

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E AMBIENTAIS**  
**CURSO DE ZOOTECNIA**  
**MONOGRAFIA DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**NIVEIS DIETÉTICOS DE FÓSFORO SOBRE AS**  
**CARACTERÍSTICAS DE CARÇAÇA DE TAMBAQUI NA**  
**FASE ENTRE 100 A 500 GRAMAS**

**Aluna: Neliane Galvão Porto**

**Orientador: Prof. Dr. Marcos Antonio Delmondes Bomfim**

**CHAPADINHA- MA**  
**2017**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E AMBIENTAIS**  
**CURSO DE ZOOTECNIA**  
**MONOGRAFIA DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**NIVEIS DIETÉTICOS DE FÓSFORO SOBRE AS**  
**CARACTERÍSTICAS DE CARÇAÇA DE TAMBAQUI NA**  
**FASE ENTRE 100 A 500 GRAMAS**

Trabalho apresentado ao Curso de Zootecnia da Universidade Federal do Maranhão como requisito indispensável para obtenção do grau de Bacharel em Zootecnia.

**Aluna: Neliane Galvão Porto**

**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

Galvão Porto, Neliane.  
NÍVEIS DIETÉTICOS DE FÓSFORO SOBRE AS CARACTERÍSTICAS  
DE CARÇAÇA DE TAMBAQUI NA FASE ENTRE 100 A 500 GRAMAS /  
Neliane Galvão Porto. - 2017.  
33 p.

Orientador(a): Marcos Antonio Delmondes Bomfim.  
Monografia (Graduação) - Curso de Zootecnia,  
Universidade Federal do Maranhão, Chapadinha-MA, 2017.

1. Colossoma macropomum. 2. Deposição corporal. 3.  
Exigência nutricional. I. Delmondes Bomfim, Marcos  
Antonio. II. Título.

**NELIANE GALVÃO PORTO**

**NIVEIS DIETÉTICOS DE FÓSFORO SOBRE AS CARACTERÍSTICAS DE  
CARÇA DE TAMBQUI NA FASE ENTRE 100 A 500 GRAMAS**

Trabalho apresentado ao Curso de Zootecnia da  
Universidade Federal do Maranhão como requisito  
indispensável para obtenção do grau de Bacharel  
em Zootecnia.

Aprovada em: 12 / 12 / 2017

**BANCA EXAMINADORA**

---

Rafael Silva Marchão/ Zootecnista

---

Prof. Dr. Felipe Barbosa Ribeiro/ CCAA- Zootecnia-UFMA

---

Prof. Dr. Marcos Antonio Delmondes Bomfim/ CCAA- Zootecnia-UFMA

CHAPADINHA- MA

2017

## **DEDICATÓRIA**

Dedico este trabalho a família Galvão, pela confiança.

Em especial aos meus pais, Nazionel Viana Porto  
e Maria José Rodrigues Galvão Porto.

## AGRADECIMENTOS

A Deus pelas conquistas, alegrias, proteção, força e sobre tudo por não ter desistido de mim nos momentos mais difíceis.

A família Galvão, meus pais Nazionel Viana Porto e Maria José Rodrigues Galvão Porto, pela assistência, força, dedicação, coragem e pelos princípios e ensinamentos, me tornando uma pessoa cada dia melhor. Aos meus irmãos, Franciane Galvão, Francinaldo Galvão, Francivaldo Galvão, Naliane Galvão e Naiane Galvão pelo apoio. E aos meus tios e tias, avó e primos, cunhadas e cunhados, sobrinhos e sobrinhas que contribuíram para essa conquista.

Ao orientador Professor Doutor Marcos Antonio Delmondes Bomfim, pelos ensinamentos, orientação, conselhos, pelo exemplo de profissional, pela contribuição na graduação e vida científica.

Ao Centro de Ciências Agrárias e Ambientais – CCAA da Universidade Federal do Maranhão – UFMA, por está cooperando de forma significativa para minha formação profissional.

Aos membros do grupo de pesquisa de nutrição de animais não ruminantes, Dhulya Rodrigues, Marilene da Costa, Amos Feitosa, Janayra Silva, Thalles José e Rafael Silva, por todos os momentos e durante a realização deste trabalho, meu especial agradecimento.

Aos amigos e colegas que conheci ao longo do curso: André, Joaquim, Rosilda, Monique, André Alves, Maria Helena, Adenias Teixeira, Rafael Carvalho, Edegleicia, Jefferson Anjos, Edimilson Filho, Neyfran Batista, Naubeane Carvalho, Ribamar.

A Alynne Pereira, pelos anos de companheirismo, amizade, principalmente pelos conselhos, momentos alegres, pela convivência, pelas verdades dita e por torcer pelas minhas conquistas.

A Dayana Costa, Luciano Santos, Hyanne Lima e Maykon Sousa, por estar ao meu lado nessa jornada, incentivando, dando conselhos e pela confiança.

Aos meus amigos de anos de amizade: Brenda Garreto, Brendon Garreto, Jessica Garreto, Deyviane Lima, Marysa Araújo, Vanessa Souza e Patrícia Alves.

A Thiago Vinicius, apesar de pouco tempo de amizade é importante na minha vida. Obrigada pela conversa boa, pelas palavras de conforto, ensinamentos, força, por esta sempre presente nos momentos que mais precisei, acredito que seja meu anjo.

Ao professor Doutor Celso Kawabata (in memoriam), pelos ensinamentos e exemplo de profissional e ser humano e por ter contribuído para a minha formação profissional e pessoal.

A minha psicóloga, Silvana, por acreditar no meu potencial, por esta sempre presente, por me mostrar as coisas boas das situações e trabalhar minhas frustrações, buscando superar os obstáculos.

A todos que contribuíram de forma direta ou indireta, aqueles que porventura não foram citados, para realização desse trabalho e pela concretização dessa etapa na minha vida. A todos vocês...

Muitíssimo Obrigada!!!

## RESUMO

### NIVEIS DIETÉTICOS DE FÓSFORO SOBRE AS CARACTERÍSTICAS DE CARCAÇA DE TAMBAQUI NA FASE ENTRE 100 A 500 GRAMAS

Objetivou-se avaliar os efeitos dos níveis dietéticos de fósforo sobre as características de carcaça do tambaqui (*Colossoma macropomum*) na fase entre 100 e 500 gramas. Foram utilizadas 150 peixes, distribuídos em 30 caixas de polietileno (aquários) com capacidade volumétrica de 500 litros em sistema fechado de abastecimento e drenagem individuais, durante 89 dias. O delineamento utilizado foi o de blocos ao acaso (DBC), composto por seis tratamentos, com cinco repetições por tratamento em três blocos (critério em função do peso médio inicial:  $85,40 \pm 1,10$  g;  $112,03 \pm 1,57$  g e  $140,63 \pm 1,57$  g) e cinco peixes por unidade experimental. Os tratamentos foram constituídos de seis rações experimentais com diferentes níveis de fósforo total estimado (0,41; 0,60; 0,79; 0,98; 1,17; 1,36%), isoproteicas, isoenergéticas e isocálcicas. Foi avaliado a composição química corporal (teores de umidade, cinzas, fósforo, proteína e gordura corporais), as taxas de deposição diária de proteína, gordura, cinzas e fósforo corporais; e as eficiências de retenção corporal de nitrogênio e fósforo dos peixes. Os tratamentos não influenciaram os teores de gordura e fósforo corporal, deposições de gordura, fósforo e cinzas corporais. O teor de umidade reduziu de forma quadrática de acordo com o aumento dos níveis de fósforo incluído na ração até o nível estimado de 1,07%. A elevação dos níveis de fósforo na ração proporcionou aumento nos teores de proteína e cinzas corporais, nas deposições diárias de proteína, e na eficiência de retenção de nitrogênio de forma quadrática até o nível estimado de 1,04%, 1,05%, 1,02%, 1,03%, respectivamente. Em contrapartida, a eficiência de retenção de fósforo reduziu de forma linear. Conclui-se que a recomendação dos níveis de fósforo total estimado em rações para tambaqui na fase de engorda para otimizar a deposição de proteína é de 1,02%, o que corresponde ao nível estimado de 0,70% de fósforo digestível.

