



UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E AMBIENTAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL



**EXIGÊNCIA DE FÓSFORO PARA TAMBAQUI (*Colossoma
macropomum*) EM DIFERENTES FAIXAS DE PESO**

THALLES JOSÉ REGO DE SOUSA

CHAPADINHA-MA

2017



UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E AMBIENTAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL



THALLES JOSÉ REGO DE SOUSA

**EXIGÊNCIA DE FÓSFORO PARA TAMBAQUI (*Colossoma
macropomum*) EM DIFERENTES FAIXAS DE PESO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal da Universidade Federal do Maranhão, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciência Animal

Orientador: Prof. Dr. Marcos Antonio
Delmondes Bomfim

CHAPADINHA-MA

2017

Ficha gerada por meio do SIGAA/Biblioteca com dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Núcleo Integrado de Bibliotecas/UFMA

Sousa, Thalles José Rego de.

Exigência de fósforo para tambaqui (*Colossoma macropomum*) em diferentes faixas de peso / Thalles José Rego de Sousa. - 2017.

71 f.

Orientador(a): Marcos Antonio Delmondes Bomfim.

Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Ciência Animal (25.06)/CCAA, Universidade Federal do Maranhão, Chapadinha, 2017.

1. Desempenho. 2. Exigência nutricional. 3. Minerais.

THALLES JOSÉ REGO DE SOUSA

**EXIGÊNCIA DE FÓSFORO PARA TAMBAQUI (*Colossoma
macropomum*) EM DIFERENTES FAIXAS DE PESO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal da Universidade Federal do Maranhão, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciência Animal

Dissertação defendida e aprovada em: ____/ ____ / 2017

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Marcos Antonio Delmondes Bomfim

Doutor em Zootecnia
Universidade Federal do Maranhão (UFMA)

Prof. Dr. Miguel Arcanjo Moreira Filho

Doutor em Ciência Animal
Universidade Federal do Piauí (UFPI)

Prof.^a Dr.^a Sylvia Sanae Takishita

Doutora em Zootecnia

DEDICO

À Deus, fonte inesgotável de sabedoria,
Minha mãe, meus avós, meu orientador Marcos
Bomfim pela amizade e confiança.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela minha vida, por ter saúde e por possuir uma família maravilhosa que sempre está ao meu lado.

Ao programa de Pós-Graduação em Ciência Animal do Centro de Ciências Agrárias e Ambientais da Universidade Federal do Maranhão, pela realização da Pós-Graduação e ensinamentos aqui adquiridos.

Agradeço à Fundação de Amparo à Pesquisa e ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Maranhão – FAPEMA pela concessão da bolsa e apoio financeiro.

Agradeço ao meu orientador Marcos Antonio Delmondes Bomfim pela presteza e paciência a mim dedicados. Meus agradecimentos se estendem ao Prof. Felipe Barbosa Ribeiro e ao Prof. Jefferson Costa de Siqueira, pelo apoio à minha formação.

À minha querida Mãe, Dona Mocinha, por todo o amor e carinho, pelo apoio e por me fazer acreditar que nada é impossível, agradeço principalmente pelas orações diárias para que meus objetivos fossem alcançados. Aos meus irmãos, Carla Cristina e Nelson Filho e a todos os meus familiares, por estarem sempre me impulsionando a alcançar mais vitórias na minha vida.

À Erika Thays, minha namorada e ouvinte atenta às minhas dúvidas, inquietações, desanimos e sucessos, agradeço pelo apoio, pela confiança, pelo carinho, pela valorização sempre tão entusiasta do meu esforço, dando-me, desta forma, coragem para ultrapassar esta caminhada.

Aos meus queridos companheiros do mestrado: Lucas, Jessica, Karlyene, Lêdia, Raimunda, Romário; e amigos, Jefferson Vieira, Augusto (Foguinho), Erick Carlos, Whillian Diniz, por terem dividido comigo as dificuldades e o prazer da vida de mestrando. O meu especial agradecimento! Sem vocês essa trajetória não seria tão prazerosa.

A todos do grupo de nutrição e aqueles que se mantiveram presentes, pela amizade e fundamental ajuda: Rafael, Amós, Hadassa, Ruan, Dhulya Rodrigues, Neliane Galvão, Danielle, Adenias, Osmar, Miguel, e a todos aqueles que contribuíram para a realização deste projeto.

Não poderia esquecer é claro, aos funcionários dedicados da Pós-Graduação e aos professores pelos auxílios prestados.

A todos dedico meus sinceros agradecimentos.

LISTA DE TABELAS

	p.
Tabela 1.	Composição centesimal e química das rações experimentais (matéria natural)..... 27
Tabela 2.	Consumo de ração (CR), consumo de fósforo digestível (CFD), ganho de peso (GP), taxa de crescimento específico (TCE), conversão alimentar (CA), eficiência proteica para o ganho de peso (EPG), eficiência de fósforo digestível para o ganho de peso (EFDG) de alevinos de tambaqui e resumo da análise de variância, em função do nível de fósforo digestível da ração..... 31
Tabela 3.	Equações de regressão ajustadas, coeficientes de determinação e valores de exigência para as variáveis ganho de peso (GP), taxa de crescimento específico (TCE), conversão alimentar (CA), consumo de fósforo digestível (CFD), eficiência proteica para o ganho de peso (EPG) e eficiência do fósforo para ganho de peso (EFG) de alevinos de tambaquis em função dos níveis de fósforo digestível da ração..... 31
Tabela 4.	Deposições de proteína (DPC), gordura (DGC), fósforo (DFC), cinzas (DDC) corporais, de alevinos de tambaquis em função do nível de fósforo digestível da ração..... 33
Tabela 5.	Equações de regressão ajustadas, coeficientes de determinação e valores de exigência para as variáveis de deposições de proteína (DPC), gordura (DGC), fósforo (DFC), cinzas (DCC) corporais de alevinos de tambaquis em função do nível de fósforo digestível da ração..... 35
Tabela 6.	Composição centesimal e química das rações experimentais (matéria natural)..... 46
Tabela 7.	Consumo de ração (CR), consumo de fósforo digestível (CFD), ganho de peso (GP), taxa de crescimento específico (TCE), conversão alimentar (CA), eficiência proteica para o ganho de peso (EPG), eficiência de fósforo para o ganho de peso (EFG) de juvenis de tambaqui e resumo da análise de variância, em função do nível de fósforo digestível da ração..... 49
Tabela 8.	Equações de regressão ajustadas, valor de P, coeficientes de determinação e valores de exigência para as variáveis consumo de ração (CR), consumo de fósforo digestível (CFD), ganho de peso (GP), taxa de crescimento específico (TCE), conversão alimentar (CA), eficiência proteica para ganho de peso (EPG), e eficiência de fósforo para ganho de peso (EFG) de juvenis de tambaqui em função dos níveis de fósforo digestível da ração..... 50

Tabela 9.	Deposições de proteína (DPC), gordura (DGC) fósforo (DFC), e cinzas corporais (DCC), de juvenis de tambaqui função do nível de fósforo digestível da ração.....	52
Tabela 10.	Equações de regressão ajustadas, coeficientes de determinação e valores de exigência para as variáveis de deposições de proteína (DPC), gordura (DGC), fósforo (DFC), cinzas (DCC) corporais de juvenis de tambaquis em função do nível de fósforo digestível da ração.....	54

LISTA DE FIGURAS

		p.
Figura 1.	Representação gráfica do ganho de peso para alevinos de tambaqui em função do nível de fósforo total da ração.....	32
Figura 2.	Representação gráfica da deposição de fósforo corporal para alevinos de tambaqui em função do nível de fósforo digestível da ração.....	34
Figura 3.	Representação gráfica do ganho de peso para juvenis de tambaqui em função do nível de fósforo digestível da ração.....	51
Figura 4.	Representação gráfica da deposição de fósforo corporal de juvenis de tambaqui em função do nível de fósforo digestível da ração.....	53

SUMÁRIO

CAPITULO 1 - CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	3
1.INTRODUÇÃO.....	4
2. REVISÃO DE LITERATURA	6
2.1 Tambaqui.....	6
2.2 Minerais.....	7
2.3 Fósforo	8
2.4 Disponibilidade de fósforo na nutrição de peixes	9
2.5 Absorção de fósforo	11
2.6 Exigência dietética de fósforo para determinadas espécies.....	12
3. OBJETIVO GERAL.....	14
REFERÊNCIAS	15
CAPÍTULO 2 - EXIGÊNCIA DE FÓSFORO PARA ALEVINOS DE TAMBAQUI (<i>Colossoma macropomum</i>).....	21
INTRODUÇÃO	24
MATERIAL E MÉTODOS.....	26
RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
CONCLUSÃO	36
REFERÊNCIAS	37
CAPÍTULO 3 - EXIGÊNCIA DE FÓSFORO PARA JUVENIS DE TAMBAQUIS (<i>Colossoma macropomum</i>).....	41
INTRODUÇÃO	44
MATERIAL E MÉTODOS.....	45
RESULTADOS E DISCUSSÃO	49
CONCLUSÃO	56
REFERÊNCIAS	57
ANEXOS	

RESUMO

O fósforo é um dos minerais essenciais mais limitantes nos ingredientes de origem vegetal. Considerando a carência de informações a respeito da exigência de fósforo em rações nas diferentes fases de criação, objetivou-se determinar a exigência de fósforo em rações para alevinos e juvenis de tambaqui (*Colossoma macropomum*). Em ambas as fases, os tratamentos foram constituídos de seis rações experimentais isoproteicas, isoenergéticas e isocálcicas, com diferentes níveis de fósforo digestível (0,12; 0,33; 0,54; 0,75; 0,95; e 1,16%). Na primeira fase, foram utilizados 900 alevinos de tambaqui, com peso inicial de $0,51 \pm 0,06$ g. Na segunda fase, foram utilizados 300 peixes juvenis, com peso médio inicial de $26,4 \pm 0,68$ g. Adotou-se o delineamento inteiramente casualizado, com seis tratamentos (níveis de fósforo) e cinco repetições. Na primeira fase, houve efeito linear ($P < 0,05$) para o consumo de fósforo digestível e efeito quadrático ($P < 0,05$) para o ganho de peso e conversão alimentar com a elevação dos níveis de fósforo digestível, estimando em 0,64% e 0,70% a exigência de fósforo digestível. As deposições diárias de cinzas, fósforo corporal também foram influenciados de forma quadrática ($P < 0,05$) em função da elevação dos níveis de fósforo digestível da ração, aumentando a exigência nos níveis de 0,70%; 0,71% respectivamente. Na segunda fase, o consumo de ração aumentou de forma quadrática ($P < 0,05$), enquanto o consumo de fósforo digestível dos peixes aumentou de forma linear ($P < 0,05$) em função da elevação do nível de fósforo digestível na ração. Com a elevação do nível de fósforo digestível, o modelo Linear Response Plateau foi o que melhor se ajustou ($P < 0,05$) ao ganho de peso, estimando em 0,46% a exigência de fósforo digestível, já a conversão alimentar melhorou de forma quadrática ($P < 0,05$) com elevação do nível de fósforo digestível na ração. O modelo Linear Response Plateau foi o que melhor se ajustou aos dados de deposição diária de cinzas e fósforo corporal estimando em 0,33% e 0,46% a exigência de fósforo digestível, respectivamente. Entretanto a retenção de fósforo corporal reduziu de forma quadrática ($P < 0,05$) com o aumento dos níveis de fósforo digestível na ração. A recomendação dos níveis de fósforo digestível em rações para alevinos de tambaqui para otimizar o ganho de peso e a deposição de fósforo corporal é de 0,71%, o que corresponde ao nível estimado de 1,04% de fósforo total. A recomendação do nível de fósforo digestível em rações para juvenis de tambaqui para otimizar o ganho de peso e a deposição de fósforo corporal é de 0,46% o que corresponde ao nível estimado de 0,78% de fósforo total, respectivamente.

Palavras-chave: *Colossoma macropomum*. Exigência nutricional. Minerais.

ABSTRACT

Phosphorus is one of the most limiting essential minerals in plant ingredients. Considering the lack of information regarding the requirement of phosphorus in rations during the different stages of creation, the objective was to evaluate the requirement of phosphorus in rations for tambaqui (*Colossoma macropomum*) fingerlings and juveniles. In both phases, the treatments consisted of six isoproteic, isoenergetic and isocalcium diets with different digestible phosphorus levels (0,12; 0,33; 0,54; 0,75; 0,95; e 1,16%). In the first phase were used 900 fingerlings of tambaquis with initial weight of $0.51 \pm 0,06$ g, and in the second ere used 300 juveniles of tambaquis with initial weight of $26,4 \pm 0,68$ g. It was adopted a randomized design, with six treatments (phosphorus levels), five replicates per treatment. In the first phase, there was linear effect ($P < 0,05$) on the consumption of digestible phosphorus and quadratic effect ($P < 0,05$) on the weight gain and feed conversion in function the elevation of the digestible phosphorus levels in the diet, estimating the requirement of digestible phosphorus in 0.64% and 0.70%. The daily body deposition of ashes and phosphorus were also influenced in a quadratic ($P < 0,05$) manner as a function of the elevation of the levels of digestible phosphorus of the ration, estimating the requirement in 0.70%; 0.71% respectively. In the second phase the feed intake linearly ($P < 0,05$) increased and digestible phosphorus intake was affected in a quadratic model ($P < 0,05$) in function the increase of digestible phosphorus levels in the diet. The elevation of the levels of digestible phosphorus in the diet provided a quadratic effect ($P < 0,05$) on the weight gain and feed conversion, however, the Linear Response Plateau model was the one that best fit the first variable estimating the digestible phosphorus requirement by 0.46%. The body daily deposition of ash and phosphorus, and body phosphorus retention were also influenced in a quadratic manner. However, the Linear Response Plateau model was the best fit for the first two variables, estimating the phosphorus requirement in 0.33% and 0.45%, respectively. The recommendation of levels of digestible phosphorus in rations for tambaqui fingerlings to optimize weight gain and body phosphorus deposition is 0.71%, which corresponds to the estimated level of 1.04% of total phosphorus. The recommendation of the level of digestible phosphorus in rations for tambaqui juveniles to optimize weight gain and body phosphorus deposition is 0.45%, which corresponds to the estimated level of 0.77% total phosphorus.

Keywords: *Colossoma macropomum*. Minerals. Nutritional requirement.

CAPITULO 1

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

1. INTRODUÇÃO

A piscicultura no Brasil vem assumindo um papel importante na economia nacional, devido à contínua expansão, ocasionada principalmente em função da qualidade e disponibilidade de água e de insumos para elaboração de rações e de condições climáticas favoráveis (LOPES et al., 2010). Entretanto, a produção ainda é baixa, considerando as potencialidades que possui, em virtude da falta de incentivos governamentais e fatores culturais. Apesar disso, cresce o número de produtores em busca de informações sobre a atividade, reforçando a necessidade de pesquisas que abranjam desde técnicas de cultivo, como à alimentação e manejo (BOSCOLO et al., 2011; LIMA et al., 2015).

Uma das implicações proporcionadas pela expansão da piscicultura é a elevação significativa da geração de resíduos fecais e metabólicos oriundos do arraçamento em sistemas intensivos de criação. Dentre os componentes presentes nos resíduos, destacam-se o nitrogênio e o fósforo, os quais são os que mais contribuem no processo de eutrofização do meio aquático, causando impactos negativos ao meio ambiente (CAO et al., 2007; CYRINO et al., 2010).

Essa conjuntura demonstra a necessidade e importância da formulação de rações balanceadas que diminuam o impacto ambiental e atendam às exigências nutricionais dos peixes, buscando melhorar a produtividade aliada à redução na geração de resíduos poluidores ao meio, principalmente de nitrogênio e fósforo (PEZZATO et al., 2009, TANG et al., 2012).

O fósforo destaca-se entre os macrominerais como um dos mais importantes para nutrição animal, pois, além de participar na formação da estrutura óssea, é essencial para diversos processos bioquímicos, podendo até influenciar a absorção de outros nutrientes e gerar desequilíbrio biológico, quando em alta concentração no ambiente (BURKE et al., 2010; DONG et al., 2010).

A deficiência do mineral pode afetar o desempenho zootécnico de animais de produção, pois, além da redução na mineralização óssea, proporciona redução no desempenho (QUINTERO-PINTO et al., 2011). Entretanto quando se utiliza rações com níveis que atendem as exigências de fósforo, ocorre uma melhora no desempenho produtivo dos peixes. Em contrapartida, o desempenho pode ser afetado quando a inclusão de fósforo ocorre de forma excessiva, além de aumentar a excreção ocasionando a eutrofização do meio aquático (RIBEIRO et al., 2006; TANG et al., 2012).

O fósforo pode-se apresentar na maioria dos ingredientes utilizados em formulações de rações em diversas concentrações, formas e disponibilidade ou digestibilidade. Os

alimentos de origem vegetal possuem reduzido teor de fósforo quando comparados aos alimentos de origem animal. Além disso, grande parte do fósforo presente nos ingredientes vegetal encontra-se complexado a molécula de fitato e, dessa forma indisponível para os peixes, por não produzirem a enzima fitase. Nos subprodutos de origem animal o fósforo apresenta-se primariamente como cristais de hidroxiapatita presente nos ossos, que, em comparação aos fosfatos de rocha, podem apresentar menor digestibilidade (CAO et al., 2007; QUINTERO-PINTO et al., 2011; SANTOS, 2012).

Rações formuladas com ingredientes vegetais são suplementadas com fontes inorgânicas de fósforo para atender as exigências metabólicas do mineral pelos peixes. Essa estratégia incrementa o custo de produção além de possibilitar uma maior excreção do mineral ao meio ambiente (NRC, 2011; ARAÚJO et al., 2012).

A capacidade de aproveitamento do fósforo pelos peixes pode diferir em função de vários fatores como a fase de criação, a espécie do peixe, os diversos ingredientes orgânicos e as fontes inorgânicas (QUINTERO-PINTO et al., 2011). Diante do exposto, a determinação das exigências dietéticas de fósforo, por fase de criação, é necessária para a formulação de rações mais eficientes, constituindo-se como estratégia nutricional mais racional e adequada econômica e ambientalmente.

O tambaqui (*Colossoma macropomum*) é uma espécie nativa da Amazônia, que se destaca para exploração zootécnica devido à sua adaptação à produção intensiva, crescimento rápido, aceitação de ração industrial e de alto valor de sua carne (ARAÚJO-LIMA, 2005). Apesar de suas características produtivas e mercadológicas, ainda há carência de informações sobre suas exigências nutricionais de fósforo (OLIVEIRA et al. 2013), sendo escassa a literatura que engloba este tema nos periódicos especializados.

Considerando a carência de informações a respeito da exigência de fósforo digestível em rações para o tambaqui e que as exigências dietéticas deste mineral variam nas diferentes fases de criação, justifica-se a necessidade de determinar da exigência de fósforo digestível em diferentes faixas de peso para a espécie.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Tambaqui

Dentre as espécies nativas utilizadas na piscicultura, o tambaqui (*Colossoma macropomum*) tem se destacado como uma espécie de grande importância, pois possui enorme aceitabilidade pelos consumidores devido à qualidade e sabor da carne e por ser uma espécie que pode atingir, em cativeiro, tamanho comercial em um ano de cultivo (SANTOS et al., 2010; DAIRIKI E SILVA, 2011).

