESUMO – Neste estudo foram determinados os coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) de três alimentos proteicos (farelo de soja, farinha de resíduos de tilápia e farinha de vísceras de aves) e três alimentos energéticos (quirera de arroz, milho e farelo de trigo) mais comuns em dietas para juvenis de tambaqui. As seis dietas-teste consistiram de 69,5% de uma dieta de referência, de 30% do ingrediente estudado e de 0,5% de óxido de cromo III (Cr_2O_3) usado como marcador inerte. Um total de 273 juvenis de tambaqui foram utilizados com peso médio inicial de $34,6 \pm 0,02$ gramas, distribuídos em 21 aquários de alimentação (150 litros). Os coeficientes de digestibilidade aparente dos nutrientes foram determinados avaliando a diferença entre a concentração do marcador no alimento e nas fezes. Um delineamento inteiramente casualizado com seis tratamentos, três repetições e 13 peixes por parcela foi utilizado para comparar a utilização da fração proteica e da energia dos alimentos estudados, com base nos seus coeficientes de digestibilidade. O farelo de soja apresentou o melhor coeficiente médio (92,58%) de digestibilidade aparente da proteína bruta (CDA_{PB}), seguida do milho (83,46%), farelo de trigo (80,27%) e farinha de vísceras (78,25%), farinha de resíduos de tilápia (71,76%) e a menor média foi obtida com a quirera de arroz (63,98%). Quanto aos coeficiente de digestibilidade aparente de energia (CDA_{EB}), a farinha de vísceras (77,29%) e quirera de arroz (74,62%) apresentaram as maiores médias, seguidas do milho (70,87%), farinha de resíduos de tilápia (70,87%) e farelo de soja (68,13%), enquanto que a farelo de trigo (55,44%) diferiu significativamente da quirera de arroz e da farinha de vísceras de aves. Desta forma, para a sua fase de crescimento inicial, os juvenis de tambaqui apresentaram melhor coeficiente de digestibilidade da fração proteica para o farelo de soja, enquanto que, para os coeficientes de digestibilidade da fração energética, todos os ingredientes estudados apresentaram resultados satisfatórios, exceto o farelo de trigo que apresentou o menor aproveitamento (55,44%).

Palavras-chave: peixe, proteína digestível, energia digestível, nutrição, ingrediente.

CHAPTER II Protein and energy apparent digestibility of feeds for initial growth of tambaqui *Colossoma macropomum*

ABSTRACT - In this study, the apparent digestibility coefficients of three protein feeds (soybean meal, tilapia meal and poultry meal) and three energy feeds (broken rice, corn and wheat bran) were determined for tambaqui juveniles. The six test diets consisted of 69.50% of a reference diet, 30% of the studied feed and 0.50% of chromium (III) oxide (Cr_2O_3) used as an inert marker. A total of 273 juveniles were used with mean initial weight of 34.6 ± 0.02 grams, distributed in 21 feeding aquariums (150 liters). The nutrients apparent digestibility coefficients were determined by evaluating the difference between the feed and the fecal concentration of the inert marker. A completely randomized design with six treatments, three repetitions and 13 fish per aquarium was used to compare the protein fraction and energy of the studied feeds, based on the digestibility coefficient. The soybean meal (92.58%) presented the best mean of apparent digestibility of the crude protein (ADC_{CP}), followed by corn (83.46%), wheat bran (80.27%), poultry meal (78.25%), tilapia meal (71.76%) and the lowest mean was obtained with broken rice (63.98%). Regarding the apparent digestibility coefficients of gross energy (ADC_{GE}), the poultry meal (77.29%) and broken rice (74.62%) presented the best averages, followed by corn (70.87%), tilapia meal (70.87%), broken rice (68.13%) and wheat bran (55.44%), that differed significantly from the other ingredients. Therefore, for their initial growth phase, tambaqui juveniles showed a better digestibility coefficient of the protein fraction for soybean meal, whereas, the digestibility coefficient of the energy fraction, all studied ingredients presented satisfactory outcomes, except the wheat bran that presented the lowest mean (55.44%).

Key words: fish, digestible protein, digestible energy, nutrition, ingredients.

1. Introdução

A produção do tambaqui apresenta um ótimo crescimento, que está diretamente relacionado à dieta empregada no cultivo (BEZERRA et al., 2014). O preço da ração aumenta de acordo com o seu teor de proteína responsável pelo alto custo da produção piscícola, podendo representar até 80% das despesas (PEREIRA JUNIOR et al., 2013). A espécie *Colossoma macropomum*, em seu ambiente natural, possui oferta de alimentos que dependem das variações sazonais; portanto, alimenta-se de itens com diversificadas composições, balanceando os nutrientes e energia da sua dieta para satisfazer as necessidades metabólicas (SILVA et al., 2003). Quando em cativeiro, adapta-se bem e apresenta boa aceitabilidade de alimento artificial (SANTOS et al., 2010). Portanto, para otimizar o desenvolvimento do cultivo, é necessário o uso de técnicas que minimizem o custo de produção e que possibilitem o fornecimento de ração de boa qualidade.

O fornecimento de dietas desbalanceadas ou a alimentação excessiva ocasionam a redução da absorção de nutrientes pelos peixes, além de que pode resultar em excesso de matéria orgânica nos sistemas de produção (CYRINO et al., 2010). Assim, para o desenvolvimento de rações comerciais eficientes que atenderão às exigências nutricionais da espécie alvo, necessita-se fundamentalmente, da seleção de ingredientes, que deve ser precedida por uma caracterização criteriosa da sua composição nutricional, seguida pela determinação da digestibilidade dos nutrientes e da energia (GLENCROSS et al., 2007). A digestibilidade é um dos métodos adotados para quantificar a fração do nutriente que não é excretada nas fezes, de forma que possa ser utilizada pelo metabolismo do animal (NRC 2011).

Em estudos de nutrição, torna-se necessário o conhecimento dos níveis de aproveitamento dos nutrientes pela espécie em cada fase de desenvolvimento, para que possa subsidiar com informações precisas, a elaboração de dietas com alimentos altamente digestíveis, em que o peixe tenha efetivamente o aproveitamento máximo. Desta maneira, o objetivo desta pesquisa foi determinar os coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) de três alimentos proteicos (farelo de soja, farinha de resíduos de tilápia e farinha de vísceras de aves) e três alimentos energéticos (quirera de arroz, milho e farelo de trigo) mais comuns em dietas para juvenis de tambaqui.

2. Material e métodos

2.1. Instalações e condições experimentais

Nos sistemas de cultivo de peixes, um dos fatores primordiais para o sucesso da produção é a adequada manutenção da qualidade da água. Nos sistemas de cultivos em viveiros, a taxa de inserção de matéria orgânica é elevada, o que torna necessário o monitoramento diário da qualidade da água, devendo-se controlar a troca de água e aplicar aeração suplementar (PASQUALETTO et al., 2000).

O experimento foi conduzido no período de agosto a novembro de 2016 com 273 juvenis de tambaqui estocados em 21 caixas de cimento de amianto de 150 litros de capacidade. Diariamente, foram monitorados os parâmetros de temperatura e oxigênio dissolvido (YSI - *Yellow Springs Instruments* 550A) no período da manhã. Quinzenalmente, foram determinados os parâmetros de qualidade da água dos aquários (Tabela 1) no período da manhã (08h00min): pH (PHTEK - pH100) amônia, nitrato, nitrito e fósforo total (KOROLEFF, 1976; GOLTERMAN et al. 1978; MACKERETH et al. 1978).

Tabela 2 - Valores médios de parâmetros físico-químicos da água durante o período experimental do ensaio de digestibilidade.

Parâmetros	Média
Temperatura (°C)	29,26 ± 0,20
OD (mg.L ⁻¹)	5,43 ± 0,23
pH	7,62 ± 0,4
Alcalinidade (mg.L ⁻¹)	84,66 ± 1,52
Amônia (mg.L ⁻¹)	0,17 ± 0,15
Nitrato (mg.L ⁻¹)	0,124 ± 0,06
Nitrito (mg.L ⁻¹)	0,026 ± 0,03
Fósforo (mg.L ⁻¹)	0,069 ± 0,018

Os valores aferidos para os parâmetros físico-químicos da água, em todos os tratamentos estão de acordo com os sugeridos para peixes de regiões tropicais e para a espécie (BOYD, 1982; SAINT-PAUL, 1988; KUBITZA, 2003; ARIDE et al., 2004).

2.2. Dietas experimentais

As análises de nutrientes e energia dos ingredientes e das dietas foram realizadas no Laboratório de Nutrição de Organismos Aquáticos do Centro de Aquicultura da UNESP, e no Laboratório de Nutrição Animal da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da UNESP, Câmpus de Jaboticabal, SP.

Foram determinadas as composições bromatológicas das três fontes proteicas (farelo de soja, farinha de resíduos de tilápia e farinha de vísceras de aves) e das fontes energéticas (quirera de arroz, milho e farinha de trigo) (Tabela 2). Com estes resultados foi formulada uma dieta referência (Tabela 3), posteriormente, foram formuladas seis dietas-teste constituídas de 69,5% da dieta referência, 30% do ingrediente testado e 0,5% de óxido de crômio III (Cr_2O_3) como um marcador inerte.

As dietas foram processadas no Laboratório de Processamento de Dietas do Centro de Aquicultura da UNESP - Câmpus de Jaboticabal. Os ingredientes das dietas foram finamente moídos em moinho com peneira de malha 0,9 mm de diâmetro. Posteriormente, as dietas foram extrudadas em extrusora Exteec, modelo Ex Micro, com matriz de 5mm. Os grânulos foram desidratados em estufa de ventilação forçada a 55°C, por 24 horas.

Tabela 3 - Composição químico-bromatológica dos ingredientes utilizados na dieta referência. Valores expressos em 100% da matéria seca

Ingredientes	MS⁽¹⁾ (%)	PB⁽²⁾ (%)	EE⁽³⁾ (%)	MM⁽⁴⁾ (%)	EB⁽⁵⁾ (kcal/kg)
Fontes proteicas:					
Farinha de resíduos de tilápia	95,74	48,88	8,70	30,59	3764
Farinha de vísceras de aves	96,02	63,92	15,21	17,76	4651
Farelo de soja	87,78	46,23	4,28	6,89	4062
Fontes energéticas:					
Quirera de arroz	87,95	8,41	0,58	0,59	3681
Grão de Milho	88,70	9,40	4,27	1,71	3936
Farelo de trigo	87,21	15,46	5,64	5,90	3890

⁽¹⁾MS = matéria seca.. ⁽²⁾PB = proteína bruta. ⁽³⁾EE = extrato etéreo.

⁽⁴⁾MM = matéria mineral. ⁽⁵⁾EB = energia bruta

Tabela 4 – Formulação e composição da dieta referência (valores com base na matéria natural).

Ingredientes	%
Farinha de resíduos de tilápia	5,251
Farinha de vísceras de aves	8,420
Farelo de soja	38,000
Milho	20,074
Quirera de Arroz	12,074
Farelo de Trigo	15,204
Antioxidante (BHT)	0,050
Antifúngico	0,150
Calcário calcítico	0,207
L-Lisina HCL	0,037
DL-Metionina	0,033
Suplemento mineral e vitamínico*	0,500
<i>Composição calculada:**</i>	
Proteína bruta	31,86
Energia bruta (kcal. Kg ⁻¹)	3970,27
EE	4,05
Lisina	1,92
Metionina	0,62
Treonina	1,25
Triptofano	0,32

*Cada 1% fornece: Suplemento vitamínico e mineral: ácido fólico (1.200 mg); ácido nicotínico (20 g); ácido pantoténico (10.000 mg); BHT (5.000 mg); Biotina (200 mg); Cobalto (80 mg); Cobre (3.500 mg); Colina (100 g); Ferro (20 g); Iodo (160 mg); Inositol (25 g); Manganês(10.000 mg); Selênio (100 mg); Vitamina A (2.400 UI). Vitamina B1 (4.000 mg); Vitamina B2 (4.000 mg); Vitamina B12 (8.000 mcg); Vitamina C (60 g); Vitamina B2 (4.000 mg); Vitamina B6 (3.500 mg); Vitamina D3 (600.000 UI); Vitamina E (30.000 UI); Vitamina K3 (3.000 mg); Zinco (24 mg). ** Com base na composição avaliada de cada ingrediente.

2.3. Ensaio de digestibilidade

Foram utilizados 273 juvenis de tambaqui (*Colossoma macropomum*) com peso médio de $34,6 \pm 0,02$ g, distribuídos em 21 aquários de alimentação (150 litros) com fluxo contínuo de água proveniente de poço artesiano. Cada grupo de peixes foi alimentado por dez dias, quatro vezes ao dia (08h30min, 11h30min, 14h30min e 17h30min) até a saciedade aparente, com as dietas experimentais (contendo 0,5% de óxido de cromo III, 69,5% da dieta referência e 30% do ingrediente teste) e com a dieta referência.

Após o décimo dia de consumo da dieta, procedeu-se a coleta de fezes. No período da manhã, os juvenis de cada repetição foram arraçoados e transferidos para sete coletores cilíndricos de fezes (Sistema modificado de Guelph) com capacidade de 80 litros. As fezes foram coletadas em tubos Falcon a cada 30 min, para evitar a lixiviação dos nutrientes, sendo centrifugadas por trinta minutos à 3000

rpm, e conservadas em congelador, até completar-se a quantidade necessária para as análises. Durante o período de coleta de fezes foram utilizados isopores com gelo que recobriam os tubos Falcon, para reduzir a degradação das fezes. As amostras de fezes foram liofilizadas.

2.4. Determinação dos coeficientes de digestibilidade

Para determinação de óxido de cromo III das dietas e das fezes foi utilizado a metodologia descrita por Furukawa & Tsukahara (1966), segundo a qual as amostras foram submetidas a digestão nitro-perclórica, com posterior leitura em espectrofotômetro de absorção atômica. A proteína bruta foi analisada através do aparelho Leco Nitrogen/Protein in Organic Samples modelo FP528 e a energia bruta através da bomba calorimétrica (IKA C2000 basic); ambas as análises foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (FCAV).