**Palavras chaves:** deposição corporal, exigência nutricional, *colossoma macropomum*.

## ABSTRACT

### DIETARY PHOSPHORUS LEVELS IN RATION ON CARCASS CHARACTERISTICS OF TAMBAQUI IN THE PHASE OF 100 THE 500 GRAMS

The objective of this study was to evaluate the effects of dietary phosphorus levels on carcass characteristics of tambaqui (*Colossoma macropomum*) in the phase of 100 the 500 grams. Were used 150 fish, distributed in 30 boxes of polyethylene (aquariums) with volumetric capacity of 500 liters in supply system and individually drainage, during 89 days. The design was randomized block design (RBD), composed per six treatments, with five replicates per treatment in three blocks (criterion in function of initial mean weight:  $85.40 \pm 1.10$  g;  $112.03 \pm 1.57$  g and  $140.63 \pm 1.57$  g) and five fish per experimental unit. The treatments were constituted of six experimental rations with different levels of estimated total phosphorus (0.41; 0.60; 0.79; 0.98; 1.17; 1.36%), isoprotein, isoenergetic and isocalcicum. Was evaluated the body chemical composition (moisture, ash, phosphorus, protein and fat to body), the daily deposition rates of protein, fat, ashes and phosphorus and the efficiencies of body retention of nitrogen and phosphorus of fish. The treatments not influence the body fat and phosphorus, and the daily deposition of fat, ashes and phosphorus. The body moisture reduced of form quadratic according the increase of phosphorus levels included in the ration until the estimated level of 1.07%. The elevation of phosphorus levels in the ration provided an increase in body levels of protein and ashes, the daily deposition of protein, and nitrogen retention efficiency of quadratic form up the estimated level of 1.04%, 1.05%, 1.02% and 1.03%, respectively. In counterpart, the efficiency of phosphorus retention reduced of linear form. Concludes that the recommendation of the levels of estimated total phosphorus in ration for tambaqui in the fattening phase to optimize the deposition of protein is of 1.02%, which corresponds to the estimated level of 0.70% digestible phosphorus.

**Keywords:** body deposition, nutritional requirement, *colossoma macropomum*.

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>12</b>
2.1	Objetivo geral.....	14
2.2	Objetivos específicos .....	14
<b>3</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>15</b>
3.1	Piscicultura .....	15
3.2	Tambaqui ( <i>Colossoma macropomum</i> ) .....	16
3.3	Fósforo .....	17
<b>4</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>19</b>
<b>5</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>23</b>
<b>6</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>28</b>
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>29</b>

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Composição centesimal e química das rações experimentais na fase de engorda (matéria natural) .....	20
Tabela 2. Teores de umidade (UC), gordura (GC), proteína (PC), fósforo (FC) e cinzas (CZC) corporais de tabaquis na fase de engorda e resumo da análise de variância, em função do nível de fósforo total estimado da ração.....	23
Tabela 3. Deposições de proteína (DPC), gordura (DGC), fósforo (DFC) e de cinzas (DCZC) corporais, eficiências de retenção de nitrogênio (ERN) e de fósforo (ERF) de tabaqui na fase de engorda, em função do nível de fósforo total estimado da ração.....	25
Tabela 4. Equações de regressão ajustadas, coeficientes de determinação e valores de exigência para as variáveis teores de umidade (UC), proteína (PC) e cinzas (CZ) corporais, deposições de proteína (DPC) corporal e eficiências de retenção de fósforo (ERF) e Nitrogênio (ERN) de tabaquis na fase de engorda em função do nível de fósforo total estimado da ração.....	26

## 1 INTRODUÇÃO

A produção da piscicultura brasileira ultrapassa 483 mil toneladas (quatrocentos e oitenta e três mil), distribuídos na região Norte, Nordeste, Sul, Sudeste e Centro- Oeste, com um aumento de produção em 2015 nas regiões Sul (13,1%), Sudeste (12,7%) e Norte (6,2%) (IBGE, 2015). As principais espécies produzidas no Brasil são as tilápias e o grupo de peixes redondos (tambaqui, pacu, pirapitinga, tambacu e tambatinga). Dentre o grupo de peixes redondos, o tambaqui (*Colossoma macropomum*) é a segunda espécie mais criada no Brasil, ocupando o primeiro lugar entre as espécies nativas, com produção de aproximadamente 135.867 mil toneladas no ano de 2015, segundo os dados do IBGE (2015).

Essa elevada produção é justificada por esta espécie apresentar alta taxa de crescimento, fácil adaptação ao sistema intensivo, podendo chegar ao tamanho comercial com menos de 1 (um) ano de cultivo, e sua carne apresenta uma boa aceitabilidade pelo mercado consumidor. Um outro fator que pode se levar em consideração é o hábito alimentar da espécie, que é onívoro (SILVA et al., 2003), permitindo a inclusão de rações de origem vegetal na sua dieta, e a secreção ácida do estômago favorece aproveitamento do fósforo (SUGIURA et al., 2006).

Com o aumento da produção de peixe da espécie tambaqui, tem se a necessidade de fornecer dietas balanceadas para que a exigência da espécie seja atendida. No entanto, é preciso ter conhecimento da digestibilidade dos nutrientes utilizados nas rações com o objetivo de diminuir os resíduos fecais e metabólicos gerados pela produção dessa atividade, em especial do fósforo (P), que é o terceiro nutriente mais oneroso em dietas praticas para peixes.

O fósforo (P) é a principal fonte de poluição junto com o nitrogênio, proporcionando eutrofização do meio e, no caso de predominância de cianobactérias, prejudica as características organolépticas da carcaça dos peixes (VAN DER PLOEG e TUCKER, 1994). Uma forma de controlar esses problemas é ajustando as quantidades de P com base na exigência do animal.

O fósforo é essencial para o crescimento, mineralização óssea, componentes estruturais da membrana celular e metabolismo energético (ATP). É encontrado em alimentos de origem vegetal e animal, na forma orgânica ou inorgânica. Na forma orgânica, o fósforo é encontrado covalentemente ligado aos açúcares, proteínas e aos

componentes da célula. Já o fosfato de origem animal é encontrado na forma hidroxiapatita, de menor disponibilidade (QUINTERO PINTO, 2008; QUINTERO PINTO et al., 2011).