Originário do rio Amazonas e encontrado naturalmente nos rios Solimões, Madeira e Orinoco, o tambaqui é um caracídeo pertence à família Caracídea e subfamília Serrasalminae, de clima tropical, preferindo temperaturas entre 25 a 34°C e suportando baixos níveis de oxigênio dissolvido na água por mecanismos morfológicos, como a expansão do lábio inferior (SOUZA et al. 2014). Essa característica tem como função potencializar captação de água durante a respiração na superfície da água de modo a melhorar o fluxo hidrodinâmico da água que entra pela boca dos peixes em direção às câmaras branquiais (BRAUM & JUNK, 1982).

Segundo Braum e Junk (1982), a expansão labial é decorrente de um desequilíbrio na homeostase provocado pelo acúmulo de fluidos linfáticos nos espaços intercelulares dos tecidos da derme. Este edema pode ser percebido em questão de horas, com uma intensidade que varia de acordo com o tempo de exposição à hipóxia, por exemplo.

A espécie detém o título de segundo maior peixe de escama da América latina, perdendo somente para o Pirarucu (*Arapaima gigas*) e possui o hábito alimentar onívoro/frutívoro/zooplancetófago, o que lhe possibilita receber de ração comercial em sistemas de cultivo (KUBITZA, 2004;; LOOSE et al., 2014).

O trato digestório do tambaqui é composto por esôfago curto, estômago grande e distensível, cecos pilóricos, intestino longo e reto. O estômago possui características (tamanho e capacidade de se distender) que permitem que frutos ou sementes grandes possam ser ingeridos inteiros ou em grandes quantidades, quando triturados pelos dentes molariformes com margens afiadas que a espécie possui (SILVA et al., 2003; ROTTA, 2003). A secreção ácida do estômago possibilita a digestão da parede celular vegetal e do exoesqueleto de invertebrados que, por ventura, foram consumidos, além de permitir a digestão do fósforo (SUGIURA et al, 2006).

Ligado ao estômago encontram-se os cecos pilóricos, órgão onde predomina a atividade alcalina diferente do estômago. Acredita-se que esse órgão ajude na digestão de vegetais e absorção de alguns nutrientes (BEZERRA et al., 2000).

O intestino longo baseia-se em três partes distintas que são o intestino anterior, médio e posterior. O tamanho do intestino pode chegar a 5 vezes o comprimento do corpo do animal, sendo similar ao de muitas espécies herbívoras. Esse comprimento aumenta a superfície de contato com o bolo alimentar e melhora a absorção de nutrientes (SANTOS 2012).

O tambaqui foi introduzido no Nordeste brasileiro pelo Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS), de acordo com Silva et al, (1984). Em 2011, registrou-se uma produção de cerca de 111 mil toneladas, tornando-se assim, juntamente com a tilápia do Nilo, as espécies mais cultivadas no país. Já em 2015, estima-se que a produção nacional seja de 135,9 mil toneladas, sendo que só no Maranhão foram 10,383 mil toneladas (7,6% da produção nacional), tornando-se a espécie mais cultivada no estado (IBGE, 2015).

Apesar da expansão do cultivo e das características produtivas e mercadológicas, ainda há carência de informações sobre suas exigências nutricionais, em especial sobre a exigência de fósforo em rações para o tambaqui (DAIRIKI & SILVA, 2011; OLIVEIRA et al., 2013).

2.2 Minerais

Para o desenvolvimento e manutenção da vida animal, são necessários diversos compostos exigidos em grande quantidade, como por exemplo, o oxigênio, carbono, nitrogênio, entre outros. Além desses, os minerais também possuem grande importância na vida do animal. Dentre os minerais disponíveis na natureza existem aqueles que são exigidos em elevadas concentrações, como é caso do fósforo e cálcio (RIBEIRO et al., 2006).

Minerais são elementos inorgânicos essenciais utilizados pelos peixes para formação de tecidos e vários processos metabólicos. Elementos inorgânicos são utilizados para manter o balanço osmótico entre os fluidos do corpo e a água, além de serem componentes de hormônios, enzimas e ativadores enzimáticos (LALL, 2002).

A dieta é principal fonte de minerais para os peixes, porém os peixes também são capazes de absorver alguns minerais do ambiente aquático onde se encontram, como é o caso de minerais como o cálcio (Ca), magnésio (Mg), sódio (Na), potássio (K), ferro (Fe), zinco (Zn), cobre (Cu), cobalto (Co) e selênio (Se), podendo atender assim suas exigências nutricionais (LALL, 2002; NRC, 2011).

Já a absorção de outros minerais como o fósforo (P), cloro (Cl), enxofre (S), manganês (Mn) e iodo (I), ocorre principalmente das dietas, ou da alimentação natural do peixe, uma vez que a quantidade disponível na água não é suficiente para atender sua exigência e sua utilização é limitada (NRC, 2011).

O cálcio pode ser absorvido do ambiente aquático através do tecido branquial, além de poder ser absorvido através do intestino, quando sua dieta possui teores adequados de vitamina D3. Já O fósforo é absorvido pelos tecidos intestinais. Devido à baixa disponibilidade de fosfatos em alimentos de origem vegetal utilizadas na formulação de rações a balanço de cálcio/fósforo acaba por não ser atendida. Em relação ao balanço cálcio/fósforo, as dietas devem conter 3 a 5g de cada um destes minerais por kg. Segundo Paul et al. (2004) e Miranda et al. (2000), alevinos da tilápia do Nilo obtiveram ótimo desempenho com dietas contendo as relações 1:1 e 1:1,5 de cálcio e fósforo.

É importante levar em consideração a interação existente entre os minerais, já que muitos minerais possuem propriedades físicas e químicas semelhantes, com isso os minerais competem por sítios de ligação em moléculas transportadoras, assim o excesso de um prejudica a utilização do outro, prejudicando sua absorção e disponibilidade (NRC, 2011). E existem minerais que dependem de outros para serem disponibilizados, e ocorrendo a deficiência deste, acarretará na baixa funcionalidade do outro (FRACALOSSO; CYRINO, 2013).

2.3 Fósforo

Fundamental para o crescimento e reprodução de peixes, o fósforo é um macromineral que está amplamente distribuído por todas as células do organismo, com funções importantes em diversos processos metabólicos essenciais. Este mineral encontra-se presente nos ácidos nucleicos, fosfolipídios, enzimas e compostos glicólicos. Na fosforilação oxidativa, atua como moderador covalente, ou seja, participa da regulação de inúmeros processos metabólicos, sendo um dos principais ânions da estrutura cristalina dos ossos (LOVELL, 1988; ROY e LALL, 2003).

De acordo com o NRC (2011), a falta de apetite, redução na eficiência alimentar, maior acúmulo de gordura na carcaça e menor mineralização dos ossos, podem ser apontados como sinais de deficiência de fósforo. A deficiência do mineral pode prejudicar a digestibilidade de lipídeos, carboidratos e, conseqüentemente, de energia, interferindo diretamente no crescimento do animal.

Para suprir suas necessidades, o peixe pode aproveitar o fósforo tanto do ambiente aquático quanto do alimento, sendo que o último possui maior importância para suprir a exigência devido à baixa capacidade de aproveitamento do fósforo presente na água. Contudo, deve ser levado em consideração que parte do fósforo presente nos alimentos de origem vegetal encontra-se na forma de fitato, indisponibilizando parte desse mineral devido ao fato dos peixes não produzirem a enzima fitase (FURUYA et al, 2008; CYRINO et al., 2010; NRC, 2011).

Quando a exigência de fósforo não é provida pelo alimento, o peixe utiliza reservas armazenadas no sistema esquelético e em outros tecidos para supri-las. Dessa maneira, a exigência pode variar de acordo com idade do animal e até pelas características do sistema digestório de cada espécie (LALL, 2002; SUGIURA et al., 2004), pois segundo Steffens (1987), esse mineral é absorvido mais facilmente pelos peixes que possuem estômagos, em relação aos que não o possuem, sendo melhor digerido em pH ácido.

2.4 Disponibilidade de fósforo na nutrição de peixes

A exigência de alguns minerais pelos peixes pode ser suprida pela absorção de elementos inorgânicos oriundos de rações e do meio aquático, como é o caso do cálcio. Já no caso do fósforo isso ocorre de forma diferente, pois o mesmo encontra-se em níveis baixos tanto em água doce como em águas marinhas, dessa forma sua absorção no ambiente aquático é muito baixa. Diante disso, tem-se a necessidade de suplementar esse mineral nas rações para peixes, principalmente em criações intensivas, já que o alimento natural é insuficiente em suprir as exigências do mineral, além da baixa capacidade de absorção do fósforo pelas brânquias (CYRINO et al., 2010; NRC, 2011; BOMFIM, 2013).

O fósforo pode ser encontrado em diferentes formas e concentrações nos ingredientes utilizados na formulação de ração tais como: fosfato inorgânico, fósforo dos ossos e fosfatos orgânicos de origem animal e vegetal. A disponibilidade e a digestibilidade desse mineral também é diferente, dependendo do alimento (QUINTERO-PINTO, 2008; QUINTERO-PINTO et al., 2011; BOMFIM, 2013).

Em virtude das diferentes formas de aproveitamento do fósforo entre as variadas fontes orgânicas e inorgânicas, a formulação de rações com base na exigência de fósforo total pode resultar em níveis nutricionais deficitários ou excessivos. Nesse sentido, formular rações com base nas quantidades digestíveis de fósforo em função do estado fisiológico do animal e pelo uso de aditivos zootécnicos como enzimas ou acidificantes para aumentar a

disponibilidade desse mineral, ou seja, utilizar valores e a exigência com base no fósforo disponível é mais adequado tanto nutricionalmente quanto ambientalmente (NRC, 2011; ARAÚJO et al., 2012).

A disponibilidade do fósforo varia para as diferentes espécies de peixes, pois existem alguns fatores que prejudicam a sua disponibilidade, como é o caso da relação entre cálcio e fósforo, as interações com outros minerais, a fonte e processamento e principalmente a presença e relação fósforo fítico/fitase contida no alimento (LALL, 2002).

A quantidade e a disponibilidade de fósforo também podem variar de acordo com a fonte de alimento. Alimentos de origem animal possuem quantidades consideráveis de fósforo dispostos principalmente na forma inorgânica hidroxiapatita, que possuem uma menor disponibilidade em relação aos oriundos de fosfatos de rocha. Nos ingredientes de origem vegetal, a quantidade de fósforo é baixa e parte dele está ligada ao fitato. Como a produção endógena da enzima fitase é ausente em animais monogástricos, essa parcela ligada ao fitato torna-se praticamente indisponível para os peixes (BOSCOLO et al., 2005; CAO et al., 2007; QUINTERO –PINTO et al. 2011).

Diante disso, tem-se utilizado fósforo oriundo de fontes inorgânicas para o atendimento das exigências nutricionais dos peixes em rações formuladas com ingredientes de origem vegetal, o que acarreta em rações com preços elevados e uma maior quantidade de fósforo excretado ao meio ambiente (CYRINO et al., 2010; ARAÚJO et al., 2012).

As terminologias utilizadas para discriminar o fósforo disponível, fósforo digestível e fósforo não-fítico tem sido muita vezes utilizadas de forma errônea (CHUNG, 2002). Esses termos referem-se formas diferentes de fósforo que estão intimamente relacionados com os métodos utilizados para determinação (QUINTERO-PINTO, 2008).

A disponibilidade biológica de um nutriente é definida como a porcentagem ingerida capaz de ser absorvida pelo intestino e estar disponível tanto para o metabolismo quanto ao armazenamento em tecidos animais. O fósforo disponível (relativo à biodisponibilidade) é determinado em ensaios de regressão pela avaliação de parâmetros de desempenho, ósseos e sanguíneos, como fósforo sérico e atividade da fosfatase alcalina. Os resultados de disponibilidade de fósforo dos diversos alimentos ou fontes são obtidos em relação a uma fonte referência, cuja disponibilidade é atribuída em 100%. Neste sentido, os valores de fósforo disponível são relativos e comparativos, e, portanto, não são valores absolutos (QUINTERO-PINTO, 2008; BÜNZEN, 2009; ROSTAGNO et al., 2011).

O fósforo digestível é definido como aquela fração de fósforo que é absorvida pelo trato gastrointestinal, incluindo a fração não-fítica e parte do fósforo ligado à molécula de

fitato que por ventura foi hidrolisada pela atividade intrínseca da fitase (BÜNZEN, 2009; CHUNG, 2002; CAO et al., 2007).

Muitas pesquisas têm sido conduzidas tentando melhorar o aproveitamento do fósforo contido nos alimentos pelos peixes e reduzir a excreção ao meio. Dessa forma, são avaliadas as exigências do animal, a digestibilidade e disponibilidade do fosforo em diferentes ingredientes, além da avaliação dos efeitos da incorporação de aditivos na dieta, como a fitase exógena, para aumentar sua disponibilidade (SHEN et al., 2002).

2.5 Absorção de fósforo

A absorção do fósforo oriundo da dieta é dependente do grau de moagem do alimento, fator que pode influenciar na utilização e solubilidade do nutriente na região de contato com a membrana responsável por sua absorção. Além da fonte de fósforo na dieta, as características anatômicas das espécies influenciam na absorção do mineral. Em peixes que possuem estômago, a absorção de fósforo oriundo de fontes de baixa solubilidade é superior, em virtude do pH mais ácido, quando comparada a espécies que não possuem estômago (ARAÚJO et al., 2012; TANG et al., 2012; DIEMER, 2014).

No intestino delgado, a digestão do fósforo fica por conta das fosfatases intestinais que hidrolisam a forma orgânica. Assim, boa parte do fósforo que é absorvido encontra-se na forma inorgânica (DA SILVA e COZZOLINO, 2007).

O fósforo oriundo da alimentação é absorvido por trocas de formas não iônicas no trato digestório e por transporte na forma iônica do estômago até os músculos e tecidos estruturais (STEFFENS, 1987; DIEMER 2014).

A absorção do fósforo pode ocorrer por mecanismo de transporte ativo ou mecanismo de transporte passivo. No mecanismo de transporte ativo, o fósforo é absorvido no duodeno com o auxílio de um cotransportador, o íon sódio. Esse tipo de mecanismo pode ser afetado pela saturação nos transportadores. A presença do hormônio calcitrol, considerado a forma ativa da vitamina D3, aumenta a taxa de transporte ativo. O mecanismo de transporte passivo de fósforo ocorre no jejuno e no íleo. No mecanismo passivo a taxa de transporte do fósforo depende principalmente da sua concentração sérica e não se torna saturável enquanto existir um gradiente de concentração eletricamente favorável (QUINTERO-PINTO ET AL., 2011; BOMFIM, 2013; ROCHA, 2016).

Na truta-arco-íris, verificou-se que a absorção de fósforo inorgânico além de acontecer no intestino, pode ocorrer também nos cecos pilóricos. No intestino cerca de 90% da

absorção do fósforo ocorre por meio de um simporte com Na^+ -Pi, sendo mais ativo em pH alcalino, o que não é necessário nos cecos pilóricos, pois nessa parte do corpo do animal a absorção de fósforo se dá por difusão (BALDISSEROTTO, 2013).

2.6 Exigência dietética de fósforo para determinadas espécies

Vários trabalhos com o objetivo de determinar as exigências de fósforo para peixes foram realizados. Oliva-Teles & Pimentel-Rodrigues (2004) determinaram exigência de 0,65% do mineral para juvenis de “sea bass” (*Dicentrarchus labrax* L.), quando avaliaram dietas semipurificadas com base na proteína da caseína e com diferentes níveis de fósforo total (0,48%; 0,65%; 0,77%; 0,86%; 1,05%; e 1,25%). Além disso, os autores observaram que a excreção de fósforo aumentou de forma linear com o incremento deste às dietas.

Em dieta com nível de fósforo total de 0,28% sem a suplementação de uma fonte inorgânica de fósforo e outras seis dietas onde o fosfato de potássio monobásico (KH_2PO_4) foi acrescentado para obterem os níveis de 0,43%; 0,58%; 0,73%; 0,88%; 1,03% e 1,18% de fósforo, Borlongan & Satoh (2001) determinaram que o nível de 0,85% de fósforo digestível promoveu melhora no crescimento e mineralização óssea de juvenis de “milkfish”, (*Chanos chanos*).

Colosso et al. (2003), avaliaram diferentes níveis de fósforo disponível (0,24%; 0,59%; e 0,88%) para juvenis de truta arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*). Os autores observaram que para otimizar o crescimento e maximizar a retenção mineral nos peixes, o melhor teor de fósforo total na dieta foi de 0,88% ou 0,58% de fósforo disponível.

Em experimento avaliando dietas contendo diferentes níveis de fósforo disponível (0,15%; 0,21%; 0,30%; 0,42%; 0,60%; 0,85% e 1,20%) em três fases de criação de juvenis com pesos iniciais de 200 g, 300 g e 400 g, Lellis et al. (2004) determinaram exigência de fósforo disponível de 0,60% para peixes com peso inicial de 200 g, 0,30% para 300 g e 0,15% para peixes com aproximadamente 400 g de peso inicial. Vale ressaltar que em todas as fases os peixes foram abatidos com peso corporal de aproximadamente 550 g e que os autores destacam que é possível reduzir a quantidade de fósforo da dieta, com uma alimentação exclusiva para cada fase.

Ao trabalharem com tilápia do Nilo, Pezzato et al. (2006) observaram que o nível de 0,75% de fósforo disponível melhorou os resultados de desempenho produtivo e mineralização óssea de alevinos, quando testaram cinco dietas com níveis crescentes de fósforo disponível (0,25%; 0,50%; 0,75%; 1,00%; 1,25%) por meio de suplementação

inorgânica com fosfato bicálcico. Ribeiro et al. (2006) estimaram os melhores resultados de desempenho com 1,10% de fósforo total para alevinos de tilápia do Nilo, ao avaliarem seis níveis do mineral na dieta (0,55%; 0,73%; 0,94%; 1,14%; 1,37% e 1,59%).

Furuya et al. (2008) avaliaram diferentes níveis de fósforo disponível (0,25%; 0,35 %; 0,45% e 0,55 %) para tilápia do Nilo na faixa de peso entre 35g e 100g e determinaram a exigência de 0,48% (0,53% na matéria seca) do mineral para juvenis de tilápia do Nilo.

Em relação à exigência dietética de fósforo, pode se observar que existe uma variação de acordo com a espécie, o tamanho do peixe, a disponibilidade desse mineral nos ingredientes comumente utilizados e até mesmo na densidade nutricional do alimento (QUINTERO-PINTO et al., 2011; NRC, 2011). Há de se considerar que o fósforo é excretado quando é utilizado em níveis superiores aos das exigências nutricionais, o que acaba prejudicando a qualidade da água. Em níveis abaixo das exigências, o fósforo compromete o desempenho dos animais (DIEMER et al., 2011).