Para o ensaio de digestibilidade, os valores de coeficiente de digestibilidade aparente (CDA) foram calculados de acordo com a equação proposta por Nose (1966):

$$CDA = 100 - 100 \times \left(\frac{\% \text{ indicador na dieta}}{\% \text{ indicador nas fezes}} \right) \times \left(\frac{\% \text{ nutrientes ou energia fezes}}{\% \text{ nutrientes ou energia dieta}} \right)$$

Os coeficientes de digestibilidade dos alimentos (farelo de soja, farinha de resíduos de tilápia, farinha de vísceras de aves, quirera de arroz, milho e farelo de trigo), que também estavam presentes na dieta referência, foram calculados de acordo com a fórmula sugerida por Forster (1999), que considera as proporções de cada nutriente oriundo do ingrediente estudado e da dieta referência:

$$CDA_{\text{ingrediente}} = \frac{[(a + b) \times CDA_{\text{dieta teste}} - (a) \times CDA_{\text{dieta referência}}]}{b}$$

Onde: a = proporção de proteína ou energia oriunda do ingrediente na dieta referência, multiplicado por 70%; b = proporção de proteína ou energia do ingrediente, multiplicado 30%.

2.5. Delineamento experimental e Análises estatísticas

O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado (DIC) com sete tratamentos correspondendo a uma dieta referência e seis dietas-teste contendo 30% dos alimentos (farelo de soja, farinha de peixe, farinha de vísceras de aves, quirera de arroz, milho ou farelo de trigo, com três repetições.

Os dados foram avaliados pela análise de variâncias paramétrica (ANOVA) e testados quanto à normalidade dos erros e homocedasticidade das variâncias. Quando detectadas diferenças significativas nas variáveis analisadas, as comparações das médias foram avaliadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. As análises estatísticas foram realizadas usando o programa R version 3.2.0 - Copyright (©) 2015 The R Foundation for Statistical Computing.

3. Resultados

Durante o período experimental, os juvenis permaneceram bem adaptados às condições laboratoriais e às dietas ofertadas, não sendo observado sinais clínicos de enfermidades e nenhuma mortalidade.

Comparando os resultados dos coeficientes de digestibilidade da proteína bruta (CDA_{PB}) dos alimentos estudados (Tabela 4), observa-se que a melhor média foi proporcionada pelo uso de farelo de soja (92,58%), seguida do milho (83,46%), farelo de trigo (80,27%) e farinha de vísceras (78,25%). Contudo, o farelo de soja diferiu significativamente da farinha de resíduos de tilápia (71,76%) e, com a menor média, a quirera de arroz (63,98%).

Tabela 5 – Valores proteicos, análise de variância dos resultados e médias dos coeficientes de digestibilidade aparente da proteína de ingredientes para juvenis de tambaqui.

Ingredientes	Proteína Bruta (%)	CDA_{PB} (%)	Proteína Digestível (%)
Milho	9,40	83,46±5,72 ^{ab}	7,85
Quirera de Arroz	8,41	63,99±8,31 ^c	5,38
Farelo de Trigo	15,46	80,28±0,10 ^{abc}	12,41
Farinha de Resíduos de Tilápia	48,88	71,76±1,58 ^{bc}	35,08
Farinha de Vísceras de Aves	63,92	78,25±2,26 ^{abc}	50,02
Farelo de Soja	46,23	92,58±2,47 ^{a*}	42,80
DMS		17,46371	
CV (%)		5,604994	
Valor de P		0,00679	

CDA = Coeficiente de digestibilidade aparente. *Média seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. CV: Coeficiente de variação. DMS: Diferença mínima significativa.

As melhores médias dos coeficientes de digestibilidade aparente de energia bruta (CDA_{EB}) foram para o uso de farinha de vísceras (77,29%) e de quirera de arroz (74,62%), seguidas de milho (70,87%), farinha resíduos de tilápia (70,87%) e farelo de soja (68,13%), enquanto que o farelo de trigo (55,44%) apresentou o menor CDA dos ingredientes estudados (Tabela 5).

Tabela 6 – Valores calóricos, análise de variância dos resultados e médias dos coeficientes de digestibilidade aparente da energia de ingredientes para juvenis de tambaqui.

Ingredientes	Energia Bruta (Kcal/Kg)	CDA_{EB} (%)	Energia Digestível (Kcal/Kg)
Milho	3936	70,88±4,61 ^{ab}	2789,71
Quirera de Arroz	3681	74,62±0,09 ^a	2746,83
Farelo de Trigo	3890	55,44±3,6 ^b	2156,77
Farinha de Resíduos de Tilápia	3764	70,87±0,45 ^{ab}	2667,69
Farinha de Vísceras de Aves	4651	77,30±1,37 ^a	3594,99
Farelo de Soja	4062	68,14±8,63 ^{ab*}	2767,64
DMS		17,10091	
CV (%)		6,178844	
Valor de P		0,0223	

CDA = Coeficiente de digestibilidade aparente. *Média seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. CV: Coeficiente de variação. DMS: Diferença mínima significativa.

4. Discussão

Ingredientes Proteicos

A farinha de peixe é o principal ingrediente proteico utilizado na produção de rações, uma vez que fornece o balanço certo de aminoácidos, fosfolipídios e ácidos graxos (DHA e EPA), além de ótima palatabilidade (TACON, 1987; HALVER & HARDY, 2010). OS coeficientes de digestibilidade da proteína e da energia da farinha de peixe determinados por Gonçalves & Carneiro (2003), para juvenis de pintado (9,8g), apresentaram melhores resultados, tanto para CDA_{PB} (84,14%), quanto para CDA_{EB} (72,8%). Para espécies de hábito alimentar onívoro, os valores foram próximos aos encontrados por Oliveira Filho (2006), com juvenis de jundiá de peso médio de 78,5g, que apresentaram 77,7% de CDA_{PB} e 74,8% de CDA_{EB} para farinha de resíduo de peixe. Buzollo (2018) também observou na mesma espécie os valores de CDA (78,46% PB e 70,26% EB) de farinha de resíduo de tilápia foram próximos ao encontrado no presente estudo.

Pezzato et al. (2002) avaliaram a digestibilidade aparente de ingredientes para tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) como a farinha de peixe e a farinha de vísceras de aves. Assim como nesse estudo com o tambaqui, os autores encontraram que a farinha de vísceras de aves apresentou a melhor média de CDA para proteína bruta (87,24%), seguida da farinha de peixe (CDA_{PB} de 78,55%). Diferenças encontradas, nos resultados dos coeficientes de digestibilidade de farinha de vísceras, em outros trabalhos, com médias inferiores ao de farinha de peixe podem ser atribuídos, no caso da PB, à alta quantidade de nitrogênio não proteico (BUTOLO, 1997) e no caso da EB, à alta percentagem de parede celular (ASSIS, 1997). Os valores do CDA_{PB} e de CDA_{EB} de farinha de peixe obtidos por Hanley (1987) com tilápia do Nilo foram superiores a farinha de vísceras, (74%; 59%), e por Degani et al., (1997) com a carpa comum de peso médio de 800g (47,2%; 63,9%).

Dentre os ingredientes proteicos, o farelo de soja é o substituto da farinha de peixe mais utilizado em pesquisas de nutrição animal (BUTOLO, 2002). Os valores proteicos do farelo de soja do presente estudo encontram-se próximos aos obtidos por Abimorad et al. (2008), que obtiveram alto CDA_{PB} (90,6%) para o pacu. Valores energéticos de farelo de soja, próximos aos encontrados para o tambaqui foram

relatados por Boscolo et al. (2002) que obtiveram para tilápia, a média de CDA_{EB} de 71,38%. Sena (2012), trabalhando com tambaqui de peso médio de 300 g, obteve valores semelhantes de CDA_{PB} (91,78%) e CDA_{EB} de (66,08%).

Em geral, na sua fase inicial de crescimento, o tambaqui apresentou aproveitamento eficiente da fração proteica dos alimentos de origem vegetal, apesar de utilizar bem todos os nutrientes dos ingredientes na formulação de suas dietas. O melhor aproveitamento dos ingredientes de origem vegetal pode ser justificado pelo seu hábito alimentar e a capacidade da espécie de digerir alimentos com elevados teores de fibra (SILVA et al., 1999, 2003)

Ingredientes Energéticos

O milho é um grão constituído basicamente de amido e também fonte de betacarotenos e vitamina A (PASTORE et al. 2012). Possui ampla utilização na formulação de rações para monogástricos onívoros por sua alta digestibilidade para estes animais (ROSTAGNO et al., 2000). Abimorad & Carneiro (2002) avaliaram a digestibilidade de nutrientes deste ingrediente, em outra espécie onívora, o pacu, *Piaractus mesopotamicus*, apresentando valores de coeficientes de digestibilidade desse alimento próximos aos encontrados neste estudo, com 84,4% para PB e 86,7% para EB. Os valores dos CDA, para a mesma espécie do presente estudo, com juvenis de peso médio de 70g, foram de 94,5% para PB e 88,70% de EB (BUZOLLO, 2018). Com carnívoros, no entanto, como no trabalho realizado por Gonçalves et al, (2003), alevinos de pintado pesando 9,8g, apresentaram resultados inferiores para o milho, tanto para CDA_{PB} (64,18%), quanto para CDA_{EB} (64,95%).

O valor médio obtido, com tilápia do Nilo, por Guimarães (2006) do coeficiente de digestibilidade aparente da proteína bruta (63,01%) da quirera de arroz foi próximo ao encontrado no presente estudo. A explicação pode ser atribuída à padronização do beneficiamento, conservação e qualidade do subproduto de arroz utilizado, e principalmente pelo hábito alimentar da espécie também ser onívoro com tendência a herbivoria. Oliveira (2005) obteve um resultado superior de CDA_{PB} (95,34%) e inferior CDA_{EB} (64,8%), na dieta de juvenis de jundiá de 78,5 g de peso. Apesar do jundiá ter hábito alimentar onívoro, tem grande capacidade de digestão proteica e relativa dificuldade de digerir ingredientes energéticos, sugerindo que este peixe seja um onívoro com tendência carnívora.

O menor valor médio de CDA_{EB} (55,44%) do farelo de trigo pode estar relacionado à grande quantidade de polissacarídeos não amiláceos encontrados nesses ingredientes, além de alguns cultivares de trigo conterem inibidores de tripsina e quimotripsina, proporcionando aumento da viscosidade do quimo no intestino, dificultando a ação de enzimas digestivas, aumentando a taxa de passagem, diminuindo a digestibilidade da gordura pela inativação dos sais biliares e também aumentando a secreção pancreática de enzimas (CAMPBELL et al., 1983; BUTOLO, 2002). O valor médio de CDA_{PB} (80,28%) foi próximo ao encontrado por Guimarães et. al. (2014) para o tambaqui com peso de 86g (84,46%), enquanto que para a fração energética, também não houve aproveitamento adequado (68,2%).

Os dados de coeficientes de digestibilidade dos alimentos auxiliarão os nutricionistas na tomada de decisão de quais alimentos utilizarem nas dietas, levando em consideração, principalmente, a qualidade dos ingredientes. Os resultados encontrados neste estudo também possibilitarão estudos das exigências nutricionais com base em nutrientes digestíveis. Dessa forma permitirá a formulação de dietas que sejam mais adequadas, com os valores de nutrientes que serão realmente aproveitadas pelos peixes, de forma a minimizar os excessos e desperdícios, visando uma produção mais sustentável.

5 . Conclusão

A utilização dos alimentos nesta fase inicial de produção deve seguir os índices de aproveitamento da fração proteica e do seu conteúdo energético determinados no presente estudo.

Os juvenis de tambaqui apresentaram os melhores coeficientes de digestibilidade da fração proteica para o farelo de soja (92,58%), milho (83,46%), farelo de trigo (80,28%), farinha de vísceras de aves (78,25%) e farinha de resíduos de tilápia (71,76%). Para os coeficientes de digestibilidade da fração energética, todos os ingredientes estudados apresentaram resultados satisfatórios, tais como a farinha de vísceras de aves (77,30), quirera de arroz (74,62%), milho (70,88%), farinha de peixe (70,87%) e farelo de soja (68,14%); apenas o farelo de trigo apresentou um menor aproveitamento (55,44%).

6 . Referências

ABIMORAD, E.G.; CARNEIRO, D.J. Determinação dos coeficientes de digestibilidade da proteína e da energia dos alimentos para o pacu, *Piaractus mesopotamicus*. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AQUICULTURA, 12., 2002, Goiânia. **Anais...** Goiânia: CAUNESP/ESALQ, 2002. p.96.

ABIMORAD, E.G.; SQUASSONI, G.H.; CARNEIRO, D.J. Apparent digestility of protein, energy, anda mino acids in some selected feed ingredients for pacu *Piaractus mesopotamicus*. **Aquaculture Nutrition**, v.14, p.374-380, 2008

ARIDE, P.H.R.; ROUBACH, R.; VAL, A.L. Water pH in Central Amazon and its importance for tambaqui culture. **World Aquaculture Magazine**, v.35, n.2, p. 24 – 28, 2004.

ASSIS, E.M. Componentes da parede celular de leveduras: proteínas e polissacarídeos de interesse das indústrias farmacêuticas e de alimentos. In: PRODUÇÃO DE BIOMASSA DE LEVEDURA: UTILIZAÇÃO EM ALIMENTAÇÃO HUMANA E ANIMAL, 1997, Campinas. **Anais...** Campinas: ITAL, 1997. p.41.

BEZERRA, S. K.; SOUZA, R. C.; MELO, J. F. B.; CAMPECHE, D. F. B. Crescimento de tambaqui alimentado com diferentes níveis de farinha de manga e proteína na ração. **Archivos de Zootecnia**, v. 63, n. 244, p. 587-598. 2014.