Os alimentos de origem animal são muito utilizados por conter maiores níveis de proteína e fósforo disponível, entretanto não é totalmente digestível (PEZZATO et al., 2006). Alimentos de origem vegetal apresentam menor custo, são disponíveis no mercado e podem substituir os alimentos de origem animal, porém apresentam digestibilidade limitada ocasionado pela presença da molécula fitato na sua composição, que indisponibiliza o fósforo para o animal (FURUYA et al., 2001). Isto se deve pelo fato dos animais não ruminantes não produzem endogenamente a enzima fitase (VIELMA et al., 1998), sendo interessante a adição de enzima para a disponibilização deste mineral.

Peixes alimentados com dietas deficientes em fósforo apresentam deformidades corporal (CHENG et al., 2005) e aumentam a deposição de gordura na carcaça (SAKAMOTO e YONE, 1978). A elevação do teor de gordura corporal ocorre devido ao processo de inibição da  $\beta$ -oxidação dos ácidos graxos ou via estímulo à lipogênese a partir do esqueleto carbônico dos aminoácidos catabolizados (LAW, 2002; RIBEIRO et al., 2006; PEZZATO et al., 2006; PHROMKUNTHONG e UDOM, 2008; FURUYA et al., 2008; SCHAMBER, 2008; QUINTERO-PINTO et al., 2011; BOMFIM, 2013), diminuindo, dessa forma, a eficiência de utilização de aminoácidos destinados a deposição de proteína corporal, aumentando a descarga de nitrogênio ao ambiente.

Níveis de fósforo que atendem a exigência favorecem a utilização proteica, mineralização óssea e reduz deposição de gordura corporal. Em contrapartida, níveis elevados de fósforo na ração diminuem consideravelmente seu aproveitamento ocorrendo uma maior excreção de fósforo ao ambiente aquático, potencializando a eutrofização (PEZZATO et al. 2006; RIBEIRO et al., 2006; CYRINO et al., 2010; BOMFIM, 2013).

São poucos os trabalhos que relatam a exigência de fósforo na formulação de rações para tambaqui, assim como são escassos os estudos que relatam os efeitos de níveis de fósforo sobre as características de carcaça, principalmente na fase de engorda, que podem subsidiar na determinação dos níveis nutricionais deste mineral.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo geral**

Avaliar as características de carcaça de tambaquis (*Colossoma macropomum*) alimentados com rações contendo diferentes níveis de fósforo.

### **2.2 Objetivos específicos**

Avaliar os efeitos de diferentes níveis de fósforo da ração na composição corporal de tambaquis, na fase de engorda.

Avaliar os efeitos de diferentes níveis de fósforo da ração na deposição de proteína gordura, cinzas e fósforo de tambaquis, na fase de engorda.

Avaliar os efeitos de diferentes níveis de fósforo da ração na eficiência e retenção de nitrogênio e fósforo de tambaquis, na fase de engorda.

### 3 REVISÃO DE LITERATURA

#### 3.1 Piscicultura

A piscicultura é uma alternativa à pesca, que visa a oferta de alimento de proteína animal para o mercado consumidor. É uma atividade que possibilita reduzir os impactos gerados pela exploração intensiva sobre os estoques naturais de peixes (FERNANDES et al., 2010), preservando assim os recursos naturais.

Embora o Brasil possua uma grande área para exploração, somente 1% dos corpos de água são barragem, lagos, açudes, depósitos de água pluviais e remansos de rios que são liberados para produção de pescado (OSTRENSKY et al., 2008). A produção da piscicultura no Brasil é de 483 mil toneladas, registrando um aumento de 1,5% em 2015 em relação ao ano anterior (IBGE, 2015). As principais espécies produzidas no Brasil são as tilápias e o grupo de peixes redondos (tambaqui, pacu, pirapitinga, tambacu e tambatinga).

Na piscicultura, o ambiente é um fator importante no processo de produção, tendo em vista que toda atividade produtiva acarreta impactos ambientais, seja pelo tipo de espécie utilizada ou pelos efluentes oriundo das rações desbalanceadas que aumentam as concentrações de nutrientes na água. Na prática, uma forma de esta minimizando esses problemas é pela adoção da formulação de rações com base nas quantidades digestíveis dos nutrientes, atualizar as exigências nutricionais em função da fase de produção, considerar as condições fisiológicas especiais, utilização de matérias primas de alto valor biológico nas formulações e o uso de aditivos como enzimas ou acidificantes para aumentar a disponibilidade de minerais, especialmente do fósforo (QUINTERO PINTO, 2008).

O acúmulo de nutrientes favorece o aumento populacional de fitoplâncton e de bactérias, contribuindo para a eutrofização (REDDING et al., 1997; KUBITZA, 1998; HUSSAR et al., 2004). A eutrofização reduz os teores de oxigênio dissolvido, aumenta os compostos nitrogenados tóxicos e compromete a qualidade do pescado (PILARSKI et al., 2004; TRUE et al., 2004; BACCARIN e CAMARGO, 2005; HENRY-SILVA et al., 2006; DUARTE, 2011).

### 3.2 Tambaqui (*Colossoma macropomum*)

O tambaqui (*Colossoma macropomum*) é originário da América do Sul, das bacias dos rios Amazonas e Orinoco, criados em águas ricas em nutrientes com temperaturas médias, que varia entre 25°C e 34°C, e tem demonstrado resistência a baixas concentrações de oxigênio dissolvido na água (SAINT-PAUL, 1984; VAL, 1993). Esta espécie se destaca na piscicultura por apresentar habito alimentar onívoro com tendência a herbívoro filtrador e frugívoro, digere eficientemente proteína de origem animal e vegetal e é de fácil adaptação ao uso de rações comerciais (NUNES et al., 2006).

É uma das principais espécies cultivadas no Brasil devido à facilidade de obtenção de alevinos, bom potencial de crescimento, alta produtividade, rusticidade e grande aceitação pelo mercado consumidor (MENEZES, 2005; GOMES et al., 2010). É uma das espécies de carne mais saborosa de água doce, rica em proteína, sais minerais e facilidade na obtenção de filé, sendo aceito em várias regiões do País, devido a coloração de sua carne (branca), consistência e poucas espinhas. Uma das características adicionais da espécie é apresentar arcos branquiais com rastros longos e numerosos, onde formam uma rede filtradora que permite melhor aproveitamento de material planctônico na fase inicial (ALMEIDA, 2007).

O sistema digestivo do tambaqui é composto por esôfago curto, estômago grande, cecos pilóricos, intestino longo e reto. No estômago, atua as enzimas proteolíticas em pH ácido que permite a ingestão de sementes inteiras, e em grandes quantidades quando triturados (SILVA et al., 2003; SANTOS, 2012). O tamanho do intestino é, aproximadamente, 5 vezes o comprimento do corpo do animal conferindo uma melhor absorção dos nutrientes do alimento.