3. OBJETIVO GERAL

Determinar as exigências de fósforo digestível para tambaqui (*Colossoma macropomum*) em diferentes fases de criação.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, D.S.; FERNANDES, E.A.; FAGUNDES, N.S. Substituição do fosfato bicálcico pelo fosfato monoamônio em dietas de frangos de corte. **Revista Portuguesa Ciência Veterinária** v.111, p.173-176, 2012.
- ARAÚJO - LIMA, C.A.R.M., GOMES, L.C. (2005). Tambaqui (*Colossoma macropomum*). In: Baldisserotto, B. Gomes, L.C. (ed) Espécies nativas para piscicultura no Brasil. **1ª ed. Santa Maria. Ed. da UFSM.** p.468
- BALDISSERTTO, B. Digestão. In: BALDISSERTTO, B. **Fisiologia de peixes aplicada à piscicultura.** Santa Maria: Editora UFSM, 2002. Cap.2, p. 39-46.
- 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, 200.
- BOCK, C.L., PEZZATO, L.E.; CANTELMO, L.E.; BARROS, M.M. Fitase e digestibilidade aparente de nutrientes de rações por tilápias-do-nilo. **Revista Brasileira de Zootecnia** n. 35, v.6, p. 2197-2202, 2006.
- BOMFIM, M.A.D. Estratégias Nutricionais para Redução das Excreções de Nitrogênio e Fósforo nos Sistemas de Produção de Peixes no Nordeste: Sustentabilidade Ambiental e Aumento da Produtividade. **Revista Científica de Produção Animal**, v.15, p. 122-140, 2013.
- BORLONGAN, I.G.; SATOH, S. Dietary phosphorus requirement of juvenile milkfish, *Chanos chanos* (Forsskal). **Aquaculture Research**, v.32, p.26-32, 2001.
- BOSCOLO, W. R.; MEURER, F.; FEIDEN, A. et al. Farinha de vísceras de aves em rações para a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus* L.) durante a fase de reversão sexual. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.2, p.373-377, 2005.
- BOSCOLO, W. R.; SIGNOR, A.; FREITAS, J. M. A.; BITTENCOURT, F.; FEIDEN, A. Nutrição de peixes nativos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, p.145-154, 2011.
- BÜNZEN, S. Digestibilidade do fósforo de alimentos e exigência de fósforo digestível de aves e suínos. **Tese** (Doutorado em Zootecnia). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2009.
- BURKE, H.A.; SACOBIE, C.F.D.; LALL, S.P.; BENFEY, T.J. The effect of triploidy on juvenile Atlantic salmon (*Salmon salar*) response to varying levels of dietary phosphorus. **Aquaculture**, Amsterdam, v.306, p.295-301, 2010.
- BRANDÃO, L. V. et al. Suplementação de metionina e/ou lisina em rações para juvenis de tambaqui (*Colossoma macropomum* Cuvier, 1818). **ACTA Amazonica**, vol. 39(3), 675 – 680, 2009.

BRAUM, E.; JUNK, W.J. 1982. Morphological adaptation of two Amazonian Characoids (Pisces) for surviving in oxygen deficient waters. **Internationale Revue der Gesamten Hydrobiologie und Hydrographie**, 67 (6): 869-886.

CAO, L.; WANG, W.; YANG, C.; YANG, Y.; DIANA, J.; YAKUPITIYAGE, A.; LUOA, Z.; LI, D. Application of microbial phytase in fish feed. **Enzyme and Microbial Technology** v.40, p.497-507, 2007.

CHAVEZ-SANCHEZ, C.; MARTINEZ-PALACIOUS, C.A.; MARTINEZ-PEREZ, G.; ROSS, L.G. Phosphorus and calcium requirements in the diet of the American cichlid (*Cichlasoma urophthalmus*) (Gunther). **Aquaculture Nutrition**, v.6, p. 1-9, 2000.

COLOSO, R.M.; KING, K.; FLETCHER, J.W. et al. Phosphorus utilization in Rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed practical diets and its consequences on effluent phosphorus levels. **Aquaculture**, v.220, p.801-820, 2003.

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**, v.39, p.68-87, 2010 (suplemento especial).

DA SILVA, A.Y.H.; COZZOLINO, S.M.F. Fósforo. In: **Biodisponibilidade denutrientes**. 2ª Ed., Barueri, SP, 2007, p.447-458.

DAIRIKI, J. K.; SILVA, T. B. A. 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, 91).

DEBNATH, D. et al. Effect of dietary microbial phytase supplementation on growth and nutrient digestibility of *Pangasius pangasius* (Hamilton) fingerlings. **Aquacult. Res.**, **Oxford**, v. 36, p. 180-187, 2005a.

DIEMER, O.; BOSCOLO, W.R.; SIGNOR, A.A.; SARY, C.; NEU, D.H.; FEIDEN, A. Níveis de fósforo total na alimentação de juvenis de jundiá criados em tanques-rede. e-ISSN 1983-406. **Pesq. Agropec. Trop.**, Goiânia, v. 41, n. 4, p. 559-563, out./dez. 2011.

DONG, X.H.; GUO, Y.X.; YE, J.D.; SONG, W.D.; HUANG, X.H.; WANG, H. Apparent digestibility of selected feed ingredients in diets for juvenile hybrid tilapia, *Oreochromis niloticus* x *Oreochromis aureus*. **Aquaculture Research**, Oxford. v.41, p.1356-1364, 2010.

FURUYA, W. M., G. S. GONÇALVES, V. R. B. FURUYA, e C. HAYASHI. Fitase na alimentação da tilápia do nilo (*Oreochromis niloticus*). Desempenho e digestibilidade. **Rev. Bras. Zootec.** 30(3): 924-929, 2001.

FURUYA, W. M., K. M. FUJII, L. D. SANTOS, T. S. C. SILVA, L. C. R. SILVA, e P. J. P. SALES. Exigência de fósforo disponível para juvenis de tilápia-do-nilo. **Rev. Bras. Zootec.** 37(9): 1517-1522, 2008.

GONÇALVES, G.S.; PEZZATO, L.E.; PADILHA, P.M.; BARROS, M.M. Digestibilidade aparente de fósforo em alimentos vegetais e suplementação da enzima fitase para tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia** v.36, n.5, p.1473-1480, 2007.

IBGE. **Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA**. MPOG. Disponível em: < <http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/listabl.asp?c=3940&z=t&o=21>>. Acesso em: 13 de março de 2016.

KÖPRÜCU, K.; ÖZDEMİR, Y. Apparent digestibility of selected feed ingredients for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Aquaculture, Amsterdam**, v.250, p.308-316, 2005.

KUBITZA, F. Coletânea de informações aplicadas ao cultivo de tambaqui, do pacu e de outros peixes redondos. **Panorama da Aquicultura**, Rio de Janeiro, v.14, n.83, maio/jun. 2004.

LALL, S.P. The minerals. In: Fish Nutrition (Halver, J.E. & Hardy, R.W. eds), pp. 260–301. **Academic Press, San Diego**, CA, USA. 2002.

LAW, S.P. The minerals. In: Fish nutrition. HALVER, J.E.; HARDY, R.W., 3th ed. **Cademic Press**, Washington DC, p. 259-308, 2002.

LELLIS, W.A.; BARROWS, F.T.; HARDY, R.W. Effects of phase-feeding dietary phosphorus on survival, growth, and processing characteristics of rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. **Aquaculture**, v.242, p.607-616, 2004.

LIMA, C. S.; SILVEIRA, M. M.; TUESTA, G. M. R. Nutrição proteica para peixes. **Ciência Animal**, 25 (4): 27-34, 2015.

LOPES, J. M.; PASCOAL, L. A. F.; SILVA FILHO, F. P.; SANTOS, I. B.; WATANABE, P. H.; ARAÚJO, D. M.; PINTO, D. C.; OLIVEIRA, P. S. Farelo de babaçu em dietas para tambaqui. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.11, n.2, p. 519-526 abr/jun, 2010.

LOOSE, C. E. et al. Custos na criação de tambaqui (*Colossoma macropomum* Cuvier, 1818) nas propriedades participantes do Programa Peixe Forte em Cacoal (RO). **Anais... XXI Congresso Brasileiro de Custos – Natal, RN, Brasil**, 17 a 19 de novembro de 2014.

LOVELL, T. **Nutrition and feeding of fish**. New York, Van Nostrand Reinhold, 1988, 260p.

MAPA. Ministério da Pesca e Aquicultura. **Boletim da Pesca e Aquicultura**: Brasil 2012. Brasília, 2012. 129 p.

MARTINI, L.A. Cálcio e fósforo. Nutrição Humana. Rio de Janeiro, RJ, Guanabara koogan, 2006, v.1. p.219-236.

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

MIRANDA, E.C; PEZZATO, AC ; PEZZATO, L.E. et al. Disponibilidade aparente de fósforo em ingredientes pela Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Acta Scientiarum**, v.22, n.3, p.669-675, 2000.

McDOWELL, L.R. Minerals in animal and human nutrition. San Diego, California, **Academic Press Limited**, 1992. 524p.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. **Nutrient requirements of fish and shrimp**. Washington: National Academy of Science, 2011. 376p.

NELSON E COX, A.L.; NELSON, D.L., COX, M.M. **Princípios de bioquímica**. São Paulo, Sarvier, 2011, 839p.

NUNES, E.S.S.; CAVERO, B.A.S.; PEREIRA-FILHO, M.; ROUBACH, R. Enzimas digestivas exógenas na alimentação de juvenis de tambaqui. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, n.1, p.139-143, 2006.

OLIVA-TELES, A.; PIMENTEL-RODRIGUES, A. Phosphorus requirement of European sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.) juveniles. **Aquaculture Research**, v.35, p.636-642, 2004.

OLIVEIRA, A.C.B.; MIRANDA, E.; CORREA, R. Exigências nutricionais e alimentação do tambaqui. In: FRACALOSSO, D.M; CYRINO, J.E.P., eds. Nutrição e alimentação de espécies de interesse para a aquicultura brasileira. Florianópolis – SC: **Aquabio**, p.231-240, 2013.

PEZZATO, L.E., ROSA, M.J.S., BARROS, M.M. GUIMARÃES, I.G. Exigência em fósforo disponível para alevinos de tilápia do Nilo. **Ciência Rural** v.36, n.5. p.1600-1605, 2006.

PEZZATO, L.E.; BARROS, M.M.; FURUYA, W.M. Valor nutritivo dos alimentos utilizados na formulação de rações para peixes tropicais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, p.43-51, 2009 (suplemento especial).

PEZZATO, L.E.; ROSA, M.J.S.; BARROS, M.M. et al. Exigência em fósforo disponível para alevinos de Tilápia do Nilo. **Ciência Rural**, v.36, n.5, p.1600-1605, 2006.

PHROMKUNTHONG, W.; UDOM, U. Available phosphorus requirement of sex- reversed red tilapia fed all-plant diets. Songklanakarin **J. Sci. Technol.** v.30 n.1, p.7-16, 2008.

QUINTERO-PINTO, L.G. Exigências dietarias e disponibilidade de fontes de fósforo para tilápia do nilo em três fases de desenvolvimento. **Tese (doutorado)** - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2008.

QUINTERO-PINTO, L.G.; PARDO-GAMBOA, B.S.; QUINTERO-PARDO, A.M.C.; PEZZATO, L.E. Exigências e disponibilidade de fontes de fósforo para tilápias. **Vet. Zootec.** n.5, v.2, p.30-43, 2011.

RIBEIRO, F.B.; LANNA, E.A.T.; BOMFIM, M.A.D; DONZELE, J.L.; FREITAS, A.S.; SOUSA, M.P.; Quadros, M. Níveis de fósforo total em dietas para alevinos de tilápia-do-nilo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.4, p.1588-1593, 2006.

ROCHA, C.B.; POUHEY, J.L.O.F.; ENKE, D.B.S.; XAVIER, E.G.; ALMEIDA, D.B. Suplementação de fitase microbiana na dieta de alevinos de jundiá: efeito sobre o desempenho produtivo e as características de carcaça. 1772 Rocha et al. **Ciência Rural**, v.37, n.6, nov-dez, 2007.

RODEHUSTSCORD, M.; GREGUS, Z.; PFEFFER, E. Effect of phosphorus intake on faecal and non-faecal phosphorus excretion in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and the consequences for comparative phosphorus availability studies. **Aquaculture**, v. 188, p. 383-398, 2000.

RODRIGUES, A. P. O. Nutrição e alimentação do tambaqui (*Colossoma macropomum*). **Boletim Instituto de Pesca**, São Paulo, 40(1): 135 – 145, 2014.

ROTTA, M. A. Aspectos Gerais da Fisiologia e Estrutura do Sistema Digestivo dos Peixes Relacionados à Piscicultura. Corumbá: **Embrapa Pantanal**, 48 p. – Documentos / Embrapa Pantanal ISSN 1517-1973; 53, 2003.

ROY, P.K.; LALL, S.P. Dietary phosphorus requirement of juvenile haddock (*Melanogrammus aeglefinus* L.). **Aquaculture**, v. 221, p. 451-468, 2003.

SANTOS, J.G.A. Exigência em fósforo digestível para tambaqui (*Colossoma macropomum*). **Tese** (Doutorado). Universidade Federal de Goiás, Escola de Veterinária e Zootecnia, Goiânia, 2012.

SANTOS, L.; FILHO, M.P.; SOBREIRA, C. et al. Exigência Proteica de juvenis de tambaqui (*Colossoma macropomum*) após privação alimentar. **Acta Amazônica**, v.40, p.597-604, 2010.

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**, Manaus, v.33, n.4 p. 687-700, 2003.

SILVA, J.W.B.; NOBRE, M.I.S.; PINHEIRO, F.A.; CARNEIRO SOBRINHO, Resultado de um experimento de policultivo de tambaqui (*Colossoma Macropomun* Cuvier 1818), híbrido de tilápias (*Oreochromis hornorum* x *G. niloticus*) e carpa espelho, (*Cyprinus carpio*). **Specularis B. Téc.** Fortaleza, DENOCS, 42(1): 63-89, jan./jun. 1984.

SOUZA, R.C.; CAMPECHE, D.F.B.; CAMPOS, R.M.L.; FIGUEIREDO, R.A.C.R.; MELO, J.F.B. Frequência de alimentação para juvenis de tambaqui. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, v.66, n.3, p.927-932, 2014.

SUGIURA, S.H.; ROY, P.K.; FERRARIS, R.P. Dietary acidification enhances phosphorus digestibility but decreases H⁺/K⁺-ATPase expression in rainbow trout. **The Journal of Experimental Biology**, Udaipur, v.209, p3719-3728, 2006.

SHEN, Y.; FAN, M.Z.; AJAKAIYE, A. et al. Use of the regression analysis technique to determine the true phosphorus digestibility and the endogenous phosphorus output associated with corn in growing pigs. **Journal of Nutrition**, v.132, p.1199-1206. 2002.

STEFFENS, W. **Principios fundamentales de la alimentación de los peces**. Editora Acribia. Zaragoza, 1987, 272p.

TANG, Q.; WANG, C.; XIE, C.; JIN, J.; HUANG, Y. Dietary Available Phosphorus Affected Growth Performance, Body Composition, and Hepatic Antioxidant Property of Juvenile Yellow Catfish *Pelteobagrus fulvidraco*. **The Scien. World Journal**, 2012.

TREASURER, J.W; HANNAH, F.; COX, D. Impact of a phytoplankton bloom on mortalities and feeding response of farmed Atlantic salmon, *Salmo salar*, in west Scotland. **Aquaculture**, v.218, p.103-113, 2003.

UGIURA, S.H.; HARDY, R.W.; ROBERTS, R.J. The pathology of phosphorus deficiency in fish. A review. **J. Fish Dis.**, v. 27, p. 255-265, 2004.

CAPÍTULO 2

EXIGÊNCIA DE FÓSFORO PARA ALEVINOS DE TAMBAQUI (*Colossoma macropomum*)

Resumo – Objetivou-se determinar a exigência de fósforo digestível em rações para alevinos de tambaqui (*Colossoma macropomum*). Foram utilizados 900 peixes com peso médio inicial de $0,51 \pm 0,06$ g, em delineamento inteiramente casualizado, composto por seis tratamentos, cinco repetições por tratamento, e trinta peixes por parcela experimental. Os tratamentos foram constituídos de seis rações experimentais isoproteicas, isoenergéticas e isocálcicas, com diferentes níveis de fósforo digestível (0,12; 0,33; 0,54; 0,75; 0,95; e 1,16%). Os peixes foram mantidos em 30 caixas de polietileno com capacidade volumétrica de 500 litros, dotadas de sistema fechado de circulação de água, com sistema de abastecimento e aeração suplementar. Os peixes foram alimentados à vontade em seis refeições diárias, durante 63 dias. Avaliaram-se parâmetros de desempenho e eficiência alimentar, e taxas de deposição diária de proteína, gordura, cinzas e fósforo corporais. Não houve variação ($P > 0,05$) no consumo de ração, entretanto o consumo de fósforo digestível dos peixes aumentou ($P < 0,05$) de forma linear em função da elevação dos níveis de fósforo digestível da ração. A elevação dos níveis de fósforo digestível proporcionou efeito quadrático ($P < 0,05$) sobre o ganho de peso, a taxa de crescimento específico, conversão alimentar, eficiência proteica para o ganho e eficiência de fósforo para o ganho, estimando em 0,64%, 0,66%, 0,70%, e 0,70% a exigência de fósforo digestível, respectivamente. As deposições diárias de proteína, gordura, cinzas e fósforo foram influenciados de forma quadrática ($P < 0,05$) em função da elevação dos níveis de fósforo digestível da ração, estimando a exigência para essas variáveis até os níveis de 0,62%; 0,62%; 0,70%; 0,71%, respectivamente. A recomendação dos níveis de fósforo digestível em rações para alevinos de tambaqui, visando otimizar o ganho de peso e a deposição de fósforo corporal, é de 0,71%, o que corresponde ao nível estimado de 1,04% de fósforo total.

Palavras-chave: Exigência nutricional. Fase inicial. Minerais.

Abstract – The objective of this study was to determine the requirement of phosphorus in rations for tambaqui in the phase of 1 to 20 g. A total of 900 fish were used, with a mean initial weight of 0.51 ± 0.06 g, in a completely randomized design, consisting of six treatments, five replicates per treatment, and thirty fish per experimental plot. The treatments consisted of six isoprotein, isoenergetic and isocalcium diets, with different levels of digestible phosphorus (0.12; 0.33; 0.54; 0.75; 0.95; e 1.16%). The fish were kept in 30 polyethylene boxes with volume capacity of 500 liters in a closed water circulation system, with a supplementary supply and aeration system. The fish were fed at will in six meals a day for 63 days. Performance and food efficiency parameters, and rates of daily deposition of protein, fat and body phosphorus efficiency. There was no variation in feed intake, however the total phosphorus intake of the fish increased linearly ($P>0,05$) as a function of the elevation of total phosphorus levels of the feed. The elevation of the digestible phosphorus levels provided a quadratic effect ($P>0,05$) on the weight gain, the specific growth rate, feed conversion, protein efficiency, estimating in 0.64%, 0.66%, 0.70%, and 0.70% the requirement of digestible phosphorus, respectively. The daily deposition of protein, fat, ashes and body phosphorus were also influenced in a quadratic manner ($P>0,05$) as a function of the elevation of digestible phosphorus levels of the ration, estimating the requirements for these variables up to the levels of 0.62%; 0.62%; 0.70%; 0.71% respectively. The recommendation of levels of digestible phosphorus in rations for tambaqui fingerlings to optimize weight gain and body phosphorus deposition is 0.71%, which corresponds to the estimated level of 1.04% of total phosphorus.