BOSCOLO, W.R.; HAYASHI, C.; MEURER, F. Digestibilidade aparente da energia e nutrientes de alimentos convencionais e alternativos para a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*, L.). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.13, p.539-545, 2002.

BOYD, C.E. Water quality management for pond fish culture. **Elsevier Scientific Publishing**, Oxford, 1982.

BUTOLO, J. E. Qualidade de ingredientes na alimentação animal. **CBNA**, Campinas, 2002, 430 p.

BUTOLO, J.E. Uso da levedura desidratada em alimentação animal: propriedades, custo relativo a outras formas de nutrientes. In: PRODUÇÃO DE BIOMASSA DE LEVEDURA: UTILIZAÇÃO EM ALIMENTAÇÃO HUMANA E ANIMAL, 1997, Campinas. **Anais...**Campinas: ITAL, 1997. p.70.

BUZOLLO, H.; NASCIMENTO, T. M. T ; SANDRE, L.C.G. ; NEIRA, L.M. ; JOMORI, R.K. ; CARNEIRO, D.J. Apparent digestibility coefficients of feedstuff used in tambaqui diets. **Boletim do instituto de pesca** (online), v. 44, p. 1-7, 2018.

CAMPBELL, G. L., CLASSEN, H. L., GOLDSMITH, K. A. Effect of fat retention on the rachitogenic effect of rye fed to broiler chicks. **Poultry Science**, v. 62, p. 2218-2213, 1983.

CHO, C.Y. La energia en la nutrición de los peces. In: **Nutrición en Acuicultura II**. Ed. J. Espinosa de los Monteros y U. Labarta, Madrid-España. 1987. p. 197-237.

CIPRIANO, F. S. **Digestibilidade aparente de ingredientes por juvenis de pirarucu, *Arapaima gigas* (Schinz, 1822)**. 2013. 36 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) - Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilhéus. 2013.

CYRINO, J. E. P.; BICUDO, A. J. A.; SADO, R. Y.; BORGHESI, R., DAIRIKI, J. K. A piscicultura e o ambiente – o uso de alimentos ambientalmente corretos em piscicultura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 39, supl. esp., p. 68-87, 2010.

DEGANI, G.; VIOLA, S.; YEHUDA, M. Apparent digestibility coefficient of protein sources for carp (*Cyprinus carpio*). **Aquaculture Research**, v.28, p.23-28, 1997.

FORSTER, I. A note on the method of calculating digestibility coefficients of nutrients provided by single ingredients to feeds of aquatic animals. **Aquaculture Nutrition**, v. 5, p. 143-145, 1999.

FURUKAWA, A.A.; TSUKAHARA, H. On the acid digestion for the determination of chromic oxide as index substance in the study of digestibility of fish feed. **Bulletin of the Japanese Society of Fisheries**, v.32, n.6, p.502-506, 1966.

GLENCROSS, B.D.; BOOTH, M.; ALLAN, G.L. A feed is only as good as its ingredients? A review of ingredient evaluation strategies for aquaculture feeds. **Aquac. Nutr.**, v.13, p.17–34, 2007.

GOLTERMAN, H.L.; CLYMO, R.S.; OHNSTAD, M.A.M. **Methods for physical and chemical analysis of freshwaters**. London:Blackweel Sci. Publ. , 1978. 214p.

GONÇALVES, E. G.; CARNEIRO, D. J. Coeficientes de digestibilidade aparente da proteína e energia de alguns ingredientes utilizados em dietas para o pintado (*Pseudoplatystoma coruscans*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 32, n. 4, p. 779 –786, 2003.

GUIMARÃES, I.G. **Digestibilidade aparente, pela tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), de alimentos extrusados**. Botucatu. 65f. 2006. (Dissertação de Mestrado. Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia. UNESP.

GUIMARÃES, I. G.; MIRANDA, E. C.; ARAÚJO, J. G. Coefficients of total tract apparent digestibility of some feedstuffs for Tambaqui (*Colossoma macropomum*). **Animal Feed Science and Technology**, v.188, p. 150–155, 2014.

HALVER J.E.; HARDY R.W. **Fish Nutrition**, Academic Press, 2010. 824 p.

HANLEY, F. The digestibility of foodstuffs and effects of feeding selectivity and digestibility determinations in tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Aquaculture**, v.66, p.163-179, 1987.

KOROLEFF, F. Determination of nutrients. In: GRANSHOFFK (Ed). **Methods of seawater analysis**. Weinhein: Verlag Chemie, 1976. p. 117-181.

KUBITZA, F. **Qualidade da água no cultivo de peixes e camarões**. Jundiaí. SP: Jundiaí, 2003. 229 p.

MACKERETH, F.J.H., HERON, J. E TALLING, J.F. Water analyses: Some revised methods for limnologists. London: **Scient Public.**, 1978. 121p.

NOSE, T. Recent advances in the study of fish digestion in Japan. In: SYMPOSIUM ON FEEDING TROUT AND SALMON CULTURE, 7., 1966, Belgrade. **Proceedings...** Belgrade: EIFAC, p. 17. 1966.

NRC - National Research Council. **Fish and Shrimp**. Washington: National Academy Press, 2011. 376p.

OLIVEIRA FILHO, P.R.C.; FRACALLOSSI, D.M. Coeficientes de digestibilidade aparente de ingredientes para juvenis de jundiá. R. **Bras. Zootec.**, v. 35, n. 4, supl. p. 1581-1587. 2006 .

OLIVEIRA FILHO, P.R.C. **Coeficiente de digestibilidade aparente de ingredientes para juvenis de Jundiá, *Rhamdia quelen***. 2005. 49f. Dissertação. Mestrado em Aquicultura. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis.

PASQUALETTO, A.; ALCÂNTARA, F.; SOUSA, S.; VIEIRA, C.; MARTINS, L. **Avaliação de características físico-químicas e biológicas da água no campus II da universidade católica de Goiás**. UCG. Goiânia. GO, 2000. 7p.

PASTORE, S.C.G.; GAIOTTO, J.R.; RIBEIRO, F.A.S.; NUNES, A.J.P. Boas práticas de fabricação e formulação de rações para peixes. In: FRACALLOSSI, D.M. e CYRINO, J.E.P. (Eds.). **NUTRIAQUA: nutrição e alimentação de espécies de interesse para a aquicultura brasileira**. 1ª ed. Florianópolis: Sociedade Brasileira de Aquicultura e Biologia Aquática, 2012. cap.16, p. 295-346.

PEREIRA JUNIOR, G. P.; PEREIRA, E. M. O.; FILHO, M. P.; BARBOSA, P. S.; SHIMODA, E.; BRANDÃO, L. V. Desempenho produtivo de juvenis de tambaqui

(*Colossoma macropomum* CUVIER, 1818) alimentados com rações contendo farinha de crueira de mandioca (*Manihot esculenta*, CRANTZ) em substituição ao milho (*Zea mays*). **Acta Amazonica**, v. 43, n. 2, p. 217-226, 2013.

PEZZATO, L.E.; MIRANDA, E.C.; BARROS, M.M. Digestibilidade aparente de ingredientes para a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.4, p.1595-1604, 2002.

R Core Team. R: **A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2015. Disponível em: <<https://www.Rproject.org/>>

ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L.; GOMES, P.C.; OLIVEIRA, R.F.; LOPES, D.C.; FERREIRA, A.S.; BARRETO, S.L.T. **Tabelas brasileiras de aves e suínos, Composição de alimentos e exigências nutricionais**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2000. 141p

SAINT-PAUL, U. Diurnal routine O₂ consumption at different O₂ concentrations by *Colossoma macropomum* and *Colossoma brachypomum* (teleostei: Serrasalminae). **Com. Biochem. Physiol.** V. 89, p. 675-682, 1988.

SANTOS, L.; FILHO, M.P.; SOBREIRA, C.; ITUASSÚ, D.; FONSECA, F.A.L. Exigência proteica de juvenis de tambaqui (*Colossoma macropomum*) após privação alimentar. **Acta Amazônica**, v.40, p.597-604, 2010.

SENA, M.F. **Digestibilidade aparente de alimentos para Tambaqui (*Colossoma macropomum*)**. 2012. 54 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal - EVZ), Universidade Federal de Goiás, Goiânia. 2012.

SILVA, J. A. M.; FILHO, M. P.; OLIVEIRA-PEREIRA, M. I. Frutos e sementes consumidos pelo tambaqui, *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1818) incorporados em rações. Digestibilidade e velocidade de trânsito pelo trato gastrointestinal. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, n. 6, p. 1815-1824, 2003.

SILVA, J.A.M.; PEREIRA-FILHO, M.; OLIVEIRA-PEREIRA, M. I. Valor nutricional e energético de espécies vegetais importantes na alimentação do tambaqui. **Acta Amazônica**, 2003.

SILVA, J.A.M.; PEREIRA-FILHO, M.; OLIVEIRA-PEREIRA, M.I. Digestibility of seeds consumed by tambaqui (*Colossoma macropomum* Cuvier, 1818): an experimental approach. In: VAL, A.L.; ALMEIDA-VAL, V.M.F. (Eds.) **Biology tropical fishes**. Manaus: Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, 1999. p.137-148.

TACON, A.G.J. **Nutrition and feeding of farmed fish and shrimp: a training manual**. Redmond: Argent Laboratories Press, 1987. 454p.

CAPÍTULO III . Desempenho produtivo de tambaqui (*Colossoma macropomum*) alimentados com dietas contendo diferentes níveis de proteína e energia digestível na fase de crescimento inicial.

RESUMO - O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito da relação energia:proteína no desempenho e composição corporal do tambaqui. Para tanto, 192 juvenis de tambaquis (*Colossoma macropomum*), com peso médio de $36,38 \pm 0,62$ g, foram alojados em 24 caixas de cimento amianto com volume de 150 L, instaladas em uma estufa e abastecidas por um sistema de fluxo contínuo de água e aeração constante. Os peixes foram alimentados três vezes ao dia até saciedade aparente com dietas extrusadas, por um período de 88 dias. Oito dietas foram formuladas com dois teores de proteína digestível (25 e 28%) e quatro níveis de energia digestível (2611, 2727, 2847 e 2954 Kcal/Kg), estabelecendo-se um delineamento experimental inteiramente casualizado com oito tratamentos em esquema fatorial 2x4. No início e no final do período experimental, peixes de cada parcela foram eutanaziados para determinação da composição corporal, índice hepatossômico e índice gorduro-viscerossômico. Também foram realizadas análises fisiológicas de glicose, triglicerídeos, lipídio hepático, lipídio muscular e glicogênio hepático. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância utilizando-se o software R-statistic. A energia e proteína dietética afetaram o consumo de ração, taxa de eficiência proteica, retenção de proteína, proteína bruta no ganho em peso, extrato etéreo no ganho em peso, índice hepatossômico, índice viscerossômico e lipídio muscular. A composição química do peixe inteiro foi influenciada pela energia e proteína dietética, afetando a umidade, energia e extrato etéreo. Os resultados permitem inferir que a exigência nutricional do tambaqui pode ser suprida por uma ração com os níveis de 2611 kcal kg⁻¹ de ED e 28% de PD, numa relação ED:PD de 9,40 kcal g⁻¹ garantindo ótimo desempenho e retenção de nutrientes pelo tambaqui.

Palavras-chave: aquicultura, nutrição de peixes, relação energia:proteína.

CHAPTER III. Productive performance of tambaqui (*Colossoma macropomum*) fed diets containing different levels of protein and digestible energy in the initial growth phase

ABSTRACT - The aim of this study was to evaluate the effect of the energy:protein ratio on the performance and body composition of tambaqui. For this purpose, 192 juveniles of tambaqui (*Colossoma macropomum*), mean weight of 36.38 ± 0.62 g, were housed in 24 aquariums with volume of 150 L, supplied by a system of continuous flow of water and constant aeration. The fishes were fed to apparent satiety with extruded diets in three daily meals, for a period of 88 days. Eight diets were formulated with two levels of digestible protein (25 and 28%) and four levels of digestible energy (2611, 2727, 2847 and 2954 kcal kg⁻¹), establishing a completely randomized experimental design in a 2x4 factorial scheme. At the beginning and at the end of the experimental period, fish from each parcel were euthanized to determine body composition, hepatosomatic index and fat-viscerosomatic index. Physiological analyzes of glucose, triglycerides, hepatic lipid, muscle lipid and hepatic glycogen were also carried out. The data were submitted to analysis of variance using the R-statistic software. The energy and dietary protein affected dietary intake, protein efficiency, protein retention, crude protein in weight gain, etheral extract in weight gain, hepatosomatic index, viscerosomatic index and muscle lipid. The composition of the whole fish was influenced by energy and dietary protein, affecting moisture, energy and etheral extract. The results allow to infer that the nutritional requirement of tambaqui can be supplied by diet with 2611 kcal kg⁻¹ of GE, 28% of DP and the ratio GD:DP of 9.40 kcal g⁻¹ guaranteeing optimum performance and retention of nutrients by tambaqui.

Key words: aquaculture, fish nutrition, energy: protein ratio.

1. Introdução

A alimentação corresponde à maior porcentagem das despesas de um empreendimento aquícola, sendo a proteína, o macro nutriente responsável pela maior parte do custo de uma ração (ROBINSON & LI, 1997; LOVELL, 2002; ANDRADE et al., 2005). Botaro et al. (2007) e Koch et al. (2014) realizaram avaliações econômicas da alimentação de tilápias e verificaram que o custo das rações foi mais elevado com os níveis mais baixos de proteína, devido à maior inclusão de aminoácidos cristalinos, que aumenta o custo. O fornecimento insuficiente desse nutriente resulta na diminuição do crescimento e na mobilização de aminoácidos de alguns tecidos para manutenção das funções vitais, ocasionando perda de peso e imunossupressão (OLIVA-TELES, 2012). De outra forma, o excesso de proteína dietética consumida será catabolizado e convertido em energia, sendo os resíduos liberados na forma de excretas nitrogenadas para o ambiente, podendo contribuir com a poluição dos corpos d'água (WILSON, 1989).