As fases de criação estão divididas em larvicultura, criação de juvenis e a engorda (GOMES, 2011; DAIRIKI e SILVA, 2011). Na primeira fase são criados a partir da eclosão até o peso médio de 0,5 a 1g (individual) com duração de 30 a 40 dias; na fase de juvenis dura em torno de 60 dias e o peso médio é entre 40 e 50 g; e na última fase o tempo varia, depende do peso ao abate (RAMOS, 2013).

### 3.3 Fósforo

O fósforo é um mineral requerido em grandes concentrações, pois é utilizado na manutenção de diversas funções metabólicas (PONTES, 2015). Apesar dos peixes conseguirem absorver alguns minerais (Ca, Na, Cl e K) do meio aquático, o fósforo é encontrado em poucas quantidades dissolvido na água e pouco absorvido, não sendo o suficiente para atender à exigência, sendo necessário suplementar por meio da ração. Quintero Pinto (2008), relatou que a concentração de fósforo de carcaça dos peixes varia com a idade, tamanho e estágio reprodutivo, onde a concentração dietética da maioria das espécies para evitar deficiência varia de 0,29% e 0,75% de fósforo disponível.

No fósforo proveniente de alimentos de origem vegetal, cerca de 70% está complexada com a molécula fitato. Isso ocorre devido à molécula de ortofosfato do fitato ser altamente ionizado, pois se complexa com cátions e com grupos amina de alguns aminoácidos deixando pouco disponível para animais não ruminantes, devido à ausência da enzima fitase (BUNZEN et al., 2008).

Pontes (2015) utilizando a enzima fitase em dietas à base de ingredientes de origem vegetal na alimentação de juvenis de tilápia do Nilo, verificou que houve melhoria nas características de carcaça, além de melhora no desempenho e aumento na concentração de fósforo plasmático. Dessa forma, a adição da enzima fitase contribuiu para que o fósforo que se encontra indisponível se tornasse potencialmente disponível e absorvido pelas vilosidade do trato digestivo do animal.

O fosfato bicálcico é a principal fonte inorgânica suplementar de fósforo em rações para peixes, principalmente quando essas rações contêm elevadas proporções de alimentos de origem vegetal (FURUYA et al., 2008).

A excreção de fósforo e nitrogênio tem influência diretamente sobre o ambiente aquático. Bureau e Hua (2010) relataram que os efluentes oriundos da piscicultura provém das excretas da metabolização das dietas e das sobras de ração não consumida, resultando em resíduos sólidos e dissolvidos. Kubitzka (1999) cita que as

quantidades de nutrientes aplicado nas rações e o potencial poluente lançado no ambiente aquático, geram uma carga poluente de 46 a 99% de nitrogênio e 96 a 271% fósforo.

Alguns fatores devem ser considerados para minimizar o efeito poluidor dos efluentes produzidos pelas pisciculturas é a formulação de dietas com base nos valores digestível e nas exigências para cada fase e estado fisiológico do animal (HARDY et al., 1993; SUGIURA et al., 2000; LELLIS et al., 2004).

#### 4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Laboratório de Nutrição e Alimentação de Organismos Aquáticos do Maranhão (LANUMA), no Centro de Ciências Agrárias e Ambientais da Universidade Federal do Maranhão (CCAA/UFMA), Campus IV, localizado no município de Chapadinha- MA, com duração de 89 dias, e conduzido de acordo com as normas éticas de pesquisa com animais após aprovação pelo comitê de Ética no Uso Animal da Universidade Federal do Maranhão (Nº do Protocolo: 23115008833/2014-31).

Foram utilizados 150 tambaquis, com três pesos médios iniciais distintos,  $85,40 \pm 1,10\text{g}$ ;  $112,03 \pm 1,57\text{g}$  e  $140,63 \pm 1,57\text{g}$ , distribuídos em delineamento de blocos ao acaso (DBC), critério em função do peso médio inicial, composto por seis tratamentos, com cinco repetições por tratamento em três blocos desbalanceados e cinco peixes por unidade experimental.

Os tratamentos foram constituídos de seis rações experimentais com diferentes níveis de fósforo total estimado (0,41; 0,60; 0,79; 0,98; 1,17; e 1,36%), isoproteicas, isoenergéticas e isocálcicas. Na carência de informações sobre o nível dietético recomendado de energia digestível ou de determinado(s) nutriente(s) para a fase de criação avaliada para espécie, utilizou-se os valores recomendados para tilápias do Nilo apresentadas na Tabela Brasileiras para a Nutrição de Tilápias (FURUYA et al., 2010) e no NRC (2011) (Tabela 1).

No período pré- experimental, os peixes foram adquiridos e distribuídos em caixas de polietileno, tendo, pelo menos, uma semana 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 abastecimento de água, aeração suplementar e drenagem individual. A água de abastecimento foi proveniente de poço artesiano.

No processamento das rações experimentais, os ingredientes foram triturados, peneirados, misturados, umedecidos em água aquecida a 50°C e peletizados por meio de um moinho de carne. Posteriormente, as rações foram secas ao sol, durante 24 horas e

em seguida submetida a secagem em estufa de circulação forçada de ar por mais 24 horas a 65°C, e por fim foram trituradas, peneiradas, classificadas em diferentes diâmetros de péletes, para serem utilizadas conforme o desenvolvimento dos animais e para minimizar a possibilidade de lixiviação de ingredientes. As rações foram fornecidas diariamente, seis vezes ao dia (08:00, 10:00, 12:00, 14:00, 16:00 e 18:00 h), sendo que, em cada refeição, fornecidas em pequenas quantidades, com sucessivos repasses, possibilitando a ingestão máxima, sem que haja perdas, até a aparente saciedade.

Tabela 1. Composição centesimal e química das rações experimentais na fase de engorda (matéria natural)

Ingredientes (%)	Nível de fósforo estimado (%)					
	0,41	0,60	0,79	0,98	1,17	1,36
Farelo de soja	60,424	60,424	60,424	60,424	60,424	60,424
Milho	26,825	26,825	26,825	26,825	26,825	26,825
Óleo de soja	5,776	5,776	5,776	5,776	5,776	5,776
Inerte	1,800	1,440	1,080	0,720	0,360	0,000
Lisina-HCl	0,135	0,135	0,135	0,135	0,135	0,135
DL-Metionina	0,245	0,245	0,245	0,245	0,245	0,245
L-Treonina	0,386	0,386	0,386	0,386	0,386	0,386
Calcáreo Calcítico	3,341	2,672	2,004	1,336	0,668	0,000
Fosfato Bicálcico	0,000	1,028	2,056	3,084	4,112	5,140
Premix Vit. e Mineral <sup>6</sup>	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400
Vitamina C <sup>5</sup>	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 <sup>1</sup>						
Proteína Bruta (%)	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00
Proteína Digestível (%) <sup>2</sup>	27,44	27,44	27,44	27,44	27,44	27,44
Energia Digest. (kcal/kg) <sup>2</sup>	3000,00	3000,00	3000,00	3000,00	3000,00	3000,00
Extrato Etéreo (%)	7,75	7,75	7,75	7,75	7,75	7,75
Fibra Bruta (%)	3,67	3,67	3,67	3,67	3,67	3,67
Ca Total (%)	1,41	1,41	1,41	1,41	1,41	1,41
P total estimado (%)	0,41	0,60	0,79	0,98	1,17	1,36
P total analisado (%) <sup>3</sup>	0,61	0,82	0,99	1,25	1,38	1,43
P digestível estimado (%) <sup>4</sup>	0,12	0,30	0,48	0,66	0,84	1,02
Lisina Digestível (%) <sup>2</sup>	1,600	1,600	1,600	1,600	1,600	1,600
Met. + Cistina Dig. (%) <sup>2</sup>	1,040	1,040	1,040	1,040	1,040	1,040
Treonina Digestível (%) <sup>2</sup>	1,408	1,408	1,408	1,408	1,408	1,408
Triptofano Digestível (%) <sup>2</sup>	0,375	0,375	0,375	0,375	0,375	0,375