Keywords: Initial phase, Nutritional requirement, Minerals.

INTRODUÇÃO

O fósforo é um dos minerais mais importantes na nutrição animal, requerido por todos os vertebrados para crescimento, reprodução, formação da estrutura óssea e participação no metabolismo de aminoácidos, carboidratos e gorduras (QUINTERO-PINTO et al., 2011; SANTOS, 2012). Apesar dos peixes conseguirem absorver vários minerais essenciais diretamente do meio aquático, a maior parte do fósforo necessária deve ser adquirida pelo alimento, pois a absorção diretamente da água é muito baixa, o que indica a necessidade de suplementação desse mineral na dieta (LALL, 2002; NRC, 2011; BOMFIM, 2013).

Quando os níveis de fósforo na dieta ficam abaixo da exigência nutricional, prejudicam o desempenho do animal, causando alterações nas vilosidades intestinais e na mineralização óssea, podendo reduzir a eficiência de utilização de aminoácidos para deposição de proteína corporal nos peixes e, consequentemente, aumentando a descarga de nitrogênio ao ambiente. Entretanto, quando a suplementação de fósforo na dieta proporciona o atendimento das exigências desse mineral, o peixe apresenta incremento na utilização proteica, na mineralização óssea e redução na deposição corporal de lipídeos (RIBEIRO et al., 2006; QUINTERO-PINTO et al., 2011; SANTOS, 2012).

Com a inclusão excessiva de teores de fósforo na ração, a eficiência de seu aproveitamento diminui consideravelmente, aumentando sua excreção ao meio ambiente e contribuindo para a eutrofização do ambiente aquático. Em função disso, há a necessidade de ajustar a concentração dietética do elemento para atender estritamente as exigências nutricionais (FURUYA et al., 2010; TANG et al., 2012).

Os ingredientes utilizados na formulação de rações apresentam fósforo em diferentes concentrações, formas e disponibilidade ou digestibilidade (QUINTERO-PINTO et al., 2011; SANTOS, 2012). Em ingredientes de origem vegetal, cerca de 50 a 80% do teor de fósforo está associado ao fitato, tornando essa parcela praticamente indisponível para os peixes pela ausência da produção endógena da enzima fitase (CAO et al., 2007).

O tabaqui é a espécie mais cultivada no estado do Maranhão, com uma produção em 2015 de 10,383 mil toneladas (7,6% da produção nacional), em virtude de suas características produtivas e mercadológicas (IBGE 2015). Contudo, ainda há carência de informações quanto às exigências nutricionais, conforme destacado em revisões recentes realizadas por Dairiki & Silva (2011) e Oliveira et al. (2013). Com relação às recomendações dietéticas dos níveis de fósforo em rações para o tabaqui, poucos trabalhos de pesquisa têm sido publicados nos periódicos especializados.

Considerando a carência de informações a respeito da exigência de fósforo em rações para tambaqui e que as exigências dietéticas do mineral variam nas diferentes fases de criação, objetivou-se determinar a exigência de fósforo digestível em rações para alevinos de tambaqui (*Colossoma macropomum*).

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido de acordo com as normas éticas de pesquisa com animais, após aprovado pelo Comitê de Ética no Uso Animal da Universidade Federal do Maranhão (Protocolo Nº: 23115008833/2014-31). A pesquisa foi realizada no Laboratório de Alimentação e Nutrição de Organismos Aquáticos do Centro de Ciências Agrárias e Ambientais da Universidade Federal do Maranhão (UFMA), em Chapadinha, Maranhão, com duração de 63 dias.

Foram utilizados 900 alevinos de tambaqui (*Colossoma macropomum*) com peso inicial de $0,51 \pm 0,06$ g, em delineamento inteiramente casualizado, composto por seis tratamentos, cinco repetições e trinta peixes por unidade experimental.

Os tratamentos foram constituídos de seis rações experimentais isoproteicas, isoenergéticas e isocálcicas, com diferentes níveis de fósforo digestível (0,12; 0,33; 0,54; 0,75; 0,95; 1,16%) (Tabela 1). Os níveis de fósforo digestível foram determinados com base nos coeficientes de digestibilidade do milho do farelo de soja e do fosfato bicálcico recomendados para tilapia do Nilo por Furuya et al. (2010). Os níveis de proteína bruta, as relações metionina mais cistina:lisina e treonina:lisina foram fixados com base nos valores recomendados por Lima (2013) e Souza (2014) para tambaqui, e por Takishita (2012) para tilápias, respectivamente. Para os demais níveis nutricionais, foram utilizados os valores recomendados para tilápias proposto pelo NRC (2011).

No período pré-experimental, constituído de uma semana, os peixes foram estocados nas instalações experimentais e alimentados com ração comercial para adaptação às condições do experimento.

No período experimental, os peixes foram mantidos em 30 caixas de polietileno (aquários) com capacidade volumétrica de 500 litros em sistema fechado de circulação de água, dotadas de sistema de abastecimento, aeração suplementar e drenagem individual. A água de abastecimento foi proveniente de poço artesiano e a limpeza das caixas foi realizada diariamente por sifonagem, sempre após o monitoramento da temperatura da água, o qual foi realizado diariamente às 7:30 e 17:30 horas, com o auxílio de um termômetro de bulbo de mercúrio, graduado de 0 a 50°C.

O controle do pH, do teor de oxigênio dissolvido e da amônia na água foram monitorados a cada sete dias, utilizando pHmetro, oxímetro e kit comercial para teste de amônia tóxica, respectivamente.

Os ingredientes das rações experimentais foram misturados, umedecidos em água aquecida a cerca de 50°C e peletizados utilizando-se de um moinho de carne. Em seguida, as rações foram secas, trituradas, peneiradas, ficando os pêletes de 3 a 4 mm de diâmetro.

As rações foram fornecidas seis vezes ao dia (08:00, 10:00, 12:00, 14:00, 16:00 e 18:00 h). Em cada horário de alimentação, as rações eram ofertadas em pequenas quantidades, com repasses sucessivos até a saciedade aparente, evitando dessa forma, sobras ou subfornecimento.

Tabela 1 – Composição centesimal e química das rações experimentais (matéria natural)

Ingredientes (%)	Nível de fósforo digestível (%)					
	0,12	0,33	0,54	0,75	0,95	1,16
Farelo de soja	66,082	66,082	66,082	66,082	66,082	66,082
Milho	19,645	19,645	19,645	19,645	19,645	19,645
Óleo de soja	6,460	6,460	6,460	6,460	6,460	6,460
Inerte	2,087	1,670	1,252	0,835	0,417	0,000
Lisina-HCl	0,111	0,111	0,111	0,111	0,111	0,111
DL-Metionina	0,266	0,266	0,266	0,266	0,266	0,266
L-Treonina	0,405	0,405	0,405	0,405	0,405	0,405
Calcáreo Calcítico	3,874	3,099	2,324	1,550	0,775	0,000
Fosfato Bicálcico	0,000	1,192	2,385	3,577	4,769	5,961
Premix Vitamínico e Mineral ¹	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500
Vitamina C ²	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050
Sal	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500
Antioxidante (BHT)	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020
Composição calculada ³						
Proteína Bruta (%)	32,00	32,00	32,00	32,00	32,00	32,00
Proteína Digestível (%) ⁴	29,34	29,34	29,34	29,34	29,34	29,34
Energia Digestível (kcal/kg) ⁴	3000,00	3000,00	3000,00	3000,00	3000,00	3000,00
Extrato Etéreo (%)	8,27	8,27	8,27	8,27	8,27	8,27
Fibra Bruta (%)	3,84	3,84	3,84	3,84	3,84	3,84
Ca Total (%)	1,62	1,62	1,62	1,62	1,62	1,62
P total (%)	0,42	0,64	0,86	1,08	1,30	1,52
P não-fítico (%)	0,16	0,38	0,60	0,82	1,04	1,26
P digestível (%) ⁵	0,12	0,33	0,54	0,75	0,95	1,16
Lisina Digestível (%) ⁴	1,700	1,700	1,700	1,700	1,700	1,700
Metionina + Cistina Digestível (%) ⁴	1,105	1,105	1,105	1,105	1,105	1,105
Treonina Digestível (%) ⁴	1,496	1,496	1,496	1,496	1,496	1,496
Triptofano Digestível (%) ⁴	0,405	0,405	0,405	0,405	0,405	0,405

¹ Suplemento vitamínico e mineral comercial (5 kg/t), com níveis de garantia por quilograma do produto: Vit. A, 1.200.000 UI; Vit. D₃, 200.000 UI; Vit. E, 1.200 mg; Vit. K₃, 2.400 mg; Vit. B₁, 4.800 mg; Vit. B₂, 4.800 mg; Vit. B₆, 4.800 mg; Vit. B₁₂, 4.800 mg; Vit. C, 48 g; ác. Fólico, 1.200 mg; pantotenato de Ca, 12.000 mg; Vit. C, 48.000 mg; biotina, 48 mg; cloreto de colina, 108 g; niacina, 24.000 mg; Fe, 50.000 mg; Cu, 3.000 mg; Mn, 20.000 mg; Zn, 30.000 mg; I, 100 mg; Co, 10 mg; Se, 100 mg.

² Vit. C: sal cálcica 2-monofosfato de ácido ascórbico, 42% de princípio ativo;

³ Com base nos valores propostos por Rostagno et al. (2011);

⁴ Com base nos coeficientes de digestibilidade do milho, farelo de soja e óleo de soja propostos por Vidal Júnior (2000) e para os aminoácidos sintéticos propostos por Rostagno et al. (2011);

⁵ Com base nos coeficientes de digestibilidade do milho, farelo de soja e fosfato bicálcico propostos para tilápia do Nilo por Furuya et al. (2010);

No início do experimento, 50 peixes foram insensibilizados, eutanasiados em água com gelo e congelados. No final do experimento, após jejum de 24 horas, foi realizada a despesca, e todos os peixes de cada caixa foram pesados, insensibilizados e eutanasiados. Logo em seguida avaliou-se a biometria final dos peixes e o consumo de ração por unidade experimental.

As amostras de peixes (inicial e final por parcela experimental) foram identificadas, secas em estufa com circulação forçada de ar, pré-desengorduradas, moídas em moinho de bola e acondicionadas em recipientes para posteriores análises laboratoriais. As carcaças e rações foram analisadas quanto a sua composição (teores de umidade, proteína, gordura, cinzas e fósforo) conforme procedimentos descritos por Detmann et al. (2012). As análises laboratoriais foram realizadas nos Laboratórios de Nutrição Animal da Universidade Federal do Maranhão – UFMA e de Nutrição Animal da Universidade Federal do PIAUÍ – UFPI.

Ao final do experimento, foram avaliados os seguintes índices de desempenho e eficiência alimentar: consumo de ração, consumo de fósforo digestível, ganho de peso, taxa de crescimento específico, conversão alimentar, eficiência proteica para o ganho de peso e eficiência de fósforo para o ganho de peso, calculados de acordo com as equações abaixo:

- Consumo de ração (g) = ração consumida durante o período experimental;
- Consumo de fósforo digestível (mg) = [consumo de ração (mg) x teor de fósforo digestível da ração(%)]/100;
- Ganho de peso (g) = peso médio final – peso médio inicial;
- Taxa de crescimento específico (%/dia) = [(logaritmo natural do peso final (g) – logaritmo natural do peso inicial (g)) x 100] / período experimental (dias);
- Conversão alimentar (g/g) = consumo de ração / ganho de peso;
- Eficiência proteica para o ganho de peso (g/g) = ganho de peso / consumo de proteína bruta;
- Eficiência de fósforo para o ganho de peso (g/g) = ganho de peso / consumo de fósforo digestível.

Complementarmente, foram calculadas as taxas de deposição diária de proteína, gordura, cinzas e fósforo corporais-conforme metodologias descritas por Bomfim et al. (2010) e Ribeiro et al. (2006), calculadas de acordo com as equações abaixo:

- Deposição de proteína corporal (mg/dia) = [(quantidade de proteína corporal final (mg)) – (quantidade de proteína corporal inicial (mg))] / (período de observação experimental);

- Deposição de gordura corporal (mg/dia) = [(quantidade de gordura corporal final (mg)) – (quantidade de gordura corporal inicial (mg))] / (período de observação experimental);
- Deposição de fósforo corporal (mg/dia) = [(quantidade de fósforo corporal final (mg)) – (quantidade de fósforo corporal inicial (mg))] / (período de observação experimental);
- Deposição de cinza corporal (mg/dia) = [(quantidade de cinza corporal final (mg)) – (quantidade de cinza corporal inicial (mg))] / (período de observação experimental);

As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do software SAS 9.0 (2002). Os dados foram submetidos à análise de variância ao nível de cinco por cento de probabilidade. Para as variáveis que apresentaram efeitos significativos dos níveis de fósforo digestível pela análise de variância, realizaram-se análises de regressão por meio de modelos linear e quadrático. Também foi avaliado o modelo descontínuo “Linear Response Plateau” (LRP). Para a escolha do modelo de melhor ajuste levou-se em consideração o valor de P (significância) e o R^2 (SQ do modelo/ SQ do tratamento).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Condições Ambientais

Notou-se que os parâmetros físico-químicos da água foram mantidos dentro dos padrões recomendados para a criação da espécie ao longo do período experimental, conforme preconizado por Gomes et al. (2010) e Mendonça et al. (2012). As temperaturas máximas e mínimas da água mantiveram-se em torno de $26,5 \pm 0,61$ °C e $24,8 \pm 0,70$ °C, respectivamente. A concentração de oxigênio dissolvido na água ficou em torno de $7,35 \pm 0,80$ ppm, pH $6,0 \pm 0,40$ e amônia total $\leq 1,00$ ppm.

Desempenho

Observou-se que o consumo de ração não variou ($P > 0,05$) em função dos tratamentos. Contudo, o consumo de fósforo digestível foi influenciado ($P < 0,01$) pelos tratamentos, aumentando de forma linear com a elevação dos níveis de fósforo digestível na ração (Tabela 2 e 3).

Resultado semelhante foi observado por Oliva-Teles & Pimentel-Rodrigues (2004) em estudos com sea bass europeu (*Dicentrarchus labrax*). Os autores também não observaram efeitos sobre o consumo de ração quando avaliaram dietas contendo 0,48; 0,65; 0,77; 0,86; 1,05 e 1,25% de fósforo total (base na MS). Já Pezzato et al. (2006), observaram aumento linear no consumo de ração em alevinos de tilapia em função da suplementação de fósforo na dieta. Furuya et al. (2008) verificaram efeito quadrático do consumo de ração em função da variação de quatro níveis de fósforo disponível (0,25; 0,35; 0,45 e 0,55%) em dietas para juvenis de tilapia do Nilo.

Considerando que o consumo de ração e, conseqüentemente, de energia e demais nutrientes da ração não variou ($P > 0,05$) entre os níveis avaliados, e que o consumo de fósforo digestível aumentou linearmente ($P < 0,01$) com a elevação dos teores desse mineral na ração, pode-se inferir que os efeitos significativos nas demais variáveis avaliadas, foram causados pela diferença no consumo de fósforo digestível.

Tabela 2 – Consumo de ração (CR), consumo de fósforo digestível (CFD), ganho de peso (GP), taxa de crescimento específico (TCE), conversão alimentar (CA), eficiência proteica para o ganho de peso (EPG), eficiência de fósforo digestível para o ganho de peso (EFDG) de alevinos de tambaqui e resumo da análise de variância, em função do nível de fósforo digestível da ração

Nível de fósforo digestível (%)	Variável						
	CR (g)	CFD (mg)	GP (g)	TCE (%/dia)	CA (g/g)	EPG (g/g)	EFG (g/g)
0,12	17,97	21,56	9,39	4,62	1,96	1,65	435,53
0,33	22,63	74,68	13,54	5,28	1,71	1,95	181,31
0,54	18,01	97,28	13,43	5,28	1,38	2,44	138,06
0,75	21,44	129,88	13,95	5,23	1,53	2,16	107,41
0,95	16,41	155,90	10,99	4,98	1,53	2,13	70,49
1,16	18,99	207,40	10,97	4,91	1,78	1,91	52,89
$P>F^1$	0,9999	0,0001	0,0098	0,0159	0,0390	0,0636	0,0001
$CV (%)^2$	29,08	27,35	23,28	8,72	26,02	28,79	19,75

1- $P>F$ - Significância do Teste “F” da análise de variância;

2 - CV – Coeficiente de variação

Para o ganho de peso e a taxa de crescimento específico o modelo que melhor se ajustou aos resultados em função da elevação dos níveis de fósforo digestível foi o quadrático ($P<0,01$ e $P<0,05$, respectivamente), aumentando essas variáveis até o nível estimado de 0,64% (Figura 1) e 0,66%, respectivamente (Tabela 2 e 3).

Tabela 3 – Equações de regressão ajustadas, coeficientes de determinação e valores de exigência para as variáveis ganho de peso (GP), taxa de crescimento específico (TCE), conversão alimentar (CA), consumo de fósforo digestível (CFD), eficiência proteica para o ganho de peso (EPG) e eficiência do fósforo para ganho de peso (EFG) de alevinos de tambaquis em função dos níveis de fósforo digestível da ração

Variável	Modelo	Equação	$P>F$	R^2	Exigência (%)
CFD (mg)	Linear	$CFD = 8,03079 + 165,85Fos$	0,0001	0,98	-----
GP (g)	Quadrático	$GP = 8,1974 + 17,131 Fos - 13,291 Fos^2$	0,0048	0,72	0,64
GP (g)	LRP	$GP = 12,5432 - 17,4956(0,5741Fos)$	0,0087	0,48	0,57
CA (g/g)	Quadrático	$CA = 2,2093 - 2,1941 Fos + 1,5754 Fos^2$	0,0310	0,90	0,70
TCE (%/dia)	Quadrático	$TCE = 4,4605 + 2,5269 Fos - 1,9195 Fos^2$	0,0320	0,75	0,66
TCE (%/dia)	LRP	$TCE = 5,1328 - 3,276 (0,5778Fos)$	0,0058	0,52	0,58
EPG (g/g)	Quadrático	$EPG = 1,3543 + 2,6857 Fos - 1,9302 Fos^2$	0,0489	0,82	0,70
EFG (g/g)	Quadrático	$EFG = 829,46 - 1200,9 Fos + 462,42 Fos^2$	0,0001	0,92	-----

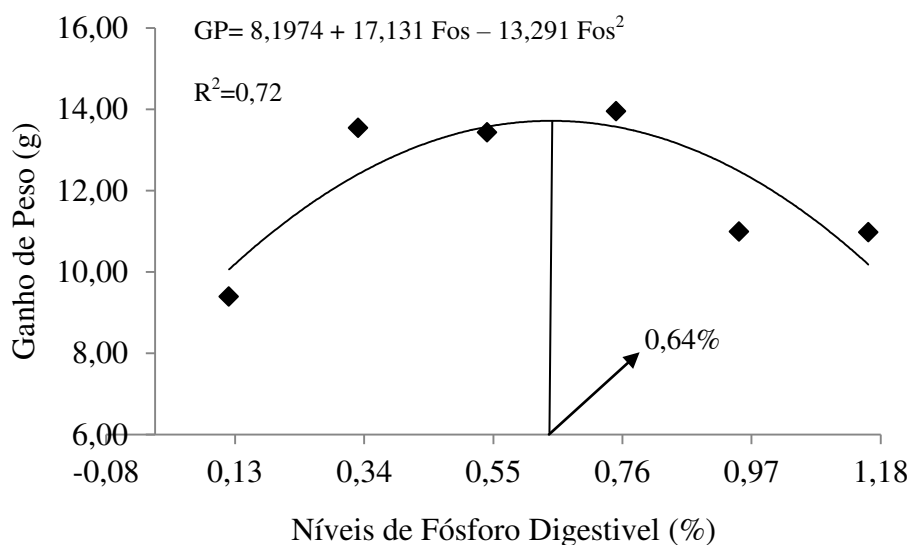


Figura 1. Representação gráfica do ganho de peso para alevinos de tambaqui em função do nível de fósforo total da ração.