Nos peixes, o excesso de energia da ração pode causar deposição excessiva de gordura, reduzir consumo de alimento e inibir a utilização de outros nutrientes, resultando em perda do rendimento de carcaça (CHO, 1990). Visando a melhora da parte nutricional de peixes, o estudo das exigências energéticas e proteicas é considerado bastante amplo na aquicultura, especialmente em função da dificuldade em se obter um consenso para as diversificadas espécies criadas em confinamento e para as distintas fases e regimes de produção (BICUDO et al., 2010).

Na produção de organismos aquáticos, o tambaqui (*Colossoma macropomum*), espécie nativa do Brasil, apresenta um potencial para cultivo em cativeiro, destacando-se por apresentar diversas características desejáveis, tais como: disponibilidade de comercialização de juvenis durante o ano todo (ROLIM, 1995), hábito alimentar onívoro, com tendência à herbivoria, filtrador e frugívoro com ingestão de fontes alimentares de origem animal e vegetal (HONDA, 1974; NUNES et al., 2006), rápido crescimento, boa conversão alimentar (VAL et al., 1998).

Devido à importância comercial crescente que essa espécie apresenta, o objetivo deste estudo foi analisar a exigência de energia digestível na fase inicial da produção do tambaqui (de 35 a 493g), com base nas respostas zootécnicas e fisiológicas da sua criação com dietas práticas contendo diferentes níveis de proteína e energia digestíveis.

2. Material e métodos

O experimento foi conduzido na Universidade Estadual Paulista, campus de Jaboticabal, no Laboratório de Nutrição de Organismos Aquáticos (LANOA) do Centro de Aquicultura da UNESP (CAUNESP), durante o período de novembro de 2016 a fevereiro de 2017, totalizando 88 dias.

2.1. Material biológico e condições experimentais

Foram utilizados 192 juvenis de *Colossoma macropomum* provenientes do Laboratório de Alimentação e Nutrição de Larvas de Peixes do Departamento de Biologia Aplicada à Agropecuária da UNESP, Jaboticabal – SP, que foram distribuídos aleatoriamente em 24 aquários de 150L com aeração e fluxo contínuo de água proveniente de poço artesiano.

Segundo Ellis et al. (2002), as características limnológicas da água em sistemas de cultivo são fatores de extrema importância, uma vez que estão relacionadas ao bem-estar animal. Ao obter baixa qualidade de água, pode ocasionar na perda de apetite, mortalidade em massa (BOYD, 1982), elevação na concentração da forma tóxica amoniacal (NH_3) (WURTS & DURBOROW, 1992) e aumento do estresse que, conseqüentemente, aumentam a susceptibilidade de doenças (ELLIS et al., 2002). Portanto, diariamente, foram monitorados os parâmetros de temperatura e oxigênio dissolvido (YSI - *Yellow Springs Instruments* 550A) no período da manhã. Quinzenalmente, foram monitorados no período da manhã (08h00min), os parâmetros de qualidade da água (Tabela 1): pH (PHTEK - pH100), amônia, nitrato, nitrito e fósforo total (KOROLEFF, 1976; GOLTERMAN et al. 1978; MACKERETH et al. 1978). A cada quatro dias, foi realizada a sifonagem dos aquários experimentais e lavagem das pedras porosas de aeração para a retirada dos resíduos de alimentos e fezes, evitando entupimento dos canos e diminuição da qualidade da água.

Tabela 1 - Valores médios dos parâmetros físico-químicos da água durante o período experimental de desempenho.

Parâmetros	Média
Temperatura (°C)	30,60 ± 0,25
OD (mg.L ⁻¹)	5,40 ± 0,18
pH	7,81 ± 0,6
Alcalinidade (mg.L ⁻¹)	90,5 ± 1,52
Amônia (mg.L ⁻¹)	0,19 ± 0,10
Nitrato (mg.L ⁻¹)	0,21 ± 0,05
Nitrito (mg.L ⁻¹)	0,022 ± 0,02
Fósforo (mg.L ⁻¹)	0,042 ± 0,02

Os valores aferidos para os parâmetros físico-químicos da água, em todos os tratamentos, encontram-se de acordo com os sugeridos para peixes de regiões tropicais e para a espécie *Colossoma macropomum* (BOYD, 1982; SAINT-PAUL, 1988; PROENÇA & BITTENCOURT, 1994; EMBRAPA 1999; KUBITZA, 2003; ARIDE et. al., 2004).

2.2. Dietas experimentais

Foram formuladas oito dietas experimentais constituídas por dois teores de proteína digestível (25 e 28%) e quatro níveis de energia digestível (2611, 2727, 2847 e 2954 Kcal/Kg) (Tabela 2).

As análises de nutrientes e energia dos ingredientes e das dietas foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da UNESP, Campus de Jaboticabal, SP e no Laboratório de Nutrição de Organismos Aquáticos do Centro de Aquicultura da UNESP.

Para a formulação das dietas, foram utilizados os valores de proteína e energia digestíveis dos alimentos determinados no Capítulo 2, obtidos em um estudo prévio. Após a formulação, as dietas foram processadas no Laboratório de Processamento de Dietas do Centro de Aquicultura da UNESP - Campus de Jaboticabal. Os ingredientes das dietas foram finamente moídos em moinho com peneira de malha 0,7 mm de diâmetro. As dietas foram extrudadas em extrusora Extec, modelo Ex Micro, com matriz de 5mm. Os grânulos foram desidratados em estufa de ventilação forçada a 55°C, por 24 horas.

Tabela 2 – Formulação e composição das dietas experimentais (% matéria natural) com dois teores de proteína e quatro níveis de energia, para crescimento inicial do tambaqui.

Ingrediente (%)	Dietas (Proteína digestível :energia digestível)							
	P1E1	P1E2	P1E3	P1E4	P2E1	P2E2	P2E3	P2E4
Farinha de resíduos de tilápia	13,133	9,083	5,044	1,000	14,771	10,180	5,590	1,000
Farinha de vísceras de aves	1,000	4,798	9,596	12,394	1,000	5,311	0,621	13,932
Farelo de soja	35,761	36,340	35,689	37,423	42,660	43,171	43,674	44,180
Milho	7,805	12,014	16,320	20,490	3,702	8,128	12,515	16,998
Quirera de Arroz	5,670	7,000	8,415	9,737	1,240	4,655	8,133	11,578
Farelo de trigo	35,706	28,950	22,205	15,450	35,707	27,372	19,026	10,702
Óleo de Soja	-	0,894	1,811	2,586	-	0,263	0,521	0,690
Suplemento mineral e vitamínico*	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500
Antioxidante (BHT)	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050
Antifúngico (Filax)	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150
Ascorbil polifosfato	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020
Calcário Calcítico	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200
DL-Metionina	0,005	0,001	-	-	-	-	-	-
TOTAL	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000
COMPOSIÇÃO CALCULADA:**								
Energia Bruta (Kcal/Kg)	4108,97	4193,93	4284,36	4359,23	4093,34	4162,04	4230,85	4294,80
Proteína Bruta (%)	29,30	29,38	29,57	29,53	32,55	32,61	32,67	32,74
Proteína Digestível (%)	24,82	25,04	25,27	25,47	27,78	27,98	28,17	28,37
Energia Digestível (Kcal/Kg)	2611,72	2739,55	2875,80	2989,50	2611,48	2715,91	2820,11	2918,83
Relação ED:PD (kcal g ⁻¹)	10,52	10,94	11,38	11,74	9,40	9,71	10,01	10,29
EE (%)	4,18	5,11	6,20	6,87	4,21	4,48	4,73	4,91
Extrato não nitrogenado (%)	40,24	40,98	41,46	42,54	36,05	37,72	39,41	41,16
Lisina (%)	1,86	1,87	1,90	1,90	2,10	2,11	2,13	2,14
Metionina (%)	0,62	0,62	0,63	0,62	0,67	0,67	0,68	0,69
Treonina (%)	1,24	1,24	1,24	1,24	1,38	1,38	1,38	1,38
Triptofano (%)	0,34	0,33	0,32	0,31	0,39	0,38	0,36	0,35

*Cada 1% fornece: Suplemento vitamínico e mineral: ácido fólico (1.200 mg); ácido nicotínico (20 g); ácido pantotênico (10.000 mg); BHT (5.000 mg); Biotina (200 mg); Cobalto (80 mg); Cobre (3.500 mg); Colina (100 g); Ferro (20 g); Iodo (160 mg); Inositol (25 g); Manganês(10.000 mg); Selênio (100 mg); Vitamina A (2.400 UI). Vitamina B1 (4.000 mg); Vitamina B2 (4.000 mg); Vitamina B12 (8.000 mcg); Vitamina C (60 g); Vitamina B2 (4.000 mg); Vitamina B6 (3.500 mg); Vitamina D3 (600.000 UI); Vitamina E (30.000 UI); Vitamina K3 (3.000 mg); Zinco (24 mg). ** Com base na composição avaliada de cada ingrediente.

2.3. Ensaio do desempenho

Os juvenis de tambaqui com peso médio de $36,38 \pm 0,62$ g foram distribuídos aleatoriamente em 24 aquários de cimento de amianto (150 litros), na densidade de oito peixes por aquário.

Durante o ensaio, os peixes foram alimentados três vezes ao dia, nos horários de 08h30min, 12h30min, 16h30min, até a saciedade aparente, possibilitando a máxima ingestão das dietas, mas sem perdas de ração. A quantidade de dieta consumida em cada parcela foi calculada semanalmente, através de pesagem dos recipientes de armazenagem das rações após o arraçoamento.

2.4. Variáveis de desempenho produtivo e eficiência nutricional

Todos os peixes foram pesados no início do período experimental e no final, aos 88 dias, para a determinação de sobrevivência, ganho em peso diário, conversão alimentar aparente, consumo médio diário, taxa de eficiência proteica e taxa de crescimento específico de cada parcela, de acordo com as seguintes fórmulas:

$$\text{Ganho em peso diário (GPD)} = \frac{\text{Peso médio final} - \text{Peso médio inicial}}{\text{dias}}$$

$$\text{Conversão alimentar aparente (CAA)} = \left(\frac{\text{Consumo de dieta}}{\text{Ganho em peso}} \right)$$

$$\text{Consumo médio diário (CsD)} = \left(\frac{\text{Consumo de dieta}}{\text{dias}} \right)$$

$$\text{Taxa de eficiência proteica (TEP)} = \left(\frac{\text{Ganho em peso}}{\text{Proteína bruta consumida}} \right)$$

$$\text{Taxa de crescimento específico (TCE)} = \left(\frac{\ln \text{ peso médio final} - \ln \text{ peso médio inicial}}{\text{Tempo (dias)}} \right) \times 100$$

Para a realização das biometrias foi utilizada uma balança digital com precisão de 0,01g de precisão, sendo que os peixes ficaram em jejum pelo período de 24 horas antecedentes as pesagens.

A partir dos resultados obtidos da análise de composição corporal e do desempenho, foram realizados os cálculos de eficiência de retenção de proteína bruta e de energia bruta, além das proporções de proteína bruta e de extrato etéreo no ganho em peso, de acordo com as seguintes fórmulas:

$$\text{Eficiência de retenção de proteína bruta (ERP\%)} = \left(\frac{[(PBf \times Pf) - (PBi \times Pi)]}{CPB} \right) \times 100$$

$$\text{Eficiência de retenção de energia bruta (EREB\%)} = \left(\frac{[(EBf \times Pf) - (EBi \times Pi)]}{CEB} \right) \times 100$$

$$\text{Proporção de proteína bruta no ganho em peso (PBgp\%)} = \left(\frac{[(PBf \times Pf) - (PBi \times Pi)]}{(Pf - Pi)} \right) \times 100$$

$$\text{Proporção de extrato etéreo no ganho em peso (EEgp\%)} = \left(\frac{[(EEf \times Pf) - (EEi \times Pi)]}{(Pf - Pi)} \right) \times 100$$

Onde:

PBf, EBF e EEf= níveis de proteína bruta, energia bruta e extrato etéreo final corporal

PBi, EBi e EEi= níveis de proteína bruta, energia bruta e extrato etéreo inicial corporal

CPB= consumo de proteína bruta

CEB= consumo de energia bruta

Pi e Pf= peso médio inicial e final dos peixes

2.5. Análise de composição corporal

As coletas foram realizadas com os animais em jejum de 24 horas, utilizando-se nove peixes no início do período experimental, e três peixes aleatórios de cada parcela (totalizando nove peixes por tratamento) no final. Foram anestesiados pelo aprofundamento do plano anestésico (150 mg.L⁻¹ de benzocaína) para determinação dos índices morfo-somáticos, como o índice hepato somático (IHS) e o índice gordura víscero-somático (IGVS), como descrito abaixo:

$$\text{Índice hepatossomático (IHS \%)} = \left(\frac{P_{\text{fígado}}}{Pt_{\text{peixe}}} \right) \times 100$$

$$\text{Índice gorduro – viscerossomático (IGVS \%)} = \left(\frac{P_{gv}}{Pt_{\text{peixe}}} \right) \times 100$$

Onde:

P fígado: peso do fígado

Pgv: peso da gordura visceral

Pt: peso total do peixe

Após a pesagem dos tecidos, os mesmos peixes foram acondicionados, juntamente com o fígado e gordura visceral, em sacos plásticos rotulados e congelados em freezer até análises. Os peixes congelados foram moídos e homogeneizados em moedor de carne C.A.F, modelo 22S, o material foi liofilizado e destinado à determinação da matéria seca, proteína bruta (Leco Nitrogen/Protein in Organic Samples, modelo FP528), lipídios (pelo método de hidrólise ácida) e matéria mineral, de acordo com a metodologia da A.O.A.C. (2000), além de energia bruta determinada em bomba calorimétrica de Parr. As análises foram realizadas no Laboratório de Nutrição de Organismos Aquáticos do CAUNESP, Câmpus de Jaboticabal e no Laboratório de Nutrição Animal da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da UNESP, Campus de Jaboticabal.