<sup>1</sup> Com base nos valores propostos por Rostagno et al. (2011);

<sup>2</sup> 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);

<sup>3</sup> Com base nos coeficientes de digestibilidade do milho, farelo de soja e fosfato bicálcico propostos para tilápia do Nilo por Furuya et al. (2010);

<sup>4</sup> Determinado no Laboratório de Nutrição Animal da Universidade Federal do Piauí;

<sup>5</sup> Vit. C: sal cálcica 2-monofosfato de ácido ascórbico, 42% de princípio ativo;

<sup>6</sup> Suplemento vitamínico e mineral comercial (5 kg/t), com níveis de garantia por quilograma do produto: Vit. A, 1.200.000 UI; Vit. D<sub>3</sub>, 200.000 UI; Vit. E, 1.200 mg; Vit. K<sub>3</sub>, 2.400 mg; Vit. B<sub>1</sub>, 4.800 mg; Vit. B<sub>2</sub>, 4.800 mg; Vit. B<sub>6</sub>, 4.800 mg; Vit. B<sub>12</sub>, 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.

Durante o experimento, a temperatura da água foi aferida diariamente às 7:30 e 17:30 horas com auxílio de termômetro de bulbo de mercúrio graduado de 0 a 50°C. Os controles do pH, teor de oxigênio dissolvido e da amônia na água foram aferidos a cada sete dias por intermédio de um potenciômetro, oxímetro e kit comercial para teste de amônia tóxica, respectivamente. Após a primeira e última alimentação realizou-se a limpeza diária dos aquários, por sifonagem.

As temperaturas máximas e mínimas da água das caixas mantiveram em torno de  $27,6 \pm 0,05^\circ\text{C}$  e  $28,1 \pm 0,30^\circ\text{C}$ , respectivamente. A concentração de oxigênio dissolvido na água ficou em torno de  $8,87 \pm 0,50$  ppm, pH  $6,96 \pm 0,43$  e amônia total  $\leq 1,00$  ppm. Observou-se que os parâmetros físico-químicos da água foram mantidos dentro dos padrões recomendados para a criação da espécie ao longo do período experimental, permanecendo dentro da faixa preconizada por Gomes et al. (2010) e Mendonça et al. (2012).

Para determinação da composição corporal dos peixes, uma amostra inicial de 5 (cinco) peixes e todos os peixes de cada unidade experimental no final do experimento, foram insensibilizados e eutanasiados, após jejum de 24 horas. Em seguida, as amostras foram identificadas, secas em estufa com circulação forçada de ar ( $65^\circ\text{C}$  por 72 horas), pré-desengorduradas, moídas em moinho de bola e acondicionadas em recipientes para análises laboratoriais.

As análises bromatológicas das rações e carcaças dos peixes foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal da Universidade Federal do Maranhão – UFMA, conforme procedimentos descritos por Detmann et al. (2012).

Foram avaliados a composição química corporal (teores de umidade, cinzas, fósforo, proteína e gordura corporais), as taxas de deposição diária de proteína, gordura, cinzas 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), 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 experimental);
- Deposição de gordura corporal (mg/dia) = [(quantidade de gordura corporal final (mg)) – (quantidade de gordura corporal inicial (mg))] / (período experimental);
- Deposição de fósforo corporal (mg/dia) = [(quantidade de fósforo corporal final (mg)) – (quantidade de fósforo corporal inicial (mg))] / (período experimental);
- Deposição de cinzas corporal (mg/dia) = [(quantidade de cinzas corporal final (mg)) – (quantidade de cinzas corporal inicial (mg))] / (período experimental);
- Eficiência de retenção de nitrogênio (%) = {[quantidade de N corporal final) – (quantidade de N corporal inicial)] x 100} / consumo de N;
- Eficiência de retenção de fósforo (%) = {[quantidade de P corporal final) – (quantidade de P corporal inicial)] x 100} / consumo de P.

As análises estatísticas foram realizadas valendo-se do programa SAEG - Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas, desenvolvido na UFV (1997). Os dados foram interpretados por meio de análise de variância a 5% de significância. Para as variáveis que apresentaram efeitos significativo dos níveis de fósforo pela análise de variância, realizaram-se análises de regressão por meio de modelos linear, quadrático e 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<sup>2</sup> (SQ do modelo/ SQ do tratamento).

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com relação à composição corporal, os teores de gordura e fósforo corporal não foram influenciados pelos tratamentos ( $P>0,05$ ). Já os teores de umidade, proteína e cinzas foram influenciados ( $P<0,05$ ) em função da elevação dos níveis de fósforo (Tabela 2).

Tabela 2. Teores de umidade (UC), gordura (GC), proteína (PC), fósforo (FC) e cinzas (CZC) corporais de tambaquis na fase de engorda e resumo da análise de variância, em função do nível de fósforo total estimado da ração

Nível de fósforo estimado (%)	Nível de fósforo analisado (%)	Variável				
		UC (%)	GC (%)	PC (%)	FC (%)	CZC (%)
Inicial		79,69	4,68	13,17	0,80	3,42
0,41	0,61	84,69	4,43	8,62	0,35	2,40
0,60	0,82	83,79	4,15	10,10	0,42	2,48
0,79	0,99	80,47	5,11	11,44	0,42	3,07
0,98	1,25	81,94	5,23	10,29	0,32	2,77
1,17	1,38	81,63	4,91	11,09	0,32	2,79
1,36	1,43	84,97	5,24	7,66	0,37	2,29
$P>F$ <sup>1</sup>		<0,0001	0,0788	<0,0001	0,3380	<0,0001
CV (%) <sup>2</sup>		0,94	13,88	6,01	22,93	6,92

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

<sup>2</sup> CV – Coeficiente de variação.

O aumento dos níveis de fósforo na ração proporcionou redução ( $P<0,01$ ) do teor de umidade corporal de forma quadrática até o nível estimado de 1,07%, e proporcionou aumento ( $P<0,01$ ) nos teores de proteína e cinzas de forma quadrática até o nível estimado de 1,04% e 1,05%, respectivamente (Tabelas 2 e 4).

Efeitos semelhantes foram relatados por Pezzato et al. (2006) e Furuya et al. (2008), ambos em experimentos com juvenis de tilápia do Nilo, França (2015) em estudos com juvenis de Pacu, Helland et al. (2005) com salmão do Atlântico, Yang et al. (2006) com “silver perch” e Borlongan e Satoh (2001) com juvenis “milkfish” (*Chanos chanos*), onde verificaram aumento nos teores de cinzas em função dos níveis fósforo disponível na dieta.