Os resultados diferem dos observados nos estudos realizados por Miranda et al. (2000) e Ribeiro (2005), que não verificaram variação significativa no ganho de peso de alevinos de tilápia do Nilo, quando avaliaram níveis de fósforo digestível e total, respectivamente.

Efeitos similares ao observado neste estudo para o ganho de peso foi relatado por Pezzato et al. (2006), ao avaliarem cinco dietas com níveis crescentes de fósforo disponível (0,25%; 0,50%; 0,75%; 1,00%; 1,25%) para alevinos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). Resultado semelhante também foi observado por Furuya et al. (2008), quando avaliaram o efeito de diferentes níveis de fósforo disponível (0,25; 0,35; 0,45 e 0,55%) para a mesma espécie.

Esse aumento no ganho de peso até o nível estimado de 0,64% de fósforo pode estar relacionado à maior disponibilidade deste mineral que ocorreu pelo aumento no consumo de fósforo digestível. A maior disponibilidade mineral para as numerosas reações metabólicas importantes favorece o crescimento e desenvolvimento animal, uma vez que o peso corporal é diretamente influenciado pela alimentação fornecida para o animal.

A elevação dos níveis de fósforo digestível proporcionou efeito quadrático sobre a conversão alimentar ($P < 0,05$) e eficiência proteica para o ganho, melhorando essas variáveis até o nível estimado de 0,70% de fósforo digestível. Contudo, a eficiência de fósforo para o ganho de peso reduziu ($P < 0,05$) de forma quadrática em função da elevação dos teores desse mineral.

Furuya et al., (2008) observaram efeito semelhante sobre a conversão alimentar de tilápia do Nilo (35 a 100g) quando avaliaram diferentes níveis de fósforo disponível, encontrando o melhor resultado para esta variável no nível de 0,48% de fósforo disponível. No mesmo trabalho foi possível observar que a taxa de eficiência proteica teve efeito diferente ao observado nesse estudo, comportando-se de forma quadrática.

Como não houve variação no consumo de ração, e o consumo de fósforo digestível aumentou de forma linear, a melhora na conversão alimentar ocorreu em função do aumento do ganho de peso, indicando que o acréscimo de fósforo na dieta promoveu uma melhora no aproveitamento dos nutrientes, preferencialmente para deposição proteica uma vez que a deposição de tecido magro (proteína) é mais eficiente energeticamente que a deposição de gordura porque agrega maior quantidade de água (BUREAU et al., 2000; NOBLET et al., 2001).

Uma hipótese que pode justificar essa redução na eficiência de fósforo para o ganho de peso é que com o incremento de fósforo na ração, a eficiência de absorção desse mineral que estaria disponível pode estar sendo prejudicada, provavelmente pela inativação do mecanismo de transporte ativo, aumentando a perda fecal da parcela de fósforo potencialmente digestível (TANG et al., 2012).

Deposições Corporais

As deposições diárias de proteína, gordura, fósforo e cinzas corporais, foram influenciadas ($P < 0,05$; $P < 0,05$; $P < 0,01$, $P < 0,05$; respectivamente) de forma quadrática pela elevação dos níveis de fósforo digestível, elevando essas variáveis até os níveis estimados de 0,62%, 0,62%, 0,71% (Figura 2) e 0,70% respectivamente (Tabelas 4 e 5).

Tabela 4 - Deposições de proteína (DPC), gordura (DGC), fósforo (DFC) e cinzas (DDC) corporais de alevinos de tambaquis em função do nível de fósforo digestível da ração

Nível de fósforo digestível (%)	Variável			
	DPC (mg/dia)	DGC (mg/dia)	DFC (mg/dia)	DDC (%)
0,12	22,58	9,10	0,38	3,25
0,33	30,94	20,27	0,77	5,84
0,54	25,82	20,00	0,93	5,57
0,75	31,18	15,24	0,98	5,87
0,95	24,84	10,52	0,66	4,59
1,16	23,71	14,25	0,74	4,96
$P > F^1$	0,0653	0,0485	0,0013	0,0356
CV (%) ²	24,94	43,32	31,72	26,35

1- $P > F$ - Significância do Teste “F” da análise de variância;
2 - CV – Coeficiente de variação

A deposição diária de fósforo e cinzas melhorou à medida que o fósforo foi sendo adicionado nas dietas. O aumento dessas variáveis é explicado pelo fato do fósforo ser componente essencial na estrutura corporal do animal, é essencial para a formação da estrutura óssea (cerca de 37% da composição óssea corresponde ao cálcio e 16% ao fósforo). Além disso, está envolvido na formação de membranas celulares, fosfoproteínas, transferência de energia, regulação do equilíbrio ácido-básico, e em sistemas enzimáticos e hormonais envolvidos nos metabolismos de aminoácidos, carboidratos e gordura, corroborando à melhora nas taxas de deposição de proteína (BÜNZEN, 2009; QUINTERO-PINTO et al., 2011; SANTOS, 2012).

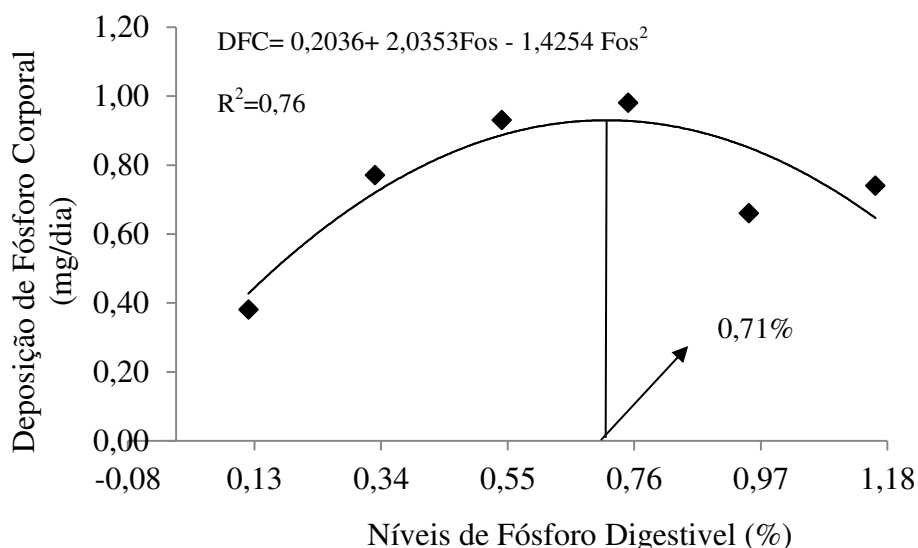


Figura 2. Representação gráfica da deposição de fósforo corporal para alevinos de tambaqui em função do nível de fósforo digestível da ração.

Foi observada uma redução na deposição diária de gordura, a partir da inclusão de 0,75% de fósforo digestível na ração. A redução na deposição de gordura corporal em peixes devido ao aumento no teor de fósforo da dieta também foram observados por Rocha et al. (2010), quando testaram níveis de fósforo total para peixe rei, por Mai et al. (2006) ao avaliarem as exigências de fósforo disponível para corvina amarela (*Pseudosciaena crocea*) e por Zhang et al. (2006) para o robalo japonês (*Lateolabrax japonicus*).

Uma hipótese para a redução na deposição de gordura corporal, que foi observada a partir da inclusão de 0,75% de fósforo digestível na ração, seria o favorecimento do metabolismo energético dos ácidos graxos (β -oxidação). Provavelmente, a maior disponibilidade deste mineral favoreceu este metabolismo, pois o fósforo é o principal constituinte da molécula de adenosina trifosfato (ATP) o qual possui papel importante na transferência de energia e na ativação de algumas enzimas reguladoras neste metabolismo.

Tabela 5– Equações de regressão ajustadas, coeficientes de determinação e valores de exigência para as variáveis de deposições de proteína (DPC), gordura (DGC), fósforo (DFC) e cinzas (DCC) corporais de alevinos de tambaquis em função do nível de fósforo digestível da ração

Variável	Modelo	Equação	P>F	R ²	Exigência (%)
DPC (mg/dia)	Quadrático	$DPC = 21,025 + 26,609Fos - 21,555Fos^2$	0,0024	0,49	0,62
DGC (mg/dia)	Quadrático	$DGC = -9,1469 + 28,04Fos - 22,774 Fos^2$	0,0396	0,34	0,62
DFC (mg/dia)	Quadrático	$DFC = 0,2036 + 2,0353Fos - 1,4254 Fos^2$	0,0114	0,76	0,71
DCC (mg/dia)	Quadrático	$TDC = 2,7902 + 8,6873Fos - 6,234Fos^2$	0,0289	0,62	0,70

O ganho de peso tem sido o principal critério para determinação da exigência de um determinado nutriente pelo método de dose resposta (NRC, 2011). Para determinar a exigência de fósforo, além do ganho de peso, outro parâmetro que pode ser utilizado é deposição de fósforo corporal (SAKOMURA & ROSTAGNO, 2007; ABIMORAD et al., 2010; NRC, 2011). Neste sentido, a recomendação dos níveis de fósforo digestível em rações para alevinos de tambaqui que otimiza o ganho de peso e a deposição de fósforo corporal é de 0,71%, o que corresponde ao nível estimado de 1,04% de fósforo total.

As exigências de fósforo para espécies de peixes encontrados na literatura apresentam resultados variados, sendo alguns inferiores ao determinado nesse estudo, como é o caso de Riedel et al. (2011) e Diemer et al. (2014), que recomendam 0,60% de fósforo total para alevinos de pacu, uma espécie onívora com características morfométricas e ecológicas similares ao tambaqui. Já Boscolo et al. (2005), recomenda 0,75% de fósforo total, por proporcionar melhores resultados no desempenho e na mineralização óssea de alevinos de tilapia do Nilo. Essa variação pode ser explicada pelo fato que espécies diferentes podem apresentar sistema digestório, fisiologia, e taxas de crescimento distintas (GONÇALVES et al., 2009; BOMFIM et al., 2010; TAKISHITA et al. 2009).

Níveis dietéticos semelhante aos obtidos neste estudo foram determinados para alevinos de tilápia do Nilo por Pezzato et al. (2006), em valores digestíveis, e por Ribeiro et al. (2006), em valores totais.

CONCLUSÃO

A recomendação do nível de fósforo digestível em rações para alevinos de tambaqui para otimizar o ganho de peso e a deposição de fósforo corporal é de 0,71%, o que corresponde ao nível estimado de 1,04% de fósforo total, respectivamente

REFERÊNCIAS

- ANDREWS, J.W.; DAVIS, J.W.; CAMPBELL, C. Effects of dietary calcium and phosphorus on growth, food conversion, bone ash and hematocrit levels of catfish. **Jounal Nutr. Philad.**, v. 103, p. 766-771, 1973.
- BOMFIM, M. A. D. Estratégias Nutricionais para Redução das Excreções de Nitrogênio e Fósforo nos Sistemas de Produção de Peixes no Nordeste: Sustentabilidade Ambiental e Aumento da Produtividade. **Revista Científica de Produção Animal**, v. 15, p. 122-140, 2013.
- BOMFIM, M.A.D.; LANNA, E.A.T.; DONZELLE, J.L.; QUADROS, M. RIBEIRO, F.B.; SOUSA, M.P. Níveis de lisina, com base no conceito de proteína ideal, em rações para alevinos de tilápia-do-nilo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.1, p.1-8, 2010.
- BORLONGAN, I.G.; SATOH, S. Dietary phosphorus requeriment of juvenile milkfish, *Chanos chanos* (Forsskal). **Aquaculture Research**, v.32, p.26-32, 2001.
- BUREAU, B.P.; AZEVEDO, P.A.; TAPIA-SALAZAR, M.; CUZON, G. Pattern and cost of growth and nutrient deposition in fish and shrimp: Potential implications and applications. In: Cruz -Suárez, L.E., Ricque-Marie, D., Tapia-Salazar, M., Olvera-Novoa, M.A. y Civera-Cerecedo, R., (Eds.). Avances en Nutrición Acuícola V. **Memorias del V Simposium Internacional de Nutrición Acuícola**. 19-22 Noviembre, 2000. Mérida, Yucatán, Mexico.
- CAO, L.; WANG, W.; YANG, C.; YANG, Y.; DIANA, J.; YAKUPITIYAGE, A.; LUOA, Z; LI, D. Application of microbial phytase in fish feed. **Enzyme and Microbial Technology** v.40, p.497–507, 2007.
- COLOSO, R.M.; KING, K.; FLETCHER, J.W. et al. Phosphorus utilization in Rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed practical diets and its consequences on effluente phosphorus levels. **Aquaculture**, v.220, p.801-820, 2003.
- DAIRIKI, J. K.; SILVA, T. B. A. **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, 91).
- EUCLYDES, R.F.; ROSTAGNO, H.S. Planejamento experimental em avicultura e interpretação de resultados. In: CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS, 2002, Campinas. **Anais...** Campinas: Fundação Apinco de Ciência e Tecnologia Avícolas, 2002. p.117-133.
- FRACALOSS, D. M.; CYRINO, J. E. P. Nutriaqua: nutrição e alimentação de espécies de interesse para a aquicultura brasileira. Florianópolis, **Sociedade Brasileira de Aquicultura e Biologia Aquática**, 2013, 375p.
- FURUYA, W. M.; PEZZATO, L. E.; BARROS, M. M.; BOSCOLO, W. R.; CYRINO, J. E. P.; FURUYA, V. R. B.; FEIDEN, A. **Tabelas brasileiras para nutrição de tilápias**. Toledo: GFM, 2010. 100p.

FURUYA, W.M.; FUJII, K.M.; SANTOS, L.D. et al., Exigência de fósforo disponível para tilápia-do-Nilo (35 a 100 g). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.6, p.961-966, 2008.

GOMES, L. C.; SIMÕES, L. N.; ARAÚJO-LIMA, C. A. R. M.; BALDISSEROTTO, B. In: Tambaqui (*Colossoma macropomum*), **Espécies nativas para piscicultura no Brasil**. 2ª. Ed. Editora UFSM, Santa Maria. 2010. p.175-204.

GONÇALVES, G. S.; Pezzato, L. E.; Barros, M. M. et al. Relação lisina digestível: proteína digestível em rações para tilápias-do-nilo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, vol.38 no.12 Viçosa Dec. 2009.

HELLAND, S.; REFSTIE, S.; ESPMARK, A. et al. Mineral balance and bone formation in fast-growing Atlantic salmon parr (*Salmo salar*) in response to dissolved metabolic carbon dioxide and restricted dietary phosphorus supply. **Aquaculture**, v.250, p.364- 376, 2005.

IBGE. **Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA. MPOG**. Disponível em: < <http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/listabl.asp?c=3940&z=t&o=21>>. Acesso em: 13 de setembro de 2016.

LALL, S.P. The minerals. In: Fish Nutrition (Halver, J.E. & Hardy, R.W. eds), pp. 260–301. **Academic Press, San Diego**, CA, USA. 2002.

LELLIS WA, Barrowsb FT, Hardyc RW. Effects of phase-feeding dietary phosphorus on survival, growth, and processing characteristics of rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. **Aquaculture**, 2004;242;607-616.

LIMA, C.S. **Proteína bruta em rações para alevinos de tambaqui e sua redução com suplementação de aminoácidos**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Maranhão, Chapadinha, 2013. 71p.

MAI, K.; ZHANG, C.; AI, Q.; DUAN, Q.; XU, W.; ZHANG, L.; LIUFU, Z.; TAN, B. Dietary phosphorus requirement of large yellow croaker, *Pseudosciaena crocea* R. **Aquaculture**, v.251, p.346-353, 2006.

MENDONÇA, P. P.; COSTA, P. C.; POLESE, M. F.; VIDAL JÚNIOR, M. V.; ANDRADE, D. R. Efeito da suplementação de fitase na alimentação de juvenis de tambaqui (*Colossoma macropomum*). **Archivos de Zootecnia**, v.61, n.235, p. 437-448. 2012.

MIRANDA, E.C.; PEZZATO, A.C.; PEZZATO, L.E. et al. Relação cálcio/fósforo disponível em rações para tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, n.6, p. 2162-2171, 2000.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. Nutrient requirements of fish and shrimp. Washington: **National Academy of Science**, 2011. 376p.

NOBLET, J. **Avaliação energética em suínos**. In: WORKSHOP LATINO-AMERICANO AJINOMOTO BIOLATINA DE NUTRIÇÃO DE AVES E SUÍNOS, 2001, Foz do Iguaçu-PR Anais... Foz do Iguaçu: 2001. p.2-17.

OLIVA-TELES, O.; PIMENTEL-RODRIGUES, A.M.P. Phosphorus requirements of European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) juveniles. **Aquaculture Research**, v.35, p. 636-642, 2004.

OLIVEIRA, A.C.B.; MIRANDA, E.; CORREA, R. Exigências nutricionais e alimentação do tambaqui. In: FRACALOSSO, D.M; CYRINO, J.E.P., eds. **Nutrição e alimentação de espécies de interesse para a aquicultura brasileira**. Florianópolis – SC: Aquabio, p.231-240, 2013.

PACK, M. Models used to estimate nutrient requirements with emphasis in economic aspects. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE AVES E SUÍNOS, 1996, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 1996. p.43-54.

PACK, M.; HOEHLER, D.; LEMME, A. Economic assessment of amino acid responses in growing poultry. In: D'MELLO, J.P.F. (Ed.) **Amino acids in animal nutrition**. Cambridge: CABI Publishing, 2003. P.459-483.

PEZZATO, L.E.; ROSA, M.J.S.; BARROS, M.M. et al. Exigência em fósforo disponível para alevinos de Tilápia do Nilo. **Ciência Rural**, v.36, n.5, p.1600-1605, 2006.

PIMENTEL-RODRIGUES, P.; OLIVA-TELES, O. Phosphorus requirements of ilthead sea bream (*Sparus aurata* L.) juveniles. **Aquaculture Research**, v. 32, p. 157- 161, 2001.