2.6. Metabolismo energético

Para avaliar os estoques energéticos, dos parâmetros sanguíneos (glicose sanguínea e triglicerídeos) e tecidos (glicogênio hepático e lipídio hepático), foram utilizados três peixes de cada parcela, totalizando nove peixes por tratamento. Todos os peixes coletados foram anestesiados com solução de benzocaína (100 mg/L). O sangue foi coletado por punção de vasos caudais, com seringa sem anticoagulante, e separado em duas baterias de micro tubos (1,5 mL). Em uma bateria de tubos, foi adicionado 15µL do anticoagulante GlistabLabtest® (EDTA fluoretado Labtest) para a análise de glicose plasmática (Kit Labtest). Na outra bateria, tubos com sangue sem anticoagulante permaneceram em temperatura ambiente para coagulação, e após três horas foram centrifugados em 3000rpm, por 5 min, a 10°C para a obtenção de soro; e após separação, foram determinados os triglicérides (Labtest). Na sequência, para retirada de duas frações de fígado e músculo, os peixes foram eutanasiados através de aprofundamento do plano anestésico em solução de benzocaína (150 mg/L). As amostras foram armazenadas em papel alumínio, identificados e mantidos em freezer a -80 °C até as análises para determinação do lipídio total hepático e muscular (BLIGH & DYER, 1959), e do glicogênio hepático (PERRY et al., 1988). As análises laboratoriais foram realizadas no Departamento de Morfologia e Fisiologia Animal, da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (FCAV/UNESP) – Câmpus de Jaboticabal.

2.7. Delineamento experimental e análises estatísticas

O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado (DIC) com oito tratamentos e três repetições, em um esquema fatorial 2 x 4, correspondendo a dois níveis de proteína digestível (25 e 28%) e quatro níveis de energia digestível (2611, 2725, 2839 e 2953 Kcal/Kg) nas dietas, com oito peixes por parcela.

Os dados foram avaliados pela análise de variâncias (ANOVA), normalidade dos erros e homocedasticidade das variâncias. Quando detectadas diferenças significativas nas variáveis analisadas, as comparações das médias foram estudadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. As análises estatísticas foram realizadas usando o programa R version 3.2.0 - Copyright (©) 2015 The R Foundation for Statistical Computing.

3. Resultados

3.1. Desempenho produtivo e eficiência nutricional.

Os juvenis de tambaqui aceitaram muito bem as dietas experimentais fornecidas, não ocorrendo mortalidade e sinais patológicos durante os 88 dias de experimento.

Durante o período experimental, os peixes apresentaram resultados excelentes para os parâmetros de desempenho produtivo analisados (Tabela 3), ainda que não tenham ocorrido diferenças significativas para as variáveis ganho em peso, taxa de crescimento específica (TCE) e conversão alimentar,

Os valores médios de consumo de ração mostraram que houve diferença significativa para a interação dos níveis de ED:PD (Tabela3). Observa-se que os níveis energéticos das dietas só interferiram para o teor de 25% PD (P1), com maior consumo médio para dieta que continha o nível energético de 2954 Kcal/Kg ED (E4)

As taxas de eficiência proteica (TEP) mostraram diferenças significativas para os diferentes teores proteicos, onde a elevação do nível de proteína digestível na dieta resultou em decréscimo nos valores médios de TEP (Tabela3).

Os resultados da eficiência de utilização de nutrientes (Tabela 4) mostraram diferenças significativas. A utilização de dietas contendo maior teor de proteína digestível (28%) promoveu a maior média ($P<0,05$) de eficiência de retenção de proteína (46,54%), não mostrando efeito dos diferentes níveis energéticos.

Dentre os parâmetros de eficiência nutricional, as médias de PB_{GP} apresentaram interações entre os fatores estudados, mostrando que as médias dos três menores níveis de ED não diferiram e foram melhores que a do maior nível de energia (E4). Coerentemente, as maiores médias de EE_{GP} ocorreram com as dietas contendo menores conteúdos proteicos e com os dois maiores níveis energéticos (Tabela 4).

Tabela 3 – Valores médios dos parâmetros de desempenho produtivo e eficiência de retenção de nutrientes de juvenis de tambaqui em fase inicial de crescimento alimentados com dietas apresentando diferentes relações de proteína e energia digestíveis.

Variáveis	E1	E2	E3	E4	Média	P-valor E	P-valor P	P-valor E x P	C.V (%)
GPD (g/dia)									
P1	4,46±0,73	4,03±0,46	4,09±0,70	4,10±1,10	4,17				
P2	3,81±0,28	4,33±0,53	4,07±0,85	4,23±0,29	4,11	0,99	0,84	0,64	16,24
Média	4,14	4,18	4,08	4,17					
TCE (%/dia)									
P1	2,68±0,20	2,58±0,13	2,60±0,19	2,58±0,33	2,61				
P2	2,54±0,08	2,65±0,15	2,59±0,25	2,64±0,07	2,61	0,99	0,99	0,76	7,36
Média	2,61	2,61	2,59	2,61					
C_sD (g/dia)									
P1	5,41±0,26 Aab	4,78±0,26 Ab	5,26±0,33 Aab	5,71±0,08 Aa	5,29	<0,05	0,12	<0,05	4,16
P2	5,01±0,11 Ba	5,02±0,15 Aa	5,21±0,49 Aa	5,2±0,23 Ba	5,11				
Média	5,21	4,9	5,24	5,46					
CA									
P1	1,17±0,10	1,19±0,10	1,34±0,40	1,33±0,20	1,22	0,55	0,69	0,36	10,06
P2	1,32±0,07	1,17±0,11	1,23±0,14	1,23±0,07	1,24				
Média	1,24	1,18	1,20	1,28					
TEP									
P1	2,72±0,22	2,67±0,21	2,47±0,55	2,51±0,40	2,59 A	0,8	<0,05	0,571	12,07
P2	2,16±0,11	2,46±0,22	2,34±0,27	2,37±0,15	2,33 B				
Média	2,44	2,56	2,40	2,43					

Proteína digestível (P1=25 e P2=28%); Níveis de energia digestível (E1=2611, E2=2727, E3=2847 e E4=2954 Kcal/Kg)

GPD= ganho em peso diário; TCE= Taxa de crescimento específico; C_sD= Consumo diário; CA= Conversão alimentar TEP= Taxa de eficiência proteica.

Médias ± desvio padrão da média (DP); CV = Coeficiente de variação.

Médias seguidas de mesma letra (maiúscula para proteína e minúscula para energia) não diferem estatisticamente entre si (Tukey P>0,05).

Tabela 4 – Valores médios dos parâmetros de eficiência de utilização de nutrientes de juvenis de tambaquis alimentados com dietas contendo níveis de proteína e energia digestíveis (valores expressos em % de matéria natural).

Variáveis		E1	E2	E3	E4	Média	P-valor E	P-valor P	P-valor E x P	C.V (%)
ER_{PB} (%)										
	P1	42,94±1,88	44,98±6,74	39,87±9,53	37,02±5,68	41,2 B				
	P2	45,04±2,48	50,84±5,10	46,07±7,89	44,22±2,09	46,54 A	0,22	<0,05	0,879	13,26
	Média	43,99	47,91	42,97	40,62					
ER_{EB} (%)										
	P1	43,19±3,98	44,06±2,93	41,61±8,10	42,97±8,06	42,96				
	P2	37,29±1,40	43,59±4,06	42,47±1,95	44,06±4,55	41,85	0,59	0,59	0,6	11,73
	Média	40,24	43,83	42,04	43,52					
PB_{GP} (%)										
	P1	16,35±0,39 Aa	16,12±0,11 Ba	15,90±0,47 Aa	15,95±0,78 Aa	16,11				
	P2	16,77±0,05 Aa	16,72±0,01 Aa	16,04±1,15 Aa	15,73±0,26 Ab	16,47	<0,05	0,08	<0,05	9,67
	Média	16,33	16,56	16,03	15,84					
EE_{GP} (%)										
	P1	13,13±0,26	13,79±0,47	15,17±1,39	16,21±1,11	14,57 A				
	P2	11,84±1,24	12,17±1,38	13,21±1,63	13,92±1,19	12,78 B	<0,05	<0,05	0,893	8,56
	Média	12,48 b	12,98 b	14,19 ab	15,06 a					

Proteína digestível (P1=25 e P2=28%); Níveis de energia digestível (E1=2611, E2=2727, E3=2847 e E4=2954 Kcal/Kg)

ER_{PB}: Eficiência de retenção de proteína bruta; ER_{EB}: Eficiência de retenção de energia bruta; PB_{GP}: Proporção de proteína bruta no ganho em peso; EE_{GP}: Proporção de extrato etéreo no ganho em peso. CV: Coeficiente de variação. Média ± Desvio Padrão.

Médias seguidas de mesma letra (maiúscula para proteína e minúscula para energia) não diferem estatisticamente entre si (Tukey P>0,05).

3.2. Índices de composição corporal

As análises de variância da composição corporal dos tambaquis ao final do período experimental (Tabela 5), não apresentaram interações para ED:PD dos parâmetros avaliados. Entretanto, as médias de umidade e extrato etéreo (EE) apresentaram diferenças estatísticas, tanto para a proteína quanto para a energia.

Com o aumento nos níveis de energia digestível, os juvenis de tambaquis apresentaram ($P < 0,05$) maiores teores de energia bruta e de extrato etéreo depositada na carcaça. A maior média de lipídios corporais (38,88%) foi encontrada nos peixes que consumiram menor conteúdo de proteína digestível (25% PD) e maior de energia digestível (Tabela 5).

3.3. Variáveis Fisiológicas

As análises de variância dos resultados, dos índices hepatossomático (IHS) e gorduro-víscerosomático (IGVS) apresentaram significância estatística para os efeitos das diferentes relações de energia digestível: proteína digestível (ED:PD) incluídos nas dietas (Tabela 6). No estudo de interação entre ED:PD para as médias do IGVS, os maiores valores de gordura visceral foram encontrados nos peixes que receberam dietas com os dois maiores níveis de energia e o menor teor proteico. A dieta com maior teor proteico digestível e penúltimo nível de energia (P2E3) apresentou maior média de IHS.

As análises de variância e a comparação de médias para os parâmetros sanguíneos mostraram que as concentrações de glicose sanguínea não diferiram entre os tratamentos, embora numericamente tenham sido registradas para as dietas P1E2 e P1E3 as médias mais elevadas, dentre os grupos experimentais (Tabela 7).

As concentrações séricas de triglicerídeos não mostraram diferenças significativas ($P > 0,05$), nem para a proteína nem para a energia das dietas. A relação ED:PD das dietas não influenciaram durante o período pós-prandial entre os peixes alimentados com as diferentes dietas.

Os resultados dos resultados de parâmetros teciduais (Tabela 7) mostraram que a concentração do glicogênio hepático, não foi afetado pelas dietas ($P > 0,05$), possivelmente pelo altíssimo CV (25,10%). Entretanto, observou-se uma tendência

dos maiores valores médios encontrados (de $10,69 \pm 0,93$ e $9,45 \pm 1,11$) corresponderem aos tratamentos de maior nível energético para ambos os teores de proteína estudados. A concentração de lipídios hepáticos também não diferiu entre os tratamentos ($P > 0,05$).

Os teores de proteína afetaram significativamente ($P < 0,05$) a porcentagem de lipídios musculares para os peixes alimentados com as diferentes dietas, durante o período pós-prandial. Foi observado a média de menor valor ($2,39 \pm 0,89$) em dietas de maior teor de proteína (Tabela 7).

Tabela 5 – Análises de variância dos resultados médios de composição corporal de juvenis de tambaquis alimentados com dietas extrusadas contendo níveis de proteína e energia digestíveis (valores expressos em % de matéria natural).

		E1	E2	E3	E4	Média	P- valor E	P- valor P	P-valor E x P	C.V (%)
EB (Kcal/Kg)										
	P1	2065,82±39,60	2172,14±41,84	2254,37±51,99	2406,05±193,74	2224,6				
	P2	2042,34±97,02	2124,38±86,97	2190,00±129,34	2280,67±149,51	2159,34	<0,05	0,11	0,81	4,29
	Média	2054,08 c	2148,26 bc	2222,19 ab	2343,36 a					
PB (%)										
	P1	15,74±0,77	16,69±1,23	15,89±0,36	15,82±0,68	14,4				
	P2	16,57±0,06	16,67±0,24	15,93±1,05	15,63±0,26	13,2	0,31	0,14	0,25	2,15
	Média	16,42	16,40	16,15	15,72					
MM (%)										
	P1	13,88±2,21	15,08±2,13	16,07±1,14	12,61±1,72	14,4				
	P2	14,73±2,26	13,12±1,91	12,60±1,02	12,38±2,24	13,2	0,31	0,14	0,25	13,67
	Média	14,30	14,10	14,33	12,49					
EE (%)										
	P1	34,87±0,79	35,17±1,23	38,07±2,95	38,88±2,47	36,75 A				
	P2	32,18±3,22	32,21±3,16	34,84±3,02	35,81±2,97	33,76 B	<0,05	<0,05	0,99	7,46
	Média	33,52 b	33,69 b	36,46 a	37,35 a					
UM (%)										
	P1	64,58±0,98	63,38±0,74	62,87±0,49	61,27±1,21	63,02 B				
	P2	65,50±1,40	64,45±0,43	64,63±1,15	63,54±1,39	64,53 A	<0,05	<0,05	0,65	1,63
	Média	65,04 a	63,92 ab	63,75 ab	62,40 b					

Proteína digestível (P1=25 e P2=28%); Níveis de energia digestível (E1=2611, E2=2727, E3=2847 e E4=2954 Kcal/Kg)

UM=umidade; MM=matéria mineral; PB=proteína bruta; EB=energia bruta; EE=extrato etéreo

Médias seguidas de mesma letra (maiúscula para proteína e minúscula para energia) não diferem estatisticamente entre si (Tukey P>0,05).