Esse efeito positivo sobre o teor de cinza pode estar relacionado à maior disponibilidade de fósforo, proporcionando um melhor aproveitamento pelo animal, tendo em vista que o fósforo tem função importante na formação da estrutura óssea, embora não houve efeito significativo sobre a deposição de cinzas corporais. Foram relatados por Schamber (2008), trabalhando com tilápias em terminação, avaliando quatro níveis (0,31%; 0,44%; 0,52% e 0,83%) de fósforo disponível, no qual verificou aumento linear nas concentrações de cinzas, estimando-se o valor de 0,72% de fósforo disponível na dieta na matéria natural ou 0,81 % na matéria seca para se obter o maior valor desta variável.

Com relação ao aumento dos teores de proteína corporal pode estar relacionado, ao fato de que este mineral participa de inúmeras reações metabólicas de aminoácido, gordura e carboidrato, como também da não inibição da  $\beta$ -oxidação dos ácidos graxos. Quando ocorre a inibição desse processo, paralelamente ocorre o aumento dos teores de gordura corporal a partir do esqueleto carbônico dos aminoácidos catabolizados, reduzindo a eficiência de utilização de aminoácidos para deposição de proteína corporal (SCHAMBER, 2008; QUINTERO-PINTO et al., 2011; BOMFIM, 2013).

A redução no teor de umidade proporcionado pela elevação dos níveis de fósforo da ração até o nível de 1,07% evidenciou uma melhor conversão da matéria seca da dieta em matéria seca corporal, em especial na forma de proteína e minerais. Com o aumento nos teores de proteína corporal e a não variação ( $P > 0,05$ ) sobre os teores de gordura corporal, a elevação dos níveis de fósforo contribui para melhor eficiência de utilização dos aminoácidos.

Observou-se que as deposições de gordura, fósforo e cinzas corporais não foram influenciadas ( $P > 0,05$ ) em função dos níveis de fósforo estimado (Tabela 3). Os resultados divergem, em parte, do observado por Sousa (2017), em estudos com diferentes níveis de fósforo em dietas para juvenis de tambaqui, que observou diferença na deposição de fósforo e gordura corporal.

Em contrapartida, observou-se que a elevação dos níveis de fósforo total estimado aumentou a deposição de proteína ( $P < 0,01$ ) corporal dos peixes de forma quadrática até o nível estimado de 1,02% (Tabelas 3 e 4, Figura 1). Pode ser explicado pelo fósforo está envolvido no metabolismo de aminoácido, membranas celulares e fosfoproteínas (ROY e LALL, 2003).

Tabela 3. Deposições de proteína (DPC), gordura (DGC), fósforo (DFC) e de cinzas (DCZC) corporais, eficiências de retenção de nitrogênio (ERN) e de fósforo (ERF) de tambaqui na fase de engorda, em função do nível de fósforo total estimado da ração

Nível de fósforo estimado (%)	Nível de fósforo analisado (%)	Variável					
		DGC (mg/dia)	DPC (mg/dia)	DFC (mg/dia)	DCZC (mg/dia)	ERN (%)	ERF (%)
0,41	0,61	152,01	256,77	9,71	73,74	17,12	28,42
0,60	0,82	139,63	326,44	13,40	76,80	22,66	33,77
0,79	0,99	167,64	348,98	10,89	93,60	23,97	23,14
0,98	1,25	167,37	285,13	7,27	78,26	20,36	12,44
1,17	1,38	175,40	357,25	8,02	89,46	24,95	12,17
1,36	1,43	185,18	197,61	10,22	64,06	13,55	14,46
$P > F$ <sup>1</sup>		0,6576	0,0187	0,3280	0,0645	<0,0026	0,0001
CV (%) <sup>2</sup>		27,38	17,08	44,32	19,31	11,86	41,00

<sup>1</sup>  $P > F$  - Significância do Teste "F" da análise de variância;

<sup>2</sup> CV - Coeficiente de variação.

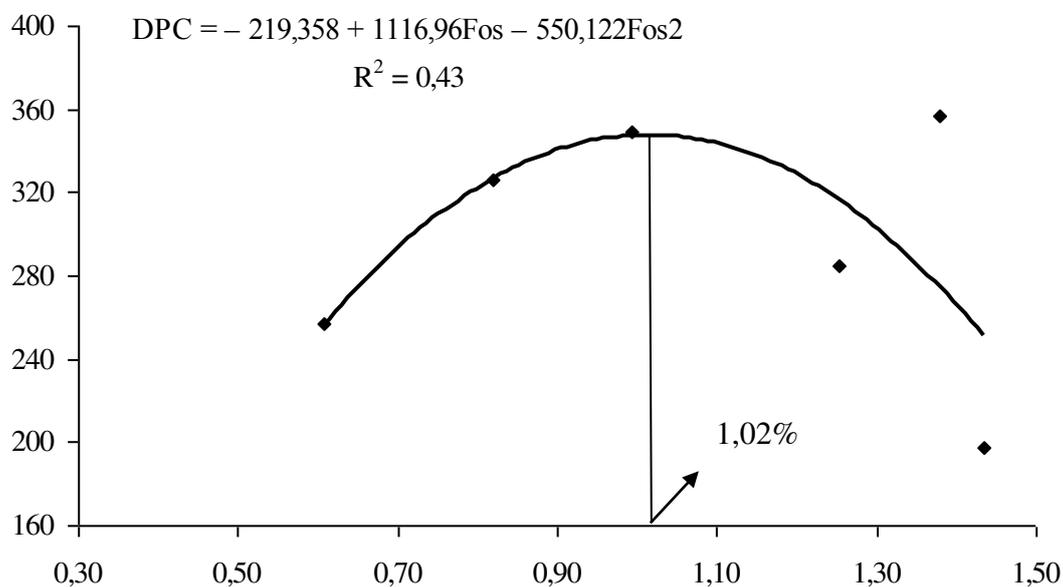


Figura 1. Representação gráfica da deposição de proteína corporal de tambaqui na fase de engorda em função do nível de fósforo estimado da ração.