QUINTERO-PINTO, L.G.; PARDO-GAMBOA, B.S.; QUINTERO-PARDO, A.M.C.; PEZZATO, L.E. Exigências e disponibilidade de fontes de fósforo para tilápias. **Vet. Zootec.** n.5, v.2, p.30-43, 2011.

RIBEIRO, F.B.; LANNA, E.A.T.; BOMFIM, M.A.D; DONZELE, J.L.; FREITAS, A.S.; SOUSA, M.P.; Quadros, M. Níveis de fósforo total em dietas para alevinos de tilápia-do-nilo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.4, p.1588-1593, 2006.

ROCHA, C.B.; PORTELINHA, M. K.; FERNANDES, J. M. ; BRITTO, A. C. P. ; SANTOS, J. D. M. ; POUEY, Juvencio Luís Osório Fernandes . Exigência de fósforo disponível para alevinos de peixe-rei (*Odontheistes bonariensis*) em uma dieta prática. In: **XIX Congresso de Iniciação Científica XII Enpos**, 2010, Pelotas. XII ENPOS, 2010.

ROSTAGNO, R. S.; ALBINO, L. F. T.; DONZELE, J. L.; GOMES, P. G.; OLIVEIRA, R. F.; LOPES, D. C.; FERREIRA, A. S.; BARRETO, S. L. T. E EUCLIDES, R. F. 2011. **Tabelas brasileiras para aves e suínos – composição de alimentos e exigências nutricionais**. 2. ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2011. 141p.

SAKOMURA, N.K.; ROSTAGNO, H.S. **Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos**. Jaboticabal: Funep, 2007, 283p.

SANTOS, J.G.A. Exigência em fósforo digestível para tambaqui (*Colossoma macropomum*). **Tese** (Doutorado). Universidade Federal de Goiás, Escola de Veterinária e Zootecnia, Goiânia, 2012.

SANTOS, L.; FILHO, M.P.; SOBREIRA, C. et al. Exigência Proteica de juvenis de tambaqui (*Colossoma macropomum*) após privação alimentar. **Acta Amazônica**, v.40, p.597-604, 2010.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3.ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2005.

SIQUEIRA, J.C. DE; SAKOMURA, N. K.; NASCIMENTO, D.C.N. et al. Modelos matemáticos para estimar as exigências de lisina digestível para aves de corte ISA Label. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.9, p.1732-1737, 2009.

SOUZA, F.O. Relação da Metionina mais cistina com a lisina em rações para alevinos de tambaqui (*Colossoma macromum*). **Dissertação** (Mestrado). Universidade Federal do Maranhão, Chapadinha, 2014. 49p.

STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM - SAS. **SAS user's guide: statistics**. 5.ed. Cary: SAS Institute, 956p. 2002.

TAKISHITA, S.S. Relações de treonina e triptofano com a lisina digestível em rações para alevinos de tilápia do nilo. **Tese** (Doutorado em Zootecnia). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2012. 72p.

TANG, Q.; WANG, C.; XIE, C.; JIN, J.; HUANG, Y. Dietary Available Phosphorus Affected Growth Performance, Body Composition, and Hepatic Antioxidant Property of Juvenile Yellow Catfish *Pelteobagrus fulvidraco*. **The Scien. World Journal**, 2012.

VIDAL JUNIOR, M. V. Técnicas de determinação de digestibilidade e determinação de digestibilidade de nutrientes de alimentos para tambaqui (*Colossoma macropomum*). Viçosa, MG: UFV. 96p. **Tese** (Doutorado em Zootecnia). Universidade Federal de Viçosa, 2000.

YANG, S.D.; LIN, T.S.; LIU, F.G. et al. Influence of dietary phosphorus levels on growth, metabolic response and body composition of juvenile silver perch (*Bidyanus bidyanus*). **Aquaculture**, v.253, p.592-601, 2006.

YE, C.X.; LIU, Y.J.; TIAN, L.X.; MAI, K.S.; DU, Z.Y. Effect of dietary calcium and phosphorus on growth, feed efficiency, mineral content and body composition of juvenile grouper, *Epinephelus coioides*. **Aquaculture**, v.255, p.263-271, 2006.

ZHANG, C.; MAI, K.; AI, Q. et al. Dietary phosphorus requeriment of juvenile japanese seabass, *Lateolabrax japonicus*. **Aquaculture**, v.255, p.201-209, 2006.

CAPÍTULO 3

EXIGÊNCIA DE FÓSFORO PARA JUVENIS DE TAMBAQUIS (*Colossoma macropomum*)

Resumo – Objetivou-se determinar a exigência de fósforo digestível em rações para juvenis de tambaqui. Foram utilizados 300 peixes com peso médio inicial de $26,4 \pm 0,68$ g, em delineamento inteiramente casualizado, composto por seis tratamentos, cinco repetições por tratamento e dez peixes por parcela experimental. Os tratamentos foram constituídos de seis rações experimentais isoproteicas, isoenergéticas e isocálcicas, com diferentes níveis de fósforo digestível (0,12; 0,33; 0,54; 0,75; 0,95; e 1,16%). Os peixes foram mantidos em 30 caixas de polietileno com capacidade volumétrica de 500 litros em sistema fechado de circulação de água, dotadas de sistema de abastecimento e aeração suplementar. Os peixes foram alimentados à vontade em seis refeições diárias, durante 49 dias. Avaliaram-se parâmetros de desempenho e eficiência alimentar, taxas de deposição diária de proteína, gordura, cinzas e fósforo corporais. A elevação dos níveis de fósforo na ração influenciou ($P < 0,05$) todas as variáveis estudadas. O consumo de ração pelos peixes aumentou de forma quadrática ($P < 0,05$) até o nível de 0,88% de fósforo digestível. O consumo de fósforo digestível pelos peixes aumentou de forma linear em função da elevação dos níveis de fósforo digestível da ração. Observou-se que o ganho de peso e taxa de crescimento específico aumentaram de forma linear ($P < 0,05$), e a eficiência de fósforo digestível para o ganho de peso dos peixes piorou de forma quadrática ($P < 0,05$) em função da elevação dos níveis de fósforo digestível da ração. Contudo, o modelo Linear Response Plateau foi o que melhor se ajustou ($P < 0,05$) as duas primeiras variáveis, estimando em 0,46% o nível de fósforo digestível a partir dos quais ocorreram os respectivos platôs. A conversão alimentar e a eficiência proteica para o ganho de peso dos peixes melhoraram de forma quadrática ($P < 0,05$) em função da elevação dos níveis de fósforo digestível da ração até o nível estimado de 0,84% e 0,85%, respectivamente. Observou-se que deposição de proteína, cinzas, fósforo, gordura corporal foram influenciadas de forma quadrática ($P < 0,05$) em função da elevação dos níveis de fósforo digestível da ração, sendo que a última aumentou até o nível de 0,81%. Para as três primeiras variáveis, o modelo Linear Response Plateau foi o que melhor se ajustou ($P < 0,05$) aos dados, estimando em 0,43%, 0,45%, 0,33% o nível de fósforo digestível a partir dos quais ocorreram os respectivos platôs. A recomendação dos níveis de fósforo digestível em rações para juvenis de tambaqui para otimizar o ganho de peso e a deposição de fósforo corporal é de 0,46%, o que corresponde ao nível estimado de 0,78% de fósforo total.

Palavras-chave: *Colossoma macropomum*. Exigência nutricional. Minerais.

Abstract – The objective of this study was to determine the requirement of phosphorus in rations for tambaqui juvenile. A total of 300 fish with a mean initial weight of around 26.4 ± 0.68 g were used in a completely randomized design, consisting of six treatments, five replicates per treatment and ten fish per experimental plot. The treatments consisted of six isoprotein, isoenergetic and isocalcium diets, with different levels of digestible phosphorus (0.12; 0.33; 0.54; 0.75; 0.95; e 1.16%). The fish were kept in 30 polyethylene boxes with a capacity of 500 liters in a closed water circulation system, provided with a supplementary supply and aeration system. The fish were fed at will in six meals a day for 49 days. Performance and food efficiency parameters, and rates of daily deposition of body protein, fat, ashes and phosphorus were evaluated. The elevation of phosphorus levels in the diet influenced ($P>0,05$) all variables studied. Feed intake by fish increased in a quadratic form ($P<0.05$) to the level of 0.88% of digestible phosphorus. The digestible phosphorus intake by fish increased linearly as a function of the elevation of the levels of digestible phosphorus of the ration. It was observed that the weight gain and specific growth rate increased linearly ($P>0,05$), and the digestible phosphorus efficiency for the fish weight gain worsened in a quadratic manner ($P>0,05$) as a result of the elevation of the levels of digestible phosphorus in the diet. However, the Linear Response Plateau model was the one that best fit the first two variables, estimating the level of digestible phosphorus at 0.46% from which the respective plateaus occurred. The feed conversion and fish protein efficiency rate improved as a function of the elevation of digestible phosphorus levels of the diet to the estimated level of 0.84% and 0.85%, respectively. It was observed that protein deposition, ashes, phosphorus, body fat and phosphorus retention efficiency were influenced in a quadratic manner ($P>0,05$) as a function of the elevation of the levels of digestible phosphorus of the ration. However, the Linear Response Plateau model was the one that best adjusted the first three variables, estimating in 0.43%, 0.45% and 0.33% the level of digestible phosphorus from which the respective plateaus occurred. The recommendation of the level of digestible phosphorus in rations for tambaqui juveniles to optimize weight gain and body phosphorus deposition is 0.46%, which corresponds to the estimated level of 0.78% total phosphorus.

Keywords: *Colossoma macropomum*, Minerals, Nutritional requirement.

INTRODUÇÃO

O tambaqui é uma espécie nativa bastante utilizada na piscicultura destacando-se pela grande importância econômica, pois além de possuir enorme aceitabilidade pelos consumidores devido a qualidade e sabor de sua carne, é uma espécie que apresenta rusticidade e facilidade de adaptação ao sistema de produção intensivo, além da capacidade de tolerar baixos níveis de oxigênio dissolvido na água (DAIRIKI & SILVA, 2011; RODRIGUES, 2014).

Dentre os minerais exigidos, o fósforo tem recebido destaque por ser um dos minerais mais importantes na nutrição animal. Este mineral é essencial para a formação da estrutura óssea, formação de membranas celulares, fosfoproteínas, transferência de energia, regulação do equilíbrio ácido-básico, e em sistemas enzimáticos e hormonais envolvidos no metabolismo de aminoácidos, carboidratos e gordura (QUINTERO-PINTO et al., 2011; SANTOS, 2012).

O fósforo, quando em níveis abaixo da exigência nutricional, proporciona redução no desempenho, na eficiência alimentar e na mineralização óssea. Mas quando em níveis que atendam as exigências proporciona melhora da utilização proteica, da mineralização óssea e possibilita a redução na deposição de lipídeos. Contudo, se os teores do mineral estiverem acima da exigência do animal a eficiência de seu aproveitamento diminui consideravelmente, aumentando sua excreção, e contribuindo para a eutrofização do ambiente aquático (PEZZATO et al. 2006; RIBEIRO et al., 2006; TANG et al., 2012).

As exigências nutricionais de fósforo recomendadas na literatura (FURUYA et al., 2010; NRC, 2011; FRACALOSSO e CYRINO, 2013), demonstram que existe uma variação significativa nos valores recomendados entre espécies e entre fases de uma mesma espécie. No entanto, as indústrias de rações utilizam recomendações com níveis superiores aos determinados em pesquisas, não levando em consideração as exigências nutricionais individualizadas para cada espécie de mesmo hábito alimentar (FURUYA E FURUYA, 2010; CYRINO et al., 2010).

Considerando a carência de informações a respeito da exigência de fósforo em rações para tambaqui e que as exigências dietéticas deste mineral variam nas diferentes fases de criação, objetivou-se determinar a exigência de fósforo digestível em rações para juvenis de tambaqui (*Colossoma macropomum*).

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido de acordo com as normas éticas de pesquisa com animais, após aprovado pelo Comitê de Ética no Uso Animal da Universidade Federal do Maranhão (Protocolo Nº: 23115008833/2014-31). A pesquisa foi conduzida no Laboratório de Alimentação e Nutrição de Organismos Aquáticos do Centro de Ciências Agrárias e Ambientais da Universidade Federal do Maranhão (UFMA), localizado no município de Chapadinha, Maranhão, com duração de 49 dias.

Foram utilizados 300 juvenis de tambaqui (*Colossoma macropomum*), com peso inicial de $26,49 \pm 0,68\text{g}$, em experimento com delineamento inteiramente casualizado, composto por seis tratamentos, cinco repetições por tratamento e dez peixes por unidade experimental.

Os tratamentos foram constituídos de seis rações experimentais isoproteicas, isoenergéticas e isocálcicas, com diferentes níveis de fósforo digestível (0,12; 0,33; 0,54; 0,75; 0,95; e 1,16%) (Tabela 6). Os níveis de fósforo digestível foram determinados com base nos coeficientes de digestibilidade do milho do farelo de soja e do fosfato bicálcico recomendados para tilapia do Nilo por Furuya et al. (2010). Os níveis de proteína bruta, as relações metionina mais cistina:lisina e treonina:lisina foram fixados com base nos valores recomendados por Lima (2013) e Souza (2014) para tambaqui, e por Takishita (2012) para tilápias, respectivamente. Para os demais níveis nutricionais, foram utilizados os valores recomendados para tilápias do Nilo propostos pelo NRC (2011).

No período pré-experimental, constituído de uma semana, os peixes foram estocados nas instalações experimentais e alimentados com ração comercial para adaptação às condições do experimento.

No período experimental, os peixes foram mantidos em 30 caixas de polietileno (aquários) com capacidade volumétrica de 500 litros em sistema fechado de circulação de água, dotadas de sistema de abastecimento, aeração suplementar e drenagem individual. A água de abastecimento foi proveniente de poço artesiano. A limpeza das caixas foi realizada diariamente por sifonagem, sempre após o monitoramento da temperatura da água.

A temperatura da água foi monitorada diariamente, às 7:30 e 17:30 horas, com o auxílio de um termômetro de bulbo de mercúrio, graduado de 0 a 50°C. Os teores do pH e do teor de oxigênio dissolvido e da amônia na água foram monitorados a cada sete dias, respectivamente, por intermédio de um pHmetro, oxímetro e kit comercial para teste de amônia tóxica, respectivamente.

Os ingredientes das rações experimentais foram misturados, umedecidos em água aquecida a cerca de 50°C e peletizados utilizando-se de um moinho de carne. Em seguida, as rações foram secas, trituradas, peneiradas, ficando os pêletes de 3 a 4 mm de diâmetro.

Tabela 6 – Composição centesimal e química das rações experimentais (matéria natural)

Ingredientes (%)	Nível de fósforo digestível (%)					
	0,12	0,33	0,54	0,75	0,95	1,16
Farelo de soja	66,082	66,082	66,082	66,082	66,082	66,082
Milho	19,645	19,645	19,645	19,645	19,645	19,645
Óleo de soja	6,460	6,460	6,460	6,460	6,460	6,460
Inerte	2,087	1,670	1,252	0,835	0,417	0,000
Lisina-HCl	0,111	0,111	0,111	0,111	0,111	0,111
DL-Metionina	0,266	0,266	0,266	0,266	0,266	0,266
L-Treonina	0,405	0,405	0,405	0,405	0,405	0,405
Calcáreo Calcítico	3,874	3,099	2,324	1,550	0,775	0,000
Fosfato Bicálcico	0,000	1,192	2,385	3,577	4,769	5,961
Premix Vitamínico e Mineral ¹	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500
Vitamina C ²	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050
Sal	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500
Antioxidante (BHT)	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020
Composição calculada ³						
Proteína Bruta (%)	32,00	32,00	32,00	32,00	32,00	32,00
Proteína Digestível (%) ⁴	29,34	29,34	29,34	29,34	29,34	29,34
Energia Digestível (kcal/kg) ⁴	3000,00	3000,00	3000,00	3000,00	3000,00	3000,00
Extrato Etéreo (%)	8,27	8,27	8,27	8,27	8,27	8,27
Fibra Bruta (%)	3,84	3,84	3,84	3,84	3,84	3,84
Ca Total (%)	1,62	1,62	1,62	1,62	1,62	1,62
P total (%)	0,42	0,64	0,86	1,08	1,30	1,52
P não-fítico (%)	0,16	0,38	0,60	0,82	1,04	1,26
P digestível (%) ⁵	0,12	0,33	0,54	0,75	0,95	1,16
Lisina Digestível (%) ⁴	1,700	1,700	1,700	1,700	1,700	1,700
Metionina + Cistina Digestível (%) ⁴	1,105	1,105	1,105	1,105	1,105	1,105
Treonina Digestível (%) ⁴	1,496	1,496	1,496	1,496	1,496	1,496
Triptofano Digestível (%) ⁴	0,405	0,405	0,405	0,405	0,405	0,405

¹ Suplemento vitamínico e mineral comercial (5 kg/t), com níveis de garantia por quilograma do produto: Vit. A, 1.200.000 UI; Vit. D₃, 200.000 UI; Vit. E, 1.200 mg; Vit. K₃, 2.400 mg; Vit. B₁, 4.800 mg; Vit. B₂, 4.800 mg; Vit. B₆, 4.800 mg; Vit. B₁₂, 4.800 mg; Vit. C, 48 g; ác. Fólico, 1.200 mg; pantotenato de Ca, 12.000 mg; Vit. C, 48.000 mg; biotina, 48 mg; cloreto de colina, 108 g; niacina, 24.000 mg; Fe, 50.000 mg; Cu, 3.000 mg; Mn, 20.000 mg; Zn, 30.000 mg; I, 100 mg; Co, 10 mg; Se, 100 mg.

² Vit. C: sal cálcica 2-monofosfato de ácido ascórbico, 42% de princípio ativo;

³ Com base nos valores propostos por Rostagno et al. (2011);

⁴ Com base nos coeficientes de digestibilidade do milho, farelo de soja e óleo de soja propostos por Vidal Júnior (2000) e para os aminoácidos sintéticos propostos por Rostagno et al. (2011);

⁵ Com base nos coeficientes de digestibilidade do milho, farelo de soja e fosfato bicálcico propostos para tilápia do Nilo por Furuya et al. (2010);

As rações foram oferecidas seis vezes ao dia (08:00, 10:00, 12:00, 14:00, 16:00 e 18:00 h). Em cada horário de alimentação, as rações eram ofertadas em pequenas quantidades, com repasses sucessivos até a saciedade aparente, evitando dessa forma, sobras ou subfornecimento.

No início do experimento, 50 peixes foram insensibilizados e eutanasiados em água com gelo, e congelados para posterior determinação da composição corporal inicial. No final do experimento, após jejum de 24 horas, foi realizada a despesca, e todos os peixes de cada caixa, foram pesados, insensibilizados e eutanasiados. Logo em seguida, aferiu-se a biometria final dos peixes e o consumo de ração por unidade experimental.