CV: Coeficiente de variação. Média ± Desvio Padrão

Tabela 6 – Análises de variância e médias dos índices hepatossomático e gorduro-víscerosomático de juvenis de tambaquis alimentados com dietas extrusadas contendo níveis de proteína e energia digestíveis.

Variáveis		E1	E2	E3	E4	Média	P-valor E	P-valor P	P-valor E x P	C.V (%)
IHS (%)										
	P1	1,38±0,14 Aa	1,4±0,12 Aa	1,33±0,01 Ba	1,28±0,09 Aa	1,36	0,10	0,07	<0,05	7,52
	P2	1,43±0,17 Aab	1,3±0,08 Ab	1,62±0,11 Aa	1,38±0,28 Aa	1,46				
	Média	1,4	1,35	1,55	1,33					
IGVS (%)										
	P1	2,39±0,15 Ab	2,98±0,51 Ab	3,98±0,64 Aa	3,95±0,08 Aa	3,27	<0,05	<0,05	<0,05	6,12
	P2	2,34±0,11 Ab	3,28±0,10 Aa	3,25±0,35 Ba	3,29±0,84 Ba	2,03				
	Média	2,37	3,15	3,52	3,68					

Proteína digestível (P1=25 e P2=28%); Níveis de energia digestível (E1=2611, E2=2727, E3=2847 e E4=2954 Kcal/Kg)

IHS: Índice hepatossomático; IGVS: Índice gorduro-víscerosomático. CV: Coeficiente de variação. Média ± Desvio Padrão.

Médias seguidas de mesma letra (maiúscula para proteína e minúscula para energia) não diferem estatisticamente entre si (Tukey P>0,05).

Tabela 7 – Análise de variância e médias dos índices fisiológicos de juvenis de tambaqui alimentados com dietas extrusadas contendo níveis de proteína e energia digestíveis em fase inicial de crescimento.

Variáveis		E1	E2	E3	E4	Média	P-valor E	P-valor P	P-valor E x P	C.V (%)
Glicose (mg/dL)	P1	48,34±0,48	58,38±14,86	58,57±2,36	54,98±8,34	53,24	0,92	0,77	0,11	11,03
	P2	55,56±4,19	54,11±7,36	49,76±9,15	50,63±3,17	52,53				
	Média	51,95	52,49	54,16	52,81					
Triglicérides (mg/dL)	P1	211,40±63,60	256,90±39,22	209,69±50,10	219,50±23,72	205,8	0,36	0,40	0,62	22,37
	P2	157,28±11,13	173,26±54,66	221,57±50,25	203,31±43,13	189,8				
	Média	184,30	174,60	215,60	211,40					
Lipídio Hepático (%)	P1	5,69±1,15	6,15±1,36	5,48±0,68	5,56±0,74	5,72	0,21	0,90	0,60	19,15
	P2	6,37±0,72	6,66±1,49	5,41±0,69	4,66±1,50	5,78				
	Média	6,03	6,41	5,44	5,11					
Lipídio Muscular (%)	P1	2,81±0,80	3,46±0,80	4,10±0,82	4,00±0,68	3,6 A	0,10	<0,05	0,59	23,22
	P2	2,53±0,94	2,39±0,89	2,74±0,50	3,45±0,06	2,78 B				
	Média	2,67	2,93	3,42	3,72					
Glicogênio Hepático (%)	P1	9,39±3,07	8,99±1,96	8,96±3,74	10,69±0,93	9,51	0,67	0,38	0,92	25,10
	P2	7,69±2,81	8,92±1,54	8,57±1,41	9,45±1,11	8,66				
	Média	8,54	8,96	8,77	10,07					

Proteína digestível (P1=25 e P2=28%); Níveis de energia digestível (E1=2611, E2=2727, E3=2847 e E4=2954 Kcal/Kg)

Médias seguidas de mesma letra (maiúscula para proteína e minúscula para energia) não diferem estatisticamente entre si (Tukey P>0,05).

CV: Coeficiente de variação. Média ± Desvio Padrão.

4. Discussão

4.1. Desempenho e eficiência nutricional

A relação energia:proteína da dieta, pode variar de acordo com as condições ambientais, tamanho dos peixes, constituintes da dieta e hábito alimentar da espécie em questão, uma vez que peixes carnívoros aproveitam mais eficientemente a energia proveniente de gorduras, enquanto que peixes herbívoros são mais eficientes no aproveitamento de carboidratos (CHO & KAUSHIK, 1990).

Todas as dietas avaliadas foram aceitas pelos peixes. Embora não tenha ocorrido variação significativa para a maioria das variáveis de desempenho, verificou-se que a conversão alimentar, ganho em peso e taxa de crescimento diário apresentaram médias excelentes. Navarro et al. (2007) não observaram diferenças significativas nas médias de conversão alimentar aparente de *Leporinus macrocephalus* alimentados com dietas isoproteicas (28% de proteína bruta) contendo diferentes níveis de energia digestível. Oishi et al. (2010) também não relataram diferenças na conversão alimentar quando juvenis de tambaqui foram alimentados com dietas contendo níveis crescentes de proteína (25% a 40% de proteína bruta). Entretanto, estudo de exigências em proteína e energia com cachara apresentou diferenças estatísticas para os resultados de conversão alimentar, em que o melhor valor médio foi de 1,04 com os níveis correspondentes de 3600 kcal kg⁻¹ de ED e 48% de PD (SILVA, 2013). Sá & Fracalossi (2002) avaliaram a relação energia:proteína para alevinos de *Brycon orbignyanus*, observaram que os peixes alimentados com a dieta contendo 42% PB e 7,1 kcal EM/g PB foram incapazes de converter o alimento recebido em ganho em peso de forma mais eficiente do que aqueles que receberam a dieta com 29% PB e 10,4 kcal EM/g PB, mostrando que provavelmente, a parcela de PB excedente foi empregada para produção de energia, explicando a menor CA.

O aumento nos níveis energéticos para melhorar o aproveitamento das dietas com 25% de PD, embora não tenha apresentado efeito significativo, demonstrou que a média de ganho de peso satisfatória também foi obtida no menor nível energético (2611 kcal kg⁻¹), o que pode ser explicado, em parte, pelo fato de que os peixes também tem o consumo de alimento limitado pelo teor de energia da dieta (LOVELL, 1995). Os valores médios de ganho de peso diário (Tabela 3), que variaram de 3,81

g dia⁻¹ a 4,46 g dia⁻¹, foram semelhantes aos obtidos por Arbeláez-rojas et al. (2002). Estes autores observaram ganho em peso de 4,5 g dia⁻¹ para a mesma espécie, em sistema semi-intensivo e alimentado com rações comerciais contendo 30% de proteína bruta. Fernandes et al. (2010), também observaram médias de ganho em peso de 4,19 g dia⁻¹ a 4,86 g dia⁻¹ com rações comerciais de 28% de PB em sistema semi-intensivo, na fase final de engorda. De outra forma, valores inferiores ao presente estudo, foram observados por Guimarães & Storti Filho (2004), através da alimentação do *Colossoma macropomum* com produtos agrícolas e florestais como suplemento, quando obteve-se 2,69 g de ganho médio de peso dia⁻¹.

No presente estudo, como as médias de consumo apresentaram efeito da interação dos níveis de ED X PD das dietas, observa-se que ocorreu a maior média com a maior relação ED:PD, indicando tendência de maior consumo pela necessidade de compensar a fração proteica das dietas de P1. Este resultado inesperado também foi encontrado para juvenis de *Scophthalmus maximus* (CHO et al., 2005), *Puntius gonionotus* (MOHANTA et al., 2009) e juvenis de *Pseudoplatystoma reticulatum* (CUNHA, 2013). Estes resultados estão de acordo com a teoria de que, dentro de determinados limites, os peixes podem satisfazer suas exigências em proteína pela variação do consumo (WINFREE & STICKNEY, 1984).

O crescimento pode sofrer uma influência endógena, representada pela herança e ação de hormônios, e a exógena, que é representada por um complexo de fatores ambientais, em que a quantidade e qualidade dos alimentos são os fatores mais importantes (ROYCE, 1972). No presente estudo, o desempenho avaliado pela TCE variaram entre 2,54 e 2,68 % por dia, que são consideradas ótimas quando comparados com as médias obtidas em estudo com pacu, de 0,72 à 0,85% (ABIMORAD & CARNEIRO, 2007), e de outro trabalho com tambaqui, que apresentou médias variando de 0,80 a 0,90% (OISHI et al., 2010). Médias altas de TCE podem acontecer por causa das diferenças entre as dietas e espécies utilizadas, além do fato de que, com menor peso inicial, os peixes apresentam crescimento mais acelerado e requerem mais proteína para o crescimento que peixes maiores (WEBSTER & LIM, 2002). Diferença nas médias de TCE para peixes menores, com maior potencial de crescimento, em relação aos maiores, podem ser observados nos resultados do presente estudo (2,68%), com tambaquis de peso

médio inicial de 36g, comparado a média encontrada (2,74%) por Buzollo (2014) com tambaquis de peso médio inicial de 6,53 g.

Nesta fase inicial de crescimento, constatou-se que os peixes que receberam as dietas com menor teor de PD apresentaram maior taxa de eficiência proteica (TEP), resultando no melhor uso da fração proteica. Estes maiores valores da TEP podem estar associados à maior utilização de energia de fontes não-proteicas (alta relação ED:PB) nos níveis mais baixos de inclusão de proteína, com o maior uso da fração proteica da dieta para crescimento (ABIMORAD et al. 2007). Outros autores obtiveram a mesma observação com tilápia do Nilo de peso médio inicial de 4,4g (FURUYA et al., 2005); com tambaqui de 46g (OISHI et al., 2010); com pacu (*Piaractus mesopotamicus*) (BICUDO et al., 2010); e com tambaqui de 6,53g (BUZOLLO, 2014).

Níveis proteicos de uma dieta que proporcionem eficiência de retenção proteica otimizada e máximo ganho de peso indicam que taxas de crescimento satisfatórias podem ser alcançadas (BOMFIM et al., 2005). Ao considerar a importância do custo das dietas nos sistemas de produção de peixes, deve ser escolhida a dieta que proporcione retenção proteica otimizada (VAN DER MEER et al., 1995). As médias de eficiência de retenção de proteína bruta (ER_{PB}) apresentaram valores ótimos e significativamente maiores somente nos peixes que receberam as dietas com o maior nível de proteína digestível, independentemente do nível de energia digestível da ração; a relação ED:PD variou entre 9,40 e 10,01 kcal g⁻¹ e sem interação entre os dois fatores. Esse resultado está de acordo com o encontrado por VAN DER MEER (1996), que estudaram o efeito dos níveis de proteína da dieta sobre o crescimento do tambaqui em três grupos de tamanho e, observaram que, à medida que o nível de PB na dieta se elevou, houve aumento da proteína bruta corporal. Valores semelhantes ao presente estudo foram encontrados por Sá & Fracalossi (2002), ao determinar a exigência proteica e correspondente relação energia/proteína em dietas para alevinos de piracanjuba (8,38 g de peso inicial). Os autores relataram que a dieta contendo a melhor concentração de proteína bruta, resultou em maior ganho em peso dos alevinos de piracanjuba apresentou 29% PB e 10,4 kcal EM/g PB. Entretanto, a eficiência de retenção de energia bruta (ER_{EB}), que indica o quanto da energia bruta presente na dieta é

convertida em energia bruta corporal, não apresentou diferença significativa entre as dietas experimentais.

Quanto à variável proporção de proteína no ganho em peso as médias mostraram efeito para os níveis de energia e para a interação de ED x PD, onde as melhores médias ocorreram nos peixes alimentados com os três menores níveis de energia digestível (que não diferiram entre si) nas dietas com 28% de PD. De outra forma, Camargo (1995) verificou o aumento da porcentagem de proteína no ganho de peso em tambaqui, em função do aumento do nível da energia da dieta de 2.850 a 3.300 kcal.

As médias da proporção de lipídios no ganho em peso (EE_{GP}) diferiram significativamente para os níveis de energia e de proteína, e não apresentaram efeito significativo para a interação desses fatores estudados. Os maiores valores foram observados com o uso de dietas de menor valor de proteína e com o aumento do nível de energia das dietas. De acordo com Pezzato et al. (2000), o excesso de energia na ração pode causar excessivo depósito de lipídios na carcaça dos peixes. Artigos com resultados que estão de acordo com o do presente estudo foram apresentados por Camargo (1995) com tambaquis, por Zeitler et al. (1984) com carpas e por Navarro et al. (2007) com piaçu em fase pós-larval. Verificou-se que a dieta P2E1 proporcionou a menor média de EE_{GP} . Isso pode ser devido ao fato de a energia utilizada para deposição de proteína ter sido suficiente.

4.2. Índices de composição corporal

A eficiência da utilização de nutrientes é controversa devido à dinâmica de utilização de proteína e o metabolismo energético (BICUDO et al., 2012). Através da elevação do nível de ED, ocorreu influencia no teor de gordura e o teor de energia corporal, que aumentou de forma linear. Estes resultados corroboram com os relatos de Lee & Putnam (1973); Page & Andrews (1973); Garling & Wilson (1976); Parazo (1990); Fernandes et al. (2000); e Sá & Fracalossi (2002) de que dietas com maior energia:proteína resultam em maior concentração de lipídios e taxa de deposição de gordura indicando que os peixes alimentados com dietas contendo baixos níveis de proteína provavelmente destinam o excesso de energia para deposição de gordura. Entretanto, esses resultados vão de encontro as observações realizadas por Garling & Wilson (1976) de que, em uma mesma energia:proteína, mas com diferentes

níveis proteicos e energéticos, os peixes podem diferir em crescimento e composição corporal.