Tabela 4. Equações de regressão ajustadas, coeficientes de determinação e valores de exigência para as variáveis, teores de umidade (UC), proteína (PC) e cinzas (CZ) corporais, deposição de proteína (DPC) corporal, eficiências de retenção de fósforo (ERF) e nitrogênio (ERN) de tabaquis na fase de engorda em função do nível de fósforo total estimado da ração

Variável	Modelo	Equação	P>F	R <sup>2</sup>	Exigência (%)
UC (%)	Quadrático	$UC = 102,841 - 40,5257 \text{ Fos} + 18,9647 \text{ Fos}^2$	0,0001	0,61	1,07
PC (%)	Quadrático	$PC = - 5,45443 + 32,2537 \text{ Fos} - 15,5221 \text{ Fos}^2$	0,0001	0,59	1,04
CZC (%)	Quadrático	$CZ = - 0,483957 + 6,44091 \text{ Fos} - 3,05423 \text{ Fos}^2$	0,0005	0,57	1,05
DPC (mg/dia)	Quadrático	$DPC = - 219,358 + 1116,96 \text{ Fos} - 550,122 \text{ Fos}^2$	0,0187	0,43	1,02
ERN (%)	Quadrático	$ERN = - 18,9885 + 84,3145 \text{ Fos} - 41,0728 \text{ Fos}^2$	0,0026	0,46	1,03
ERF (%)	Linear	$ERF = 47,4699 - 24,7344 \text{ Fos}$	0,0001	0,80	-----

Os minerais essenciais normalmente limitantes em rações práticas à base de alimentos de origem vegetal são cálcio, fósforo, magnésio, ferro, cobre, manganês, zinco, selênio e iodo (NRC, 2011). Cálcio e fósforo são importantes no desenvolvimento e manutenção do sistema esquelético e exigido em altos níveis em comparação com os demais. Para Ribeiro (2005) e Vilma e Lall (1998), a relação Ca: P não pode afetar o crescimento ou a quantidade de fósforo nos tecidos proveniente de uma dieta com altos teores de cálcio, porém em águas com baixos teores de cálcio, essa relação pode influenciar. Níveis baixos de cálcio na água e na dieta afetam a concentração de cálcio nos ossos que compromete o crescimento dos peixes.

Com relação à eficiência de retenção de nitrogênio, a elevação dos níveis de fósforo total estimado na dieta proporcionou efeito quadrático ( $P < 0,01$ ), aumentando essa variável até o nível estimado de 1,03%, e reduziu a eficiência de retenção de fósforo de forma linear ( $P < 0,01$ ) (Tabela 3 e 4).

O efeito verificado para a eficiência de retenção de fósforo é semelhante ao observado por Miranda et al. (2000), quando avaliaram diferentes níveis de fósforo em rações para tilapia do Nilo e observaram diminuição na retenção de fósforo a medida que se elevou os níveis de fósforo na dieta. Porém, difere do resultado encontrado por Haylor et al. (1988), que verificaram aumento da retenção de fósforo em tilápia do Nilo com o aumento dos níveis de fósforo na dieta.

Com o aumento dos níveis de fósforo na dieta a eficiência de absorção do fósforo diminuiu, provavelmente devido a saturação do transporte ativo, resultando em

maior excreção de fósforo (TANG et al., 2012). Quando a concentração luminal de fósforo é baixa, a absorção é por via transporte ativo, aumentando a eficiência de sua absorção intestinal e quando a concentração de fósforo é elevada no lúmen, o transporte passivo de fósforo é predominante (BOMFIM, 2013).

Pesquisa realizada por Quintero Pinto (2008) para determinação dos valores de exigência de fósforo para maioria das espécies de tilápia, na fase de alevinos e juvenis para evitar deficiência, varia entre 0,29 e 0,75% de fósforo disponível. Essa variação pode estar relacionada a fase de desenvolvimento dos peixes, tendo em vista que suas exigências podem variar nos diferentes estádios de vida. Corroborando com as exigências nas diferentes fases de vida do peixe, Shearer (1984) trabalhando com trutas arco-íris em diferentes etapas de vida, observou que a concentração mineral foi superior em peixes juvenis que em adultos.

Ensaio de desempenho e eficiência alimentar tem sido o principal critério para determinar as exigências de um nutriente. Entretanto, indicadores como composição e deposições corporais, eficiência de retenção de nitrogênio e fósforo são considerados variáveis confiáveis que complementam os resultados obtidos por meio de ensaios de desempenho e eficiência alimentar (NRC, 2011).

Com base nos resultados, a elevação dos níveis dietéticos de fósforo total estimado até o nível 1,07% aumentou a deposição de proteína e a eficiência de retenção de nitrogênio (% de nitrogênio ingerido que foi retido). Por outro lado, níveis superiores reduzem a eficiência de retenção de fósforo, aumentando a excreção ao ambiente.

## **6 CONCLUSÃO**

A recomendação dos níveis de fósforo total estimado em rações para tambaqui na fase de engorda para otimizar a deposição de proteína é de 1,02%, o que corresponde ao nível estimado de 0,70% de fósforo digestível.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, L. C. de. **Perfil digestivo e metabólico de juvenis de tambaqui, *Colossoma macropomum* (CUVIER 1818), alimentados com diferentes teores de proteína e lípidio.** Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de São Carlos, 2007.

BACCARIN, A. E.; CAMARGO, A. F. M. Characterization and evaluation of the impact of feed management on the effluents of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) culture. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 48, n. 1, p. 81-90, 2005.

BOMFIM, M. 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.

BOMFIM, M. A. D. Estratégias Nutricionais para Reprodução das Excreções de Nitrogênio e Fosforo 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.

BUREAU, D. P.; HUA, K. Towards effective nutritional management of waste outputs in aquaculture, with particular reference to salmonid aquaculture operations. **Aquaculture Research**, v. 41, p. 777-792, 2010.

BÜNZEN, S., ROSTAGNO, H. S.; LOPES, D. C.; HASHIMOTO, F. A. M.; GOMES, P. C.; APOLÔNIO, L. R. Digestibilidade do fósforo de alimentos de origem vegetal determinada em suínos em crescimento e terminação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37 n.7, p.1236-1242, 2008.

CHENG, A. C.; WU, J. D.; YANG, S. D.; LIOU, C. H. Dietary phosphorus requirement of juvenile Malabar grouper (*Epinephelus malabaricus*). **Journal of Fish Society Taiwan**, v.32, p.41- 52, 2005.

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.; SOUZA, M.A.; VALADARES FILHO, S.C. et al. **Métodos para análise de alimentos.** Visconde do Rio Branco: Suprema, p. 214, 2012.

DUARTE, E. **Cultivo de pós-larvas de tilápia do Nilo utilizando diferentes proporções de substrato concha/brita no biofiltro.** Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, p. 46, 2011.

FERNANDES, T. R. C.; DORIA, C. R. C.; MENEZES, J. T. B. Características de carcaça e parâmetros de desempenho do tambaqui (*Colossoma macropomum*, Cuvier, 1818) em diferentes tempos de cultivo e alimentado com rações comerciais. **Boletim do Instituto de Pesca**, n. 36. São Paulo. p. 45 – 52, 2010. Disponível em: [ftp://ftp.sp.gov.br/ftpcesca/36\\_1\\_45-52.pdf](ftp://ftp.sp.gov.br/ftpcesca/36_1_45-52.pdf) Acesso em 20/ Março /2016.

FRANÇA, W. G. **Avaliação do uso da fitase em dietas à base de fontes vegetais na alimentação do pacu (*Piaractus mesopotamicus*).** Dissertação (Mestrado)- Universidade Federal do Paraná, Programa de Pós-Graduação em Aquicultura e Desenvolvimento Sustentável. - Palotina, p. 44, 2015.

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, 100p, 2010.

FURUYA, W. M.; PEZZATO, L. E.; PEZZATO, A. C.; BARROS, M. M.; MIRANDA, E. C. Coeficientes de digestibilidade e valores de aminoácidos digestíveis de alguns ingredientes para a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira Zootecnia**, v.30 p. 1143-1149. 2001.