As amostras de peixes (inicial e final/parcela experimental) foram identificadas, secas em estufa com circulação forçada de ar, pré-desengorduradas, moídas em moinho de bola e acondicionadas em recipientes para análises laboratoriais. As amostras foram analisadas quanto a sua composição corporal (teores de umidade, proteína, gordura, cinzas e fósforo) conforme procedimentos descritos por Detmann et al. (2012). As análises laboratoriais foram realizadas nos Laboratórios de Nutrição Animal da Universidade Federal do Maranhão – UFMA e de Nutrição Animal da Universidade Federal do PIAUÍ – UFPI.

Ao final do experimento, foram avaliados os seguintes índices de desempenho e eficiência alimentar: consumo de ração, consumo de fósforo digestível, ganho de peso, taxa de crescimento específico, conversão alimentar, eficiência proteica para o ganho de peso e eficiência de fósforo para o ganho de peso. Os parâmetros de desempenho e eficiência alimentar foram calculados de acordo com as equações abaixo:

- Consumo de ração (g) = ração consumida durante o experimental;
- Consumo de fósforo digestível (mg) = [consumo de ração (mg) x teor de fósforo digestível da ração(%)]/100;
- Ganho de peso (g) = peso médio final – peso médio inicial;
- Taxa de crescimento específico (%/dia) = [(logaritmo natural do peso final (g) – logaritmo natural do peso inicial (g)) x 100] / período experimental (dias);
- Conversão alimentar (g/g) = consumo de ração / ganho de peso;
- Eficiência proteica para o ganho de peso (g/g) = ganho de peso / consumo de proteína bruta;
- Eficiência de fósforo para o ganho de peso (g/g) = ganho de peso / consumo de fósforo digestível.

Complementarmente, foram calculadas as taxas de deposição diária de proteína, gordura, cinzas e fósforo corporais, conforme metodologias descritas por Bomfim et al. (2010) e Ribeiro et al. (2006). As taxas de deposição diária de proteína, gordura, fósforo e cinza corporais foram calculados de acordo com as equações abaixo:

- Deposição de proteína corporal (mg/dia) = [(quantidade de proteína corporal final (mg)) – (quantidade de proteína corporal inicial (mg))] / (período de observação experimental);
- Deposição de gordura corporal (mg/dia) = [(quantidade de gordura corporal final (mg)) – (quantidade de gordura corporal inicial (mg))] / (período de observação experimental);
- Deposição de fósforo corporal (mg/dia) = [(quantidade de fósforo corporal final (mg)) – (quantidade de fósforo corporal inicial (mg))] / (período de observação experimental);
- Deposição de cinza corporal (mg/dia) = [(quantidade de cinza corporal final (mg)) – (quantidade de cinza corporal inicial (mg))] / (período de observação experimental);

As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do software SAS 9.0 (2002). Os dados foram submetidos à análise de variância ao nível de cinco por cento de probabilidade. Para as variáveis que apresentaram efeitos significativos dos níveis de fósforo digestível pela análise de variância, realizaram-se análises de regressão por meio de modelos linear e quadrático. Também foi avaliado o modelo descontinuo “Linear Response Plateau” (LRP). Para a escolha do modelo de melhor ajuste levou-se em consideração o valor de P (significância) e o R^2 (SQ do modelo/ SQ do tratamento).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Condições Ambientais

Os parâmetros utilizados para mensurar a qualidade da água foram mantidos dentro dos padrões recomendados para a criação da espécie ao longo do período experimental, conforme preconizado por Gomes et al. (2010) e Mendonça et al. (2012). As temperaturas máximas e mínimas da água mantiveram-se em torno de $28,2 \pm 0,64$ °C e $26,1 \pm 0,78$ °C respectivamente. A concentração de oxigênio dissolvido na água ficou em torno de $8,73 \pm 0,75$ ppm, pH $6,0 \pm 0,46$ e amônia total $\leq 1,00$ ppm.

Desempenho

A elevação dos níveis de fósforo na ração influenciou todas as variáveis de desempenho. Para o consumo de ração dos peixes o modelo quadrático ($P < 0,05$) foi o que obteve melhor ajuste em função da elevação dos níveis de fósforo digestível, aumentando a variável até o nível estimado de 0,88% de fósforo digestível. Neste sentido, pode-se inferir que o melhor balanceamento da ração proporcionado pela elevação das concentrações dietéticas de fósforo influenciou o consumo de energia e dos demais nutrientes da ração, influenciando nos efeitos significativos observados nas demais variáveis. Já o consumo de fósforo digestível pelos peixes aumentou de forma linear ($P < 0,01$) em função da elevação dos níveis de fósforo digestível da ração (Tabela 7 e 8).

Tabela 7 – Consumo de ração (CR), consumo de fósforo digestível (CFD), ganho de peso (GP), taxa de crescimento específico (TCE), conversão alimentar (CA), eficiência proteica para o ganho de peso (EPG), eficiência de fósforo para o ganho de peso (EFG) de juvenis de tambaqui e resumo da análise de variância, em função do nível de fósforo digestível da ração

Nível de fósforo digestível (%)	Variável						
	CR (g)	CFD (mg)	GP (g)	TCE (%/dia)	CA (g/g)	EPG (g/g)	EFG (g/g)
0,12	52,08	0,06	51,02	2,17	1,02	3,06	244,78
0,33	52,71	0,17	58,98	2,38	0,89	3,49	174,70
0,54	60,40	0,33	67,34	2,58	0,90	3,48	129,37
0,75	56,55	0,42	59,46	2,38	0,95	3,28	97,21
0,95	58,80	0,56	64,51	2,54	0,91	3,43	84,34
1,16	57,85	0,67	64,47	2,52	0,90	3,47	73,10
$P > F^1$	0,0371	<0,0001	0,0203	0,0058	0,0003	<0,0001	0,0007
CV (%) ²	8,99	10,88	11,76	6,58	4,46	4,70	4,50

1- $P > F$ - Significância do Teste “F” da análise de variância;

2 - CV – Coeficiente de variação

Efeito semelhante ao observado para o consumo de ração foi relatado por Furuya et al. (2008), quando avaliou os efeitos da variação de níveis de fósforo disponível para juvenis de tilápias do Nilo. Ao contrário, Ribeiro (2006), não verificou variação no consumo de ração de alevinos da mesma espécie em experimento similar.

Padrão de resposta similar ao do consumo de ração também foi observado ($P < 0,05$) para o ganho de peso e taxa de crescimento específico. Apesar da elevação quadrática, em ambas as variáveis, o modelo “Linear Response Plateau” – LRP foi o que melhor se ajustou aos dados, estimando em 0,46% o nível de fósforo digestível a partir dos quais ocorreram os respectivos platôs (Tabela 7 e 8) (Figura 3).

Tabela 8 – Equações de regressão ajustadas, valor de P, coeficientes de determinação e valores de exigência para as variáveis consumo de ração (CR), consumo de fósforo digestível (CFD), ganho de peso (GP), taxa de crescimento específico (TCE), conversão alimentar (CA), eficiência proteica para ganho de peso (EPG), e eficiência de fósforo para ganho de peso (EFG) de juvenis de tambaqui em função dos níveis de fósforo digestível da ração.

Variável	Modelo	Equação	P>F	R ²	Exigência (%)
CR (g)	Linear	$\hat{Y} = 52,5681 + 5,96828X$	0,0346	0,48	----
CR (g)	Quadrática	$CR = 49,124 + 21,538Fos - 12,177Fos^2$	0,0432	0,66	0,88
CFD (mg)	Linear	$CFD = 0,012 + 0,5928Fos$	0,0346	0,97	----
GP (g)	Quadrática	$GP = 48,034 + 38,543Fos - 21,953Fos^2$	0,0114	0,69	0,88
GP (g)	LRP	$GP = 63,943 - 37,93(0,46 - Fos)$	0,0044	0,81	0,46
TCE (%/dia)	Quadrática	$TCE = 2,096 + 0,9707Fos - 0,5405Fos^2$	0,0043	0,69	0,90
TCE (%/dia)	LRP	$TCE = 2,504 - 0,9771(0,46 - Fos)$	0,0015	0,80	0,46
CA (g/g)	Quadrática	$CA = 1,0186 + 0,2796Fos - 0,1658Fos^2$	0,0132	0,43	0,84
EPG (g/g)	Quadrática	$EPG = 3,0669 + 0,92451Fos - 0,5435Fos^2$	0,0346	0,42	0,85
EFG (g/g)	Quadrática	$EFG = 285,39 - 380,45Fos + 172,34Fos^2$	0,0001	0,97	----

Pezzato et al. (2006) e Furuya et al. (2008), também verificaram efeito quadrático sobre o ganho de peso e taxa de crescimento específico de tilapia do Nilo alimentados com níveis crescentes de fósforo disponível. Rocha et al. (2010), quando determinaram a utilização de fósforo disponível para zebrafish, observaram melhora na taxa de crescimento específico até o nível de 0,43% de fósforo na dieta. Para Yao et al. (2014) a adição de fósforo em dietas de juvenis de tilapia do Nilo, melhorou o ganho de peso de forma linear, e promoveu efeito quadrático sobre a taxa de crescimento específico.

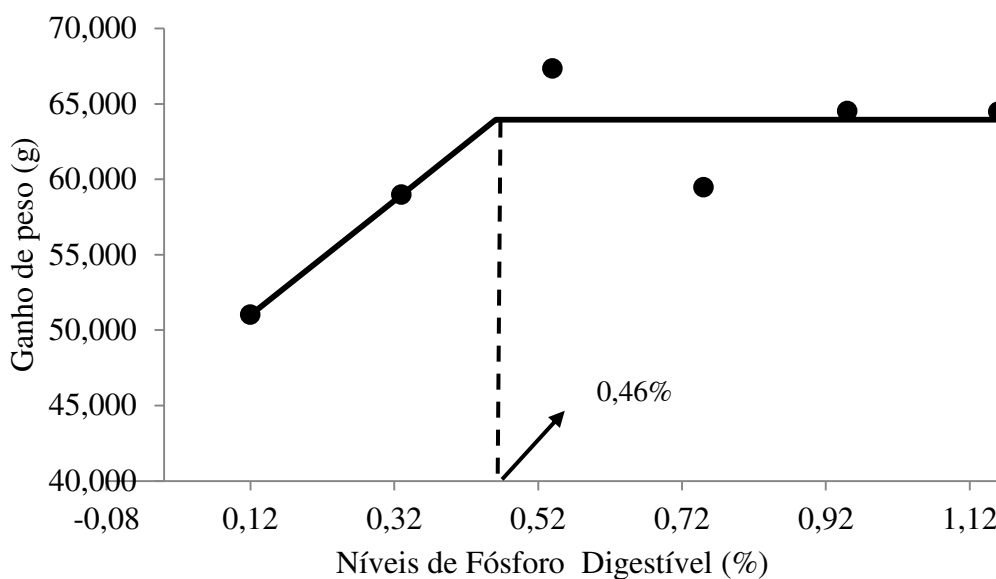


Figura 3. Representação gráfica do ganho de peso para juvenis de tambaqui em função do nível de fósforo digestível da ração.

A conversão alimentar e a eficiência proteica para o ganho de peso melhoraram ($P < 0,01$) de forma quadrática em função da elevação dos níveis de fósforo digestível na ração, até o nível estimado de 0,84%. Por outro lado, a eficiência de fósforo para o ganho de peso piorou ($P < 0,01$) de forma quadrática com a elevação dos níveis de fósforo digestível da ração (Tabela 7 e 8).

Essa melhora na conversão alimentar indica que o melhor balanceamento da ração proporcionado pela elevação dos níveis de fósforo digestível além de incrementar o consumo de ração (energia e demais nutrientes), também influenciou na eficiência do aproveitamento dos nutrientes, preferencialmente para deposição proteica, uma vez que a deposição de tecido magro (proteína) é mais eficiente energeticamente que a deposição de gordura porque agrega maior quantidade de água (BUREAU et al., 2000; NOBLET et al., 2001).

Furuya et al. (2008) observaram efeito quadrático dos níveis de fósforo sobre a conversão alimentar e taxa de eficiência proteica melhorando essas variáveis até o nível estimado de 0,48% de fósforo disponível. Pimentel-Rodrigues & Oliva – Teles (2001) observaram melhora da conversão alimentar dos juvenis de *gilthead sea bream* que foram alimentados com dietas contendo mais de 0,75% de fósforo total.

Uma hipótese que pode justificar a redução na eficiência de fósforo para o ganho de peso é que com o incremento de fósforo na ração a eficiência de absorção desse mineral diminui, provavelmente pela inativação do mecanismo de transporte ativo, aumentando a perda fecal da parcela de fósforo potencialmente digestível (TANG et al., 2012).

A dieta contendo os níveis inferiores de fósforo não atenderam as exigências mínimas desse mineral para os peixes, pois os mesmos apresentaram desempenho inferior quando alimentados com ração contendo o menor nível de fósforo total. Entretanto a inclusão do fósforo nas dietas atendeu a exigência mínima desse mineral que pode ser observado pela melhora no desempenho dos peixes, demonstrando que o fósforo é um mineral essencial para o crescimento do animal (ROY e LALL, 2003; BÜNZEN, 2009; QUINTERO-PINTO et al., 2011).

Deposições Corporais

Para as deposições de proteína, fósforo e cinzas corporais dos peixes, o modelo “Linear Response Plateau” – LRP foi o que melhor se ajustou ($P < 0,10$) aos dados, em 0,43%, 0,45% (Figura 4) e 0,33% o nível de fósforo digestível a partir do qual ocorreu um platô, respectivamente (Tabelas 9 e 10).

Para a deposição de gordura corporal dos peixes, a elevação dos níveis de fósforo digestível proporcionou efeito quadrático ($P < 0,05$), aumentando esta variável até o nível estimado de 0,81% de fósforo digestível (Tabelas 10 e 11).

Tabela 9 – Deposições de proteína (DPC), gordura (DGC) fósforo (DFC), e cinzas corporais (DCC), eficiência de retenção de fósforo (ERF) de juvenis de tambaqui função do nível de fósforo digestível da ração

Nível de fósforo digestível (%)	Variável			
	DPC (mg/dia)	DGC (mg/dia)	DFC (mg/dia)	TDC (%)
0,12	133,11	79,57	6,64	31,66
0,33	164,03	78,52	8,86	54,48
0,54	181,96	91,54	10,44	57,20
0,75	172,07	90,04	9,62	53,52
0,95	184,82	96,59	9,72	53,61
1,16	177,81	85,01	11,03	55,11
$P > F$ ¹	0,0024	0,0415	0,0001	0,0001
CV (%) ²	11,12	11,01	12,02	13,89

1- $P > F$ - Significância do Teste “F” da análise de variância;

2 - CV – Coeficiente de variação

Furuya et al. (2008), em pesquisa com juvenis de tilápia do Nilo alimentados com dietas com diferentes níveis de fósforo, observou que o aumento nos teores de fósforo disponível na dieta resultou em aumento linear ($P < 0,05$) sobre os teores de cinzas na carcaça, semelhante ao

observado nesse trabalho. Por outro lado, Pimentel-Rodrigues & Oliva-Teles (2001), Oliva-Teles & Pimentel-Rodrigues (2004), Coloso et al. (2003) e Ribeiro et al. (2006) em experimentos com juvenis de gilthead sea bass, europeu sea bass, truta arco-íris e tilápia do Nilo, respectivamente, alimentados com dietas com diferentes níveis de fósforo, não encontraram diferenças significativas na composição corporal da carcaça.

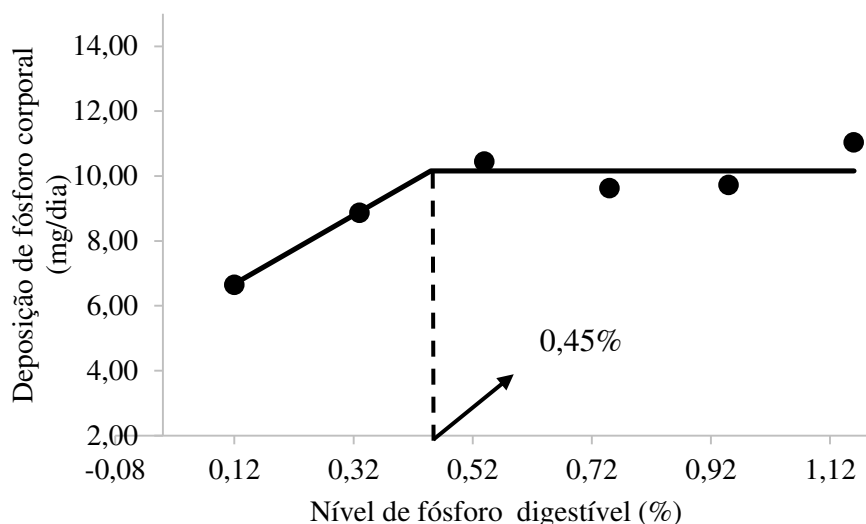


Figura 4. Representação gráfica da deposição de fósforo corporal de juvenis de tambaqui em função do nível de fósforo digestível da ração.

O aumento da deposição diária de fósforo e cinzas é justificado pelo fato do fósforo ser componente essencial na estrutura corporal do animal, fazendo parte da estrutura de tecidos duros como os ossos dentes e escamas, e tecidos moles onde além de ser um componente estrutural, faz parte também do material genético. Além disso, está envolvido na formação de membranas celulares, fosfoproteínas, transferência de energia, regulação do equilíbrio ácido-básico, e em sistemas enzimáticos e hormonais envolvidos nos metabolismos de aminoácidos, carboidratos e gordura, corroborando à melhora nas taxas de deposição de proteína, gordura (LALL, 2002, QUINTERO-PINTO et al., 2011; SANTOS, 2012).

Tabela 10 – Equações de regressão ajustadas, coeficientes de determinação e valores de exigência para as variáveis de deposições de proteína (DPC), gordura (DGC), fósforo (DFC) e cinzas (DCC) corporais de juvenis de tambaquis em função do nível de fósforo digestível da ração.

Variável	Modelo	Equação	P>F	R ²	Exigência (%)
DPC (mg/dia)	Quadrática	$DPC = 120,06 + 148,75Fos - 86,565Fos^2$	0,0001	0,89	0,86
DPC (mg/dia)	LRP	$DPC = 179,2 - 147,3 (0,43 - Fos)$	0,0001	0,95	0,43
DGC (mg/dia)	Quadrática	$DGC = 70,684 + 52,273Fos - 32,269Fos^2$	0,0257	0,89	0,81
DFC (mg/dia)	Quadrática	$DFC = 6,0751 + 8,74438Fos - 4,2803Fos^2$	0,0001	0,80	1,02
DFC (mg/dia)	LRP	$DFC = 10,1605 - 10,5657(0,45 - Fos)$	0,0001	0,89	0,45
DCC (%)	Quadrática	$DCC = 27,435 + 77,036Fos - 48,247Fos^2$	0,0041	0,74	0,80
DCC (%)	LRP	$DCC = 54,8603 - 108,7 (0,33 - Fos)$	0,0001	0,94	0,33

O ganho de peso tem sido o principal parâmetro para determinar a exigência de um determinado nutriente pelo método de dose resposta (NRC, 2011). Para determinar a exigência de fósforo, além do ganho de peso, outro parâmetro que pode ser utilizado é taxa de deposição de fósforo (SAKOMURA & ROSTAGNO, 2007; ABIMORAD et al., 2010; NRC, 2011). Neste sentido, recomendação dos níveis de fósforo digestível em rações para juvenis de tambaqui para otimizar o ganho de peso e a deposição de fósforo corporal é de 0,45%, o que corresponde ao nível estimado de 0,77% de fósforo total.