4.3. Metabolismo energético

Os indicadores bioquímicos são substâncias cuja determinação em amostras de tecidos ou fluidos de animais, permitem estabelecer o grau de adequação metabólica ou de homeostase em um processo bioquímico do organismo (WITTWER, 2000). Através da avaliação das variações dos intermediários metabólicos, é um meio possível para se conhecer as relações metabólicas entre os tecidos e sua correspondência com os nutrientes da dieta (MELO, 2004). As médias de lipídio muscular diferiram significativamente para os níveis de proteína, e não apresentaram efeito significativo para os níveis de energia e para a interação dos fatores estudados. A deposição de lipídio muscular dos peixes pode variar de 2% a mais de 20%, e em específico, pode ser encontrado teor de gordura nos músculos de tambaquis cultivados com variação de 2 a 6% (ARAÚJO-LIMA & GOULDING, 1998; JOBLING, 2001). As médias obtidas no presente estudo para a variável de lipídio muscular foram maiores para os peixes que receberam dietas com menor teor de proteína (25% PD). O presente estudo está de acordo com a teoria que geralmente rações com baixos teores de proteína apresentam maior energia digestível:proteína bruta, acarretando maior deposição de gordura (FEIDEN et al., 2009) e que os resultados confirmam que a composição lipídica dos peixes é reflexo direto da dieta ofertada (FURUYA et al., 2006).

Quando ocorre relação energia:proteína mais alta, pode ocorrer uma maior deposição de gordura (FEIDEN et al., 2009), além de aumentar os índices hepatossomático (IHS) e viscerossomático (IVS) (CYRINO et al., 2000). As médias para índice hepatossomático e o índice gorduro – viscerossomático do tambaqui foram influenciadas pela relação de ED:PD, indicando que houve sobrecarga de utilização do fígado e alterações nas reservas lipídicas na cavidade visceral. Trabalhos com diferentes espécies de peixes, também apresentaram aumento da porcentagem de gordura na carcaça, em razão do aumento do nível do energético da dieta (ZEITLER et al., 1984; PARAZO, 1990; e De SILVA & GUNASEKERA, 1991).

A gordura visceral é indicada como forma de quantificar o estoque energético (NEMATIPOUR et al., 1992; BIDINOTTO et al., 1997). No presente estudo, os menores Índices gorduro - viscerossomático encontrado nas dietas com 25% e 28% de proteína e 2611 Kcal/ kg⁻¹ de energia digestíveis, podem ser devido às características da formulação das dietas, com baixa energia que continham material inerte fibroso (celulose) em sua composição, que possui um alto poder de arraste de gorduras e sais biliares, e assim podendo prejudicar a absorção de gordura da ração (BOSCOLO et al., 2004). Conforme elevou-se o nível de energia digestível das dietas com os dois teores de proteína, os valores de IGVS (%) aumentaram. Segundo o estudo realizado por McGoogan e Gatlin III (1999), foram testadas cinco dietas isoproteicas (45% de PB) com os níveis de 3.610; 3.800; 3.990; 4.200 e 4.390 Kcal kg⁻¹ de ED, para juvenis de red drum (*Sciaenops ocellatus*), com peso inicial de 35g. Os autores concluíram que os níveis energéticos não proporcionaram diferenças significativas no ganho de peso e eficiência alimentar; entretanto ocorreu um aumento nos índices de gordura visceral conforme os níveis de energia aumentaram nas dietas.

O órgão que estoca grande quantidade de lipídio e glicogênio é o fígado (GERMAM & KOZLOVSKAYA, 2001). Estes são ingredientes energéticos utilizados para a manutenção da homeostasia (TAVARES-DIAS et al., 2000; RANZANI-PAIVA & TAVARES-DIAS, 2002), principalmente em condições adversas, consequentemente alterando o índice hepato-somático (SOUZA et al., 2013). Entretanto, existem variáveis, tais como a idade, a condição fisiológica do peixe e o próprio ambiente, que podem contribuir para a ocorrência de variações no tamanho do fígado desses animais (TAVARES-DIAS et al., 2000; TAVARES-DIAS e MATAQUEIRO, 2004). No presente estudo, o índice hepato-somático (IHS) apresentou a tendência de elevar-se nos tratamentos com maiores níveis de energia e teor de proteína (P2E3 e P2E4), que obtiveram as maiores médias (1,62±0,11 % e 1,38±0,28%, respectivamente) comparadas com os demais tratamentos. De maneira geral, os valores médios encontrados para o índice hepatossomático no presente estudo foram próximos aos encontrados por Ituassú et al., (2004) para tambaquis em confinamento sem restrição alimentar (1,6 ± 0,13), e superiores ao observado por Tavares-Dias et al. (2008) para exemplares de tambaquis coletados em ambiente natural (1,19 ± 0,25).

Em geral, a energia:proteína não deve ser a única referência no estabelecimento das exigências nutricionais, já que o aproveitamento da energia e da proteína contidos nas dietas é influenciado por inúmeras variáveis, como: fontes da proteína e da energia, espécie, idade, tamanho dos animais, condições ambientais, além do delineamento experimental utilizado (CHO & KAUSHIK, 1990; PEZZATO, 1997).

5. Conclusão

Considerando os efeitos dos diferentes níveis de proteína e energia digestíveis estudados, os peixes alimentados com a dieta P2E1 obtiveram as melhores médias de eficiência de retenção de proteína bruta, proporção de proteína no ganho em peso e extrato etéreo no ganho em peso. Portanto, recomenda-se para juvenis de tambaquis, dietas que contenham, 28% de proteína digestível e 2611 kcal de energia digestível kg^{-1} de ração, que tem uma relação de energia:proteína digestível de 9,40 kcal g^{-1} .

7. Referências

- ABIMORAD, E.G.; CARNEIRO, D.J. Digestibility and performance of pacu (*Piaractus mesopotamicus*) juveniles - fed diets containing different protein, lipid and carbohydrate levels. **Aquaculture Nutrition**, v. 13, p. 1-9, 2007.
- ABIMORAD, E.G.; CARNEIRO, D.J.; URBINATI, E.C. Growth and metabolism of pacu (*Piaractus mesopotamicus* Holmberg 1887) juveniles fed diets containing different protein, lipid and carbohydrate levels. **Aquaculture Research**, v. 38, p 36-44, 2007.
- ANDRADE, R.L.B.; WAGNER, R.L.; MAHI, I.; MARTINS, R.S. Custos de produção de tilápias (*Oreochromis niloticus*) em um modelo de propriedade da região oeste do Estado do Paraná, Brasil. **Ciencia. Rural**, v.35, p.198-203, 2005.
- AOAC – ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of the Association of Agriculture Chemists**. 17th ed., Arlington: AOAC, 2000.v.2.
- ARAÚJO-LIMA, C.; GOULDING, M. **Os frutos do tambaqui: ecologia, conservação e cultivo na Amazônia**. Brasília: MCT-CNPq, 1998. 186 p.
- ARBELÁEZ-ROJAS, G.A.; FRACALOSSO, D.M.; FIM, J.D.I. Composição corporal de tambaqui, *Colossoma macropomum*, e matrinxã, *Brycon cephalus*, em sistemas de cultivo intensivo, em igarapé, e semi-intensivo, em viveiros. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n.3, p. 1059-1069, 2002.
- ARIDE, P.H.R.; ROUBACH, R.; VAL, A.L. Water pH in Central Amazon and its importance for tambaqui culture. **World Aquaculture Magazine**, v.35, n. 2, p. 24 – 28, 2004.
- BICUDO, Á. J. D. A.; BORGHESI, R.; DAIRIKI, J. K.; SADO, R. Y.; CYRINO, J. E. P. Performance of juveniles of *Pseudoplatystoma fasciatum* fed graded levels of corn gluten meal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, n. 6, p. 838-845, 2012.

BICUDO, A.J.A.; SADO, R.Y.; CYRINO, J.E.P. Growth performance and body composition of pacu *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg 1887) in response to dietary protein and energy levels. **Aquaculture Nutrition**, v.16, p. 213-222, 2010.

BIDINOTTO, P. M.; MORAES, G.; SOUZA, RH de S. Hepatic glycogen and glucose in eight tropical freshwater teleost fish: a procedure for field determinations of micro samples. **Boletim técnico do Cepta**, v. 10, p. 53-60, 1997.

BLIGH, E.G.; DYER, W.J. Rapid method of total lipid extraction and purification. Canadian **Journal of Biochemistry and Physiology**, v.37, p.911-917, 1959.

BOMFIM, M.A.D.; LANNA, E.A.T.; SERAFINI, M.A.; RIBEIRO, F.B.; PENA, K.S. Proteína bruta e energia digestível em dietas para alevinos de curimatã (*Prochilodus affinis*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, n. 6, p. 1795-1806, 2005.

BOSCOLO, W. R.; HAYASHI, C.; MEURER, F.; FEIDEN, A.; WOLFF, L. Desempenho e características de carcaça de tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus* L.) alimentadas com rações contendo diferentes níveis de gordura. **Acta Scientiarum**, Animal Sciences, v. 26, n. 4, p. 443–447, 2004.

BOTARO, D.; FURUYA, W.M.; SILVA, L.C.R.; SANTOS, L.D.; SILVA, T.S.C.; SANTOS, V.G. Redução da proteína, com base no conceito de proteína ideal, para a Tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*), criada em tanques-rede. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, n.3, p. 517-525, 2007.

BOYD, C.E. **Water quality management for pond fish culture**. Elsevier Scientific Publishing, Oxford, 1982.

BUZOLLO, H. **Exigência de proteína digestível em dietas para juvenis de tambaqui e a dinâmica do crescimento muscular por aspectos morfológicos e**

turnover isotópico do carbono-13 e do nitrogênio-15. 2014. 123 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – UNESP, Jaboticabal. 2014.

CAMARGO, A.C.S. **Níveis de energia metabolizável para tambaqui (*Colossoma macropomum* Cuier, 1818) dos 30 aos 180 gramas de peso vivo.** 1995. Dissertação (Mestrado em Zootecnia)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1995.

CHO S.H.; LEE, S.M.; LEE, J.H. Effect of dietary protein and lipid levels on growth and body composition of juvenile turbot (*Scophthalmus maximus L*) reared under optimum salinity and temperature conditions. **Aquaculture Nutrition** v.11, p.235–240,2005 .

CHO, C. Y.; KAUSHIK, S. J. Nutritional energetic in fish. Energy and protein utilization in rainbow trout (*Salmo gairdneri*). **World Review Nutrition Diet**, v.61, p.132-172, 1990.

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

CUNHA, D.A. **Exigências energéticas em dietas para juvenis de cachara, *Pseudiplatystoma reticulatum*.** 2013. Dissertação (Mestrado em Aquicultura) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis-SC, 2013.

CYRINO, J. E. P.; PORTZ, L.; MARTINO, R. C. Retenção de proteína e energia em juvenis de “black bass” *Micropterus salmoides*. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 57, n. 4, p. 609-616, 2000.

DE SILVA, S.S.; GUNASEKERA, R.M. Interaction of varying dietary protein and lipid levels in young red tilapia: evidence of protein sparing. **Aquaculture**, v.95, p.305-18, 1991.

ELLIS, T.; NORTH, B.; SCOTT, A. P.; BROMAGE, N.R.; PORTER, M.; GADD, D. The relationships between stocking density and welfare in farmed rainbow trout. J. **Fish Biology**, v. 61, p. 493–531, 2002.

EMBRAPA AMAZÔNIA OCIDENTAL. **A importância de monitorar a qualidade de água na piscicultura**. In: Instruções técnicas. IT/5, dez 1999, p. 1-4. Disponível em: <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/668748/1/IT599.pdf>> Acesso em: Setembro de 2017.

FEIDEN, A.; SIGNOR, A.A.; BOSCOLO, W.R.; SIGNOR, A.; REIDEL, A. Exigência de proteína de alevinos de piavuçu. **Ciência Rural**, v. 39, n.3, p.859-865, 2009.

FERNANDES, J. B. K.; CARNEIRO, D. J.; SAKOMURA, N. K. Fontes e níveis de proteína bruta em dietas para alevinos de pacu (*Piaractus mesopotamicus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, n. 3, p. 646–653, 2000.

FERNANDES, T.R.C; DORIA, C.R.C; MENEZES J.T.B. Características de carcaça e parâmetros de desempenho do tambaqui (*Colossoma Macropomum*, CUVIER, 1818) em diferentes tempos de cultivo e alimentado com rações comerciais. **Bol. Inst. Pesca**, v. 36, n. 1, p. 45 – 52, 2010.

FURUYA W.M. et al. Composição centesimal e perfil de ácidos graxos do camarão-d'água-doce. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.4, p.1577-1580, 2006.

FURUYA, W.M.; BOTARO, D.; DE MACEDO, R.M.G.; DOS SANTOS, V.G.; SILVA, L.C.R.; SILVA, T.D.; FURUYA, V.R.B.; SALES, P.J.P. Ideal protein concept for dietary protein reduction of juvenile Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, p. 1433-1441, 2005.

GARLING, D.L.; WILSON, R.P. Optimum dietary protein to energy ratios for channel catfish fingerlings, *Ictalurus punctatus*. **Journal Nutrition**, v. 106, p. 1368–1375, 1976.

GERMAM, A.V.; KOZLOVSKAYA, V.I. Hepatosomatic index e the biochemical composition of the liver in *Abramis brama* in the Sheksna Stretch of the Rybinsk reservoir at different levels of toxicant accumulation. **Journal of Ichthyology**, v. 41, p. 160-163, 2001.

GOLTERMAN, H.L., CLYMO, R.S.; OHNSTAD, M.A.M. Methods for physical and chemical analysis of freshwaters. London:**Blackweel Sci. Publ.**, 1978. 214p.

GUIMARÃES, S.F.; STORTI-FILHO, A. Produtos agrícolas e florestais como alimento suplementar de tambaqui em policultivo com jaraqui. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n.3, p. 293-296, 2004.

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

ITUASSÚ, D.R.; SANTOS, G.R.S.; ROUBACH, R.; PEREIRA-FILHO, M., Desenvolvimento de tambaqui submetido a periodos de privação alimentar. **Pes. Agropec. Bras.** Brasília, v.39, n.12, p.1199-1203, 2004

JOBLING, M. Nutrient repartitioning and the influence of feed composition on body composition. In: HOULIHAN, D.; BOUJARD, T.; JOBLING, M. (Ed.). **Food Intake in Fish**. Oxford: Blackwell Publishing, 2001. cap. 15, p. 354-375.

KOCH, J.F.; ESPERANCINI, M.S.T.; BARROS, M.M. Avaliação econômica da alimentação de tilápias em tanques-rede com níveis de proteína e energia digestíveis. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 40, n. 4, p. 605–616, 2014.

KOROLEFF, F. Determination of nutrients. In: GRANSHOFFK (Ed). **Methods of seawater analysis**. Weinhein: Verlag Chemie, 1976. p. 117-181.

KUBITZA, F. 2003. **Qualidade da água no cultivo de peixes e camarões**. Jundiaí. SP: Jundiaí. 229 p.

LEE, D.J.; PUTNAM, G.B. The Response of Rainbow Trout to Varying Protein/Energy Ratios in a Test Diet. **The Journal of Nutrition**, v. 103, n. 6, p. 916–922, 1973.

LOVELL, R.T. Dietary nutrient allowances for fish. **Feedstuffs Reference Issue, Burlington Northern**, v.67, n.30, p.86-93. 1995.

LOVELL, R.T. Diet and Fish Husbandry, in: Halver, J.E., Hardy, R.W. (Eds.), **Fish Nutrition**. Academic Press, San Diego. 2002. p. 703–754.

MACKERETH, F.J.H., HERON, J. E TALLING, J.F. **Water analyses: Some revised methods for limnologists**. London: Scient Public., 1978. 121p.

MCGOOGAN, B. B.; GATLIN III, D. M. Dietary manipulations affecting growth and nitrogenous waste production of red drum, *Sciaenops ocellatus* L. Effects of dietary protein and energy levels. **Aquaculture**, v. 178, n. 3–4, p. 333–348, 1999.

MELO, J.F.B. **Digestão e metabolismo de jundiá (*Rhamdia quelen*) submetido a diferentes regimes alimentares**. 2004. 80 f. Tese. (Doutorado). Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2004.

MOHANTA, K.N.; MOHANTY, S.N.; JENA, J.; SAHU, N.P. A dietary energy level of 14.6 MJ kg⁻¹ and protein-to-energy ratio of 20.2 g MJ⁻¹ results in best growth performance and nutriente accretion in silver barb *Puntius gonionotus* fingerlings. **Aquaculture Nutrition**, v. 15, p. 627-637, 2009.

NAVARRO, R. D.; LANNA, E. A. T.; DONZELI, J. L.; MATTA, S. L. P.; SOUZA, M. A. Níveis de energia digestível da dieta sobre o desempenho de piauçu (*Leporinus macrocephalus*) em fase pós-larval. **Acta Scientiarum, Animal Science**, v.29, n.1, p.109-141, 2007.

NEMATIPOUR, G. R.; BROWN, MICHAEL L.; GATLIN, DELBERT M. Effects of dietary energy: protein ratio on growth characteristics and body composition of hybrid striped bass, *Morone chrysops*♀ x *M. saxatilis*♂. **Aquaculture**, v. 107, n. 4, p. 359-368, 1992.

NUNES, E.S.; CAVERO, B.A.; PEREIRA-FILHO, M.; ROUBACH, R. Enzimas digestivas exógenas na alimentação de juvenis de tambaqui. **Pesq. Agropec. Brasil.**, v.4, p.139-143, 2006.

OISHI, C.A.; NWANNA, L.C.; PEREIRA FILHO, M. Optimum dietary protein requirement for Amazonian Tambaqui, *Colossoma macropomum* Cuvier, 1818, fed fish meal free diets. **Acta Amazon**, v. 40, p. 757-762, 2010.

OLIVA-TELES,. Nutrition and health of aquaculture fish. **Journal Of Fish Diseases**, [s.l.], v. 35, n. 2, p.83-108, 2012.

PAGE, J. W.; ANDREWS, J. W. Interactions of Dietary Levels of Protein and Energy on Channel Catfish (*Ictalurus punctatus*). **The Journal of Nutrition**, v. 103, n. 9, p. 1339–1346, 1973.

PARAZO, M.M. Effect of dietary protein and energy level on growth, protein utilization and carcass composition of rabbitfish, *Siganus guttatus*. **Aquaculture**, v.86, p.41-9, 1990.

PERRY, S. F.; WALSH, P.J.; MOMMSEN, T.P.; MOON, T. W. Metabolic consequences of hypercapnia in the rainbow trout, *Salmo gairdneri*: /3-adrenergic effects. **Gen. comp. Endocr.**, v. 69, p. 439-447, 1988.

PEZZATO, L. E. O estabelecimento das exigências nutricionais das espécies de peixes cultivadas. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO E NUTRIÇÃO DE PEIXES, 3., 1997, Piracicaba, **Anais...** Piracicaba:USP, 1997. p.45-62.

PEZZATO, L.E. et al. Relación energía/proteína en la nutrición de alevinos de piauí (*Leporinus macrocephalus*). **Rev. Med. Vet. Zootec.**, v.1, p. 2-6, 2000.

PROENÇA, C.E.M.; BITTENCOURT, P.R.L. **Manual de piscicultura tropical**. Brasília: IBAMA, 1994. 195 p.

R Core Team. R: **A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2015. URL <https://www.R-project.org/>

RANZANI-PAIVA, M.J.T; TAVARES-DIAS, M. Eritograma, relação viscerossomática, hepatossomática e esplenossomática em tainhas *Mugil platanus* (Osteichthyes: Mugilidae) parasitadas. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 19, p. 807-818, 2002.

ROBINSON, E.H.; LI, M.H. Low protein diets for channel catfish *Ictalurus punctatus* raised in earthen ponds at high density. **Journal of the World Aquaculture Society**, v.28, p.224-229, 1997.

ROLIM, P. R. A infra-estrutura básica para criação de peixes no Amazonas, In: Val, L. A. (Eds). **Criando peixes na Amazônia**. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, Amazonas, 1995, p. 7-16.

ROYCE, W. F. **Introduction to the fishery science**. New York: Academic Press, 1972. 351 p.

SÁ, M.V.D.C.; FRACALOSSI, D.M. Exigência Protéica e Relação Energia/Proteína para Alevinos de Piracanjuba (*Brycon orbignyanus*). **Rev. Bras. Zootec.**, v. 31, p. 1-10, 2002

SAINT-PAUL, U. Diurnal routine O₂ consumption at different O₂ concentrations by *Colossoma macropomum* and *Colossoma brachypomum* (teleostei: Serrasalminae). **Com. Biochem. Physiol.** V. 89, p. 675-682, 1988.

SILVA, T.S.C. **Exigências em proteína e energia e avaliação de fontes proteicas alternativas na alimentação do cachara *Pseudoplatystoma fasciatum***. 2013. 101 f. Tese (Doutorado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba. 2013.

SOUZA, R.C.; MELO, J.F.B.; NOGUEIRA FILHO, R.M.; CAMPECHE, D.F.B.; FIGUEIREDO, R.A.C.R. Influencia da farinha de manga no crescimento e composição corporal da tilápia do Nilo. **Arch Zootec**, v. 62, p. 217-225, 2013.

TAVARES-DIAS, M.; MARCON, J.L.; LEMOS, J.R.G. Índices de condição corporal em juvenis de (Spix & Agassiz, 1829) e *Colossomoma macropomum* (CUVIER, 1818) na Amazônia, **Bol. Inst. Pesca**, São Paulo, v.34, n. 2, p. 197- 204, 2008.

TAVARES-DIAS, M.; MARTINS, M.L.; MORAES, F.R. Relação hepatossômática e esplenosômática em peixes teleósteos de cultivo intensivo. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 17, p. 273-281, 2000.

TAVARES-DIAS, M.; MATAQUEIRO, M.I. Características hematológicas, bioquímicas e biométricas de *Piaractus mesopotamicus* Holmberg, 1887 (Osteichthyes: Characidae) oriundos de cultivo intensivo. **Acta Scientiarum**, v. 26, p. 157-162, 2004.

TEIXEIRA, E. A.; EULER, A. C. C.; FARIA, P. M. C.; Performance and nutrient utilization in South American juvenile catfish *Pseudoplatystoma spp.* weighting 89 - 170g, fed at different energy and protein levels. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 65, n. 5, p. 1500–1508, 2013.

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.

VAL, A.L.; ALMEIDA-FAL, V.M.F. **Fishes of the Amazon and their enviroment: physiological and biochemical aspect**. Springer-Verlag. Berlim, Germany. 1995. 245p.

VAN DER MEER, M.B. **Feeds and feeding strategies for Colossoma macropomum (Cuvier, 1818)**. Wageningen: University of Wageningen. 1996. 137p.

VAN DER MEER, M.B.; MACHIELS, M.A.M.; VERDEGEM, M.C.J. The effect of dietary protein level on growth, protein utilization and body composition of *Colossoma macropomum* (Cuvier). **Aquaculture Research**, v.26, p.901-909, 1995.

WEBSTER C.D.; LIM, C. Introduction to Fish Nutrition. In: Carl D. Webster, Chhorn Lim, (Eds). **Nutrient requirements and Feeding of Finfish for Aquaculture**. New York: CABI Publishing, 2002. p. 1-27.

WILSON, R.P. Amino acids and proteins. In: HALVER, John Emil. **Fish nutrition**. Washington: Academic Press, 1989. Cap. 3, p. 111-151.

WINFREE, R.A.; STICKNEY, R.R. Started diets for channel catfish: effects of dietary protein on growth and carcass composition. **The Progressive Fish-Culturist**, v.46, n.2, p.79-86, 1984.

WITTWER, F. Marcadores bioquímicos no controle de problemas metabólicos nutricionais em gado de leite. In: GONZÁLEZ, F.H.D.; BARCELLOS, J.O; OSPINA, H.; RIBEIRO, L.A.O. (Eds). **Perfil Metabólico em ruminantes: seu uso em nutrição e doenças nutricionais**. Porto Alegre, Brasil, Gráfica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2000.

WURTS, W.A; DURBOROW, R.M. Interactions of pH , Carbon Dioxide , Alkalinity and Hardness in Fish Ponds. South. **Reg. Aquac**. 1992. p. 1–4.

ZEITLER, M.H. Effect of different protein and energy supplies on carcass composition of carp (*Cyprinus carpio* L.). **Aquaculture**, v. 36, p. 37-48, 1984.

CAPÍTULO IV . Considerações Finais

O trabalho procurou utilizar, em toda a sua extensão, a nutrição do tambaqui como unidade de análise, sempre atento ao fato da relação do ser vivo e o ambiente em que se encontra. Tal fato conduziu que se adotasse uma abordagem interdisciplinar, fornecendo a perspectiva de unificação da piscicultura, limnologia, fisiologia e nutrição.

Devido à importância do tambaqui para o cenário na aquicultura brasileira, fazem-se necessários estudos de determinação dos coeficientes de digestibilidade, e ainda, a fração protéica e energética que supra as necessidades da espécie em cada fase de desenvolvimento. Os resultados deste estudo contribuem para agregar conhecimentos sobre eficiência nutricional e desempenho produtivo de tambaquis na fase inicial de crescimento, quando utilizados diferentes níveis de proteína e energia digestíveis em dietas que contenham ingredientes de diferentes origens. Adicionalmente, este estudo contribui para a compreensão dos ajustes metabólicos de mobilização e deposição de substratos energéticos, envolvendo mudanças correlativas na massa e composição dos tecidos corpóreos, na atividade de proteínas reguladoras do fluxo de substratos energéticos e na taxa metabólica.

Portanto, o tambaqui, como esperado para uma espécie onívora, possui boa aceitação de alimentos tanto de origem vegetal quanto animal. E dietas que contenham no mínimo 28% de proteína digestível e 2611 kcal de energia digestível kg^{-1} de ração apresentam a melhor relação de energia:proteína.

Anexos

Anexo 1 – CEUA Comissão de ética no uso de animais



CEUA – COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS

CERTIFICADO

Certificamos que o projeto intitulado “**Exigência de energia digestível para o crescimento inicial do tambaqui (*Colossoma macropomum*)**”, protocolo nº 12.030/16, sob a responsabilidade do Prof. Dr. Dalton José Carneiro, que envolve a produção, manutenção e/ou utilização de animais pertencentes ao Filo Chordata, subfilo Vertebrata (exceto o homem), para fins de pesquisa científica (ou ensino) - encontra-se de acordo com os preceitos da lei nº 11.794, de 08 de outubro de 2008, no decreto 6.899, de 15 de junho de 2009, e com as normas editadas pelo Conselho Nacional de Controle da Experimentação Animal (CONCEA), e foi aprovado pela COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS (CEUA), da FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS, UNESP - CÂMPUS DE JABOTICABAL-SP, em reunião ordinária de 18 de agosto de 2016.

Vigência do Projeto	01/10/2016 a 31/02/2017
Espécie / Linhagem	Tambaqui (<i>Colossoma macropomum</i>)
Nº de animais	680
Peso / Idade	360 com 100 gramas – 120 dias / 320 com 10 gramas
Sexo	Machos e fêmeas
Origem	Os peixes são provenientes do Caunesp.

Jaboticabal, 18 de agosto de 2016.


Prof.ª Dr.ª Lizandra Amoroso
Coordenadora – CEUA