Já foram realizados vários trabalhos com o objetivo de determinar as exigências de fósforo com várias espécies de peixes. Oliva-Teles & Pimentel-Rodrigues (2004), determinaram a exigência de 0,65% de fósforo total para juvenis de “sea bass” (*Dicentrarchus labrax* L.). Borlongan & Satoh (2001) determinaram a exigência de 0,85% de fósforo digestível para juvenis de “milkfish”, (*Chanos chanos*), por melhorar o crescimento e mineralização óssea. Em um trabalho com truta arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*) com peso inicial médio de 78g, Coloso et al. (2003), avaliaram determinaram exigência de 0,88% de fósforo total na dieta por proporcionar o ótimo crescimento, retenção superior de fósforo.

As características do sistema digestório de cada espécie, a disponibilidade do fósforo do alimento a ser utilizado, e a taxa de crescimento pode ter influência nas exigências de fósforo para diferentes espécies de peixe (PEZZATO et al., 2006).

Para juvenis de tilapia do Nilo, espécie com características semelhantes do tambaqui, Ribeiro (2006) determinou a exigência de 1,10% de fósforo total. Enquanto, Santos (2012) recomenda a exigência de fósforo digestível em dietas extrusadas é de 0,78%.

Para determinar a exigência de fósforo é preciso considerar as diferenças entre espécies e entre fases de uma mesma espécie, uma vez que a exigência indicada para uma espécie pode superestimar ou subestimar as exigências de outra, e que em uma mesma espécie a exigência pode variar de acordo com idade do animal (LALL, 2002). O que pode ser observado em trabalhos realizados por Furuya et al. (2006) quando trabalhou com tilapia do Nilo na fase de alevinagem e Furuya et al. (2008) na fase de juvenil, que determinou a exigência de 0,75% e 0,48% de fósforo disponível para alevinos e juvenis de tilapia do Nilo, respectivamente.

CONCLUSÃO

A recomendação do nível de fósforo digestível em rações para juvenis para otimizar o ganho de peso e a deposição de fósforo corporal é de 0,46%, o que corresponde ao nível estimado de 0,78% de fósforo total.

REFERÊNCIAS

- ABIMORAD, E. G.; FAVERO, G.C.; SQUASSONI, G.H. et al. Dietary digestible lysine requirement and essential amino acid to lysine ratio for pacu *Piaractus mesopotamicus*. **Aquaculture Nutrition**. Malden: Wiley-blackwell, v. 16, n. 4, p. 370-377, 2010.
- BAKER, D. H., HAN, Y..Ideal amino acid profile for chicks during the first three weeks posthatching. **Poultry Science Journal**, v. 73, n. 9, p. 1441 – 1447, 1994.
- BOMFIM, M.A.D.; LANNA, E.A.T.; DONZELLE, J.L.; QUADROS, M. RIBEIRO, F.B.; SOUSA, M.P. Níveis de lisina, com base no conceito de proteína ideal, em rações para alevinos de tilápia-do-nilo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.1, p.1-8, 2010.
- BÜNZEN, S. Digestibilidade do fósforo de alimentos e exigência de fósforo digestível de aves e suínos. Tese (Doutorado em Zootecnia). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2009.
- COLOSO, R.M.; KING, K.; FLETCHER, J.W. et al. Phosphorus utilization in Rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed practical diets and its consequences on effluent phosphorus levels. **Aquaculture**, v.220, p.801-820, 2003.
- 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**, v.39, p.68-87, 2010 (suplemento especial).
- DAIRIKI, J. K.; SILVA, T. B. A. 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, 91).
- DETMANN, E. et al. **Métodos para análise de alimentos**. Visconde do Rio Branco, MG: Suprema, p. 214, 2012.
- EUCLYDES, R.F.; ROSTAGNO, H.S. Planejamento experimental em avicultura e interpretação de resultados. In: CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS, 2002, Campinas. **Anais...** Campinas: Fundação Apinco de Ciência e Tecnologia Avícolas, 2002. p.117-133.
- FURUYA, W. M.; PEZZATO, L. E.; BARROS, M. M.; BOSCOLO, W. R.; CYRINO, J. E. P.; FURUYA, V. R. B.; FEIDEN, A. **Tabelas brasileiras para nutrição de tilápias**. Toledo: GFM, 2010. 100p.
- FURUYA, W.M.; FUJII, K.M.; SANTOS, L.D. et al., Exigência de fósforo disponível para tilápia-do-Nilo (35 a 100 g). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.6, p.961-966, 2008.
- GOMES, L. C.; SIMÕES, L. N.; ARAÚJO-LIMA, C. A. R. M.; BALDISSEROTTO, B. In: Tambaqui (*Colossoma macropomum*), **Espécies nativas para piscicultura no Brasil**. 2ª. Ed. Editora UFSM, Santa Maria. 2010. p.175-204.
- LALL, S.P. The minerals. In: Fish Nutrition (Halver, J.E. & Hardy, R.W. eds), pp. 260–301. **Academic Press, San Diego**, CA, USA. 2002.

LIMA, C.S. Proteína bruta em rações para alevinos de tambaqui e sua redução com suplementação de aminoácidos. **Dissertação** (Mestrado). Universidade Federal do Maranhão, Chapadinha, 2013. 71p.

MENDONÇA, P. P.; COSTA, P. C.; POLESE, M. F.; VIDAL JÚNIOR, M. V.; ANDRADE, D. R. Efeito da suplementação de fitase na alimentação de juvenis de tambaqui (*Colossoma macropomum*). **Archivos de Zootecnia**, v.61, n.235, p. 437-448. 2012.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. **Nutrient requirements of fish and shrimp**. Washington: National Academy of Science, 2011. 376p.

NUNES, E.S.S.; CAVERO, B.A.S.; PEREIRA-FILHO, M.; ROUBACH, R. Enzimas digestivas exógenas na alimentação de juvenis de tambaqui. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, n.1, p.139-143, 2006.

OLIVA-TELES, O.; PIMENTEL-RODRIGUES, A.M.P. Phosphorus requirements of European sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.) juveniles. **Aquaculture Research**, v.35, p. 636-642, 2004.

PACK, M. Models used to estimate nutrient requirements with emphasis in economic aspects. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE AVES E SUÍNOS, 1996, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 1996. p.43-54.

PACK, M.; HOEHLER, D.; LEMME, A. Economic assessment of amino acid responses in growing poultry. In: D'MELLO, J.P.F. (Ed.) **Amino acids in animal nutrition**. Cambridge: CABI Publishing, 2003. P.459-483.

PEZZATO, L.E.; ROSA, M.J.S.; BARROS, M.M. et al. Exigência em fósforo disponível para alevinos de Tilápia do Nilo. **Ciência Rural**, v.36, n.5, p.1600-1605, 2006.

PIMENTEL-RODRIGUES, P.; OLIVA-TELES, O. Phosphorus requirements of tilthead sea bream (*Sparus aurata* L.) juveniles. **Aquaculture Research**, v. 32, p. 157- 161, 2001.

QUINTERO-PINTO, L.G.; PARDO-GAMBOA, B.S.; QUINTERO-PARDO, A.M.C.; PEZZATO, L.E. Exigências e disponibilidade de fontes de fósforo para tilápias. **Vet. Zootec.** n.5, v.2, p.30-43, 2011.

RIBEIRO, F.B.; LANNA, E.A.T.; BOMFIM, M.A.D; DONZELE, J.L.; FREITAS, A.S.; SOUSA, M.P.; Quadros, M. Níveis de fósforo total em dietas para alevinos de tilápia-do-nilo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.4, p.1588-1593, 2006.

RODRIGUES, A. P. O. Nutrição e alimentação do tambaqui (*Colossoma macropomum*). **Boletim do Instituto de Pesca**, São Paulo, 40(1): 135 – 145, 2014.

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.; EUCLIDES, R.F. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 3. ed. – Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2011.

ROCHA, C.B.; PORTELINHA, M. K.; FERNANDES, J. M.; BRITTO, A. C. P; SANTOS, J. D. M. ; POUEY, Juvencio Luís Osório Fernandes . Exigência de fósforo disponível para alevinos de peixe-rei (*Odontheistes bonariensis*) em uma dieta prática. In: XIX Congresso de Iniciação Científica XII Enpos, 2010, Pelotas. XII ENPOS, 2010.

ROY, P.K.; LALL, S.P. Dietary phosphorus requirement of juvenile haddock (*Melanogrammus aeglefinus* L.). **Aquaculture**, v. 221, p. 451-468, 2003.

SAKOMURA, N.K.; ROSTAGNO, H.S. **Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos**. Jaboticabal: Funep, 2007, 283p

SANTOS, J.G.A. Exigência em fósforo digestível para tambaqui (*Colossoma macropomum*). **Tese** (Doutorado). Universidade Federal de Goiás, Escola de Veterinária e Zootecnia, Goiânia, 2012.

SANTOS, L.; FILHO, M.P.; SOBREIRA, C. et al. Exigência Proteica de juvenis de tambaqui (*Colossoma macropomum*) após privação alimentar. **Acta Amazônica**, v.40, p.597-604, 2010.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3.ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2005.

SIQUEIRA, J.C. DE; SAKOMURA, N. K.; NASCIMENTO, D.C.N. et al. Modelos matemáticos para estimar as exigências de lisina digestível para aves de corte ISA Label. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.9, p.1732-1737, 2009.

SOUZA, F.O. Relação da Metionina mais cistina com a lisina em rações para alevinos de tambaqui (*Colossoma macropomum*). **Dissertação** (Mestrado). Universidade Federal do Maranhão, Chapadinha, 2014. 49p.

STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM - SAS. **SAS user's guide: statistics**. 5.ed. Cary: SAS Institute, 956p. 2002.

TAKISHITA, S.S.; LANNA, E.A.T.; DONZELE, J.L. et al. Níveis de lisina digestível em rações para alevinos de tilápia-do-nilo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, no.11, p.2099-2105, 2009.

TANG, Q.; WANG, C.; XIE, C.; JIN, J.; HUANG, Y. Dietary Available Phosphorus Affected Growth Performance, Body Composition, and Hepatic Antioxidant Property of Juvenile Yellow Catfish *Pelteobagrus fulvidraco*. **The Scien. World Journal**, 2012.

VIDAL JUNIOR, M. V. Técnicas de determinação de digestibilidade e determinação de digestibilidade de nutrientes de alimentos para tambaqui (*Colossoma macropomum*). Viçosa, MG: UFV. 96p. **Tese** (Doutorado em Zootecnia). Universidade Federal de Viçosa, 2000.

Yao, Y.F., Jiang, M., Wen, H., Wu, F., Liu, W., Tian, J. & Yang, C.G. (2014) Dietary phosphorus requirement of gift strain of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* reared in freshwater. **Aquaculture Nutrit.**, 20, 273-280.

ANEXO- Parecer técnico da comissão de ética em experimentação animal.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO COMISSÃO DE ÉTICA NO USO ANIMAL	
PARECER CONSUBSTANCIADO INICIAL	Nº do parecer: 08
PROJETO DE PESQUISA: Níveis de fósforo digestível em rações para tambaqui em diferentes fases de criação	Registro do CEUA: 18/14
	Nº do Protocolo: 23115008833/2014-31
	Data de entrada no CEUA: 20/06/2014
	Parecer: APROVADO

I – Identificação

Título do projeto: Níveis de fósforo digestível em rações para tambaqui em diferentes fases de criação		
Identificação da equipe executora: Marcos Antonio Delmondes Bonfim; Felipe Barbosa Ribeiro; Jefferson Costa Siqueira; Jane Mello Lopes; Eduardo Arruda Teixeira Lanna; Janayra Cardoso Silva; Amós Silva Feitosa; Karina da Costa Coelho; Luan Lima de Sousa; Thales José Rego de Sousa.		
Instituição onde será realizado: Universidade Federal do Maranhão (UFMA);		
Área temática: Biológicas	Multicêntrico: Não	Data de recebimento: 01/09/2015
Cooperação estrangeira: Não		Data de devolução: 23/10/2015

II – Objetivos:

GERAL: Determinar a exigência de fósforo digestível nas rações para diferentes faixas de peso do tambaqui (*Colossomamacropomum*), com base no método dose-resposta.

ESPECÍFICO:

- Determinar a exigência de fósforo digestível em rações para o tambaqui (*Colossomamacropomum*) na fase entre 1 e 20 gramas, visando otimizar seu desempenho e qualidade de carcaça;
- Determinar a exigência de fósforo digestível em rações para o tambaqui (*Colossomamacropomum*) na fase entre 20 e 100 gramas, com base no método dose-resposta, visando otimizar seu desempenho e qualidade de carcaça;

- Determinar a exigência de fósforo digestível em rações para o tambaqui (*Colossomamacropomum*) na fase entre 100 e 500 gramas, com base no método dose-resposta, visando otimizar seu desempenho e qualidade de carcaça;
- Viabilizar informações que proporcionem a elaboração de rações de menor capacidade poluente;
- Viabilizar informações que servirão para a elaboração de equações de predição que poderão ser utilizadas para estimar as exigências nutricionais de fósforo digestível para a espécie em diferentes fases de crescimento

III – Sumário do projeto: O projeto visa determinar a exigência de fósforo digestível nas rações para diferentes faixas de peso do tambaqui (*Colossomamacropomum*), com base no método dose-resposta. Este projeto será desenvolvido no Laboratório de Nutrição e Alimentação de e Organismos Aquáticos do Maranhão – LANUMA/CCAA/UFMA e utilizará 750 alevinos, 510 peixes para determinação dos teores de fósforo digestível das rações.

Serão avaliados, em cada experimento, os seguintes índices de desempenho e eficiência alimentar: consumo de ração e de fósforo digestível, ganho de peso, conversão alimentar, taxa de crescimento específico, taxa de eficiência proteica e taxa de eficiência de fósforo. Complementarmente, serão avaliadas a composição química corporal (teores de umidade, cinzas, fósforo, proteína e gordura corporais), as taxas de deposição diária de proteína, gordura e fósforo corporais e as eficiências de retenção corporal de nitrogênio e fósforo, conforme metodologias descritas por Bomfim et al. (2010) e Ribeiro et al. (2006).

As análises bromatológicas das rações, peixes e fezes serão realizadas no Laboratório de Nutrição Animal da Universidade Federal do Maranhão – UFMA e em Laboratórios de Análises de Alimentos da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA, conforme procedimentos descritos por Detmann et al. (2012).

Esperam-se, ao final dos estudos, obter informações que proporcionem recomendações mais acuradas dos níveis de fósforo digestível em rações para tambaqui que proporcionem não só a maximização do desempenho zootécnico da espécie em sistemas de cultivo intensivo, mas a possibilidade de se reduzir significativamente os custos das rações e a geração de resíduos poluentes nos efluentes das criações. Os resultados gerados nestes estudos também poderão servir como base para a elaboração de uma Tabela de Exigências Nutricionais para a espécie.

3 - Métodos em animais: Serão realizados três experimentos no Centro de Ciências Agrárias e Ambientais - CCAA da Universidade Federal do Maranhão - UFMA, localizado no município de Chapadinha, Maranhão com os objetivos de determinar a exigência de fósforo digestível em rações para tambaqui nas fases entre 1 e 20 gramas, 20 e 100 gramas e entre 100 e 500 gramas, respectivamente.

No primeiro experimento, serão utilizados 750 alevinos com peso médio inicial médio em torno de 1 grama em experimento montado em delineamento inteiramente casualizado, composto por seis tratamentos, cinco repetições por tratamento e vinte e cinco peixes por unidade experimental.

No segundo experimento, serão utilizados 360 peixes com peso médio inicial em torno de 20 gramas, em delineamento inteiramente casualizado, composto por seis tratamentos, seis repetições por tratamento e 10 peixes por unidade experimental.

Os peixes serão mantidos em 30 caixas de polietileno (aquários) com capacidade volumétrica de 1000 litros em sistema fechado de circulação de água, dotadas de sistema de abastecimento, aeração suplementar e drenagem individual. A água de abastecimento será proveniente de poço artesiano. A limpeza das caixas será realizada diariamente por sifonagem, sempre após a aferição da temperatura da água.

A temperatura da água será monitorada diariamente. O controle de pH, o oxigênio dissolvido e amônia total na água serão realizados a cada sete dias, com o auxílio de um potenciômetro, oxímetro e kit comercial para teste de amônia, respectivamente.

As rações experimentais serão peletizadas e, para minimizar a possibilidade de lixiviação de ingredientes, serão fornecidas ad libitum diariamente, em quatro refeições até a aparente saciedade.

Para determinação dos teores de fósforo digestível das rações, em cada experimento, um grupo adicional de peixes será alimentado com as respectivas rações experimentais em aquários confeccionados em fibra de vidro, de formato cônico e com volume útil de 220 litros, dotados de sistemas individuais de aeração, abastecimento e escoamento de água, com renovação mínima de água de 25% por dia.

Quando os peixes atingirem, aproximadamente, o peso médio para cada etapa experimental, após a última alimentação do dia, os aquários serão limpos e 50% da água renovada, possibilitando assim a remoção de qualquer resíduo de ração que possa contaminar as fezes dos peixes. Em seguida, frascos de 250 mL imersos em caixas de isopor com gelo serão acoplados ao fundo dos aquários para a coleta de fezes, por decantação.

As fezes serão coletadas a cada quatro horas (às 20, 0, 4 e 8 horas), posteriormente, serão secas durante 72 horas para fins de análises laboratoriais. A digestibilidade aparente do fósforo será estimada por meio do cálculo do fator de indigestibilidade.

Para as análises corporais, uma amostra inicial de peixes será insensibilizada, eutanasiada com overdose de benzocaína (500 mg/L) no início e, pelo menos, a metade dos peixes no final de cada experimento, por unidade experimental, com pesos correspondentes ao peso médio da respectiva unidade.

Serão avaliados, em cada experimento, os seguintes índices de desempenho e eficiência alimentar: consumo de ração e de fósforo digestível, ganho de peso, conversão alimentar, taxa de crescimento específico, taxa de eficiência proteica e taxa de eficiência de fósforo. Complementarmente, serão avaliadas a composição química corporal (teores de umidade, cinzas, fósforo, proteína e gordura corporais), as taxas de deposição diária de proteína, gordura e fósforo corporais e as eficiências de retenção corporal de nitrogênio e fósforo, conforme metodologias descritas por Bomfim et al. (2010) e Ribeiro et al. (2006).

V – Pendências:

Não possui pendências

VII – Parecer consubstanciado do CEUA

O projeto intitulado Níveis de fósforo digestível em rações para tambaqui em diferentes fases de criação, foi aprovado por esta comissão.

São Luís, _____ 5 _____ / _____ Outubro _____ / _____ 2015 _____



Prof. Dra. Lucilene Amorim Silva

Presidente da CEUA / UFMA