FURUYA, W. M. FUJII, K. M.; SANTOS, L. D.; SILVA, T. S. C.; SILVA, L. C. R.; SALES, P. J. P. Exigência de fósforo disponível para juvenis de tilápia-do-nilo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.9, p.1517-1522, 2008.

GOMES, L. C. **Criação de Tambaqui *Colossoma macropomum* em viveiro.** Laboratório de Ecologia Aquática, Centro Universitário Vila Velha, Macapá, 2011. Disponível em: [www.cpfap.embrapa.br](http://www.cpfap.embrapa.br) Acesso em: 20/ Março/ 2016.

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. p. 175- 204, 2010.

HARDY, R. W.; FAIRGRIEVE, W. T.; SCOTT, T. M. Periodic feeding of low-phosphorus diet and phosphorus retention in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). In: Kaushik, S. J.; Luquet, L. (eds), **Fish Nutrition in Practice.** Colloq. INRA n° 61, p.403-412, 1993.

HAYLOR, G. S.; BEVERIDGE, M. C. M.; JAUNCEY, K. Phosphorus nutrition of juvenile *Oreochromis niloticus*. In: Pullin, R. S. V., Bhukaswan, T., Tonguthai, K. (Eds) et al. The second international symposium on tilapia in aquaculture. Bangkok and ICLARM: Department of fisheries, Manila, **Proceedings**... p. 341- 345. 1988.

HELLAND, S.; REFSTIE, S.; ESPMARK, A.; HJELDE, K.; BAEVERFJORD, G. 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.

HENRY-SILVA, G. G.; CAMARGO, A. F. M.; PEZZATO, L. E. Digestibilidade aparente de macrófitas aquáticas pela tilápia do nilo (*Oreochromis niloticus*) e qualidade da água em relação às concentrações de nutrientes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n. 3, p. 641-647, 2006.

HUSSAR, G. J.; CONCEIÇÃO, C. H. Z.; PARADELA, A. L.; BARIN, D. J.; JONAS, T. C.; SERRA, W.; GOMES, J. P. R. Uso de leitos cultivados de vazão subsuperficial na remoção de macronutrientes de efluentes de tanques de piscicultura. **Engenharia Ambiental**, v. 1, n. 1, p. 25-34, 2004.

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>. Acessado em: 20/Março/2016.

KUBITZA, F. Qualidade da água na produção de peixes. Parte I. **Revista Panorama da Aquicultura**, v. 8, n. 45 p. 36- 41, 1998.

KUBITZA, F. Tanques-rede, rações e impacto ambiental. **Revista Panorama da Aquicultura**, v. 51, n. 9, p. 44- 50, 1999.

LAW, S. P. The minerals. In **Fish nutrition**. J. E. Halver e, R.W. Hardy, 3th ed. Academic Press, Washington DC. Pages 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.

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

MENEZES, A. **Aqüicultura na pratica: peixes, camarões, ostras, mexilhões e sururus**. Hoper Editora. Espírito Santo. p.107, 2005.

MIRANDA, E. C.; PEZZATO, A. C.; PEZZATO, L. E.; GRANER, C. F.; ROSA, G. J.; PINTO, L. G. Q. Relação cálcio/ fósforo disponível em rações para tilapia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia** 29 (6), p. 2162- 2171, (suplemento 2) 2000.

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

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.

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

OSTRENSKY, A.; BORGHETTI, J. R.; SOTO, D. **Aqüicultura no Brasil: o desafio é crescer**. 1ª ed. Brasília, 276p, 2008.

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.

PILARSKI, F.; TOMAZELLI JR, O; CASATA, J. M.; GARCIA, F. R. M.; TOMAZELLI, I. B.; SANTOS, I. R. Consórcio suíno-peixe: aspectos ambientais e qualidade do pescado. **Revista Brasileira Zootecnia**, v. 33, n. 2, p. 267-276, 2004.

PONTES, T. C. **Avaliação da enzima fitase em dietas de fontes vegetais na alimentação de juvenis de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*)**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná, Setor Palotina, PR. – Programa de Pós-graduação em Aquicultura e Desenvolvimento Sustentável, 2015.

PHROMKUNTHONG, W., e U. UDOM. Available phosphorus requirement of sex-reversed red tilapia fed all-plant diets. *Songklanakar J. Sci. Technol.* 30 (1): 7-16. 2008.

QUINTERO PINTO, L. G.; PARDO- GAMBOA, B. S.; QUINTERO- PARDO, A. M. C.; PEZZATO, L. E. Exigência e digestibilidade de fontes de fósforo para tilápias. **Revista Veterinária e Zootecnia**, São Paulo, v.5, n.2, p.30-43, 2011.

QUINTERO-PINTO, L. G. **Exigências dietárias 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.

RAMOS, C. A. M. **Relação das medidas de amplitude bucal de tambaqui (*Colossoma Macropomum*, 1818) com algumas variáveis biométricas**. Monografia (graduação) – Universidade Federal de Roraima. – Boa Vista, 40p., 2013.

RIBEIRO, F. B. **Níveis de fósforo total em dietas para alevinos de tilapia do Nilo**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa. - Viçosa: UFV, 2005.

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.

REDDING, T.; TODD, S.; MIDLEN, A. The treatment of aquaculture wastewater: A botanical approach. **Journal of Environmental Management**, v. 50, n. 3, p. 283-299, 1997.

ROY, P.; LALL, S. P. Dietary phosphorus requirements of juvenile haddock (*Melanogrammus aeglefinus* L.). **Aquaculture**, v. 221, n. 1- 4, p. 451- 468, 2003.

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

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.

SAKAMOTO, S.; YONE, Y. Effect of dietary phosphorus level on chemical composition of red sea bream. **Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries**, v.44, p.227-229, 1978.

SHEARER, K. D. Changes in elemental composition of hatchery- reared rainbow trout, *Salmo gairdneri*, associated with growth and reproduction. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science**, v. 41, p.1592- 1600, 1984.

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.

SOUSA, T. J. R. DE. **Exigência de fósforo para tambaqui (*Colossoma macropomum*) em diferentes faixas de peso**. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós- graduação em Ciência Animal CCAA, Universidade Federal do Maranhão, Chapadinha, 71f, 2017.

SUGIURA, S. H.; BABBITT, J. K.; DONG, F. M. Hardy, R. W. Utilization of fish and animal by-product meals in low-pollution feeds for rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* (Walbaun). **Aquaculture Research**, v.31, p.585-593, 2000.

SUGIURA, S. H.; ROY, P. K.; FERRARIS, R. P. Dietary acidification enhances phosphorus digestibility but decreases H<sup>+</sup>/K<sup>+</sup>-ATPase expression in rainbow trout. **The Journal of Experimental Biology**, Udaipur, v.209, p.3719-3728, 2006.

SCHAMBER, C. R. **Exigência de fósforo para tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) na terminação**. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Maringá. Programa de Pós-graduação em Zootecnia, área de concentração, produção animal, 33 f, 2008.

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. doi:10.1100/2012/987570.<http://www.hindawi.com/journals/tswj/2012/987570/abs/>.

TRUE, B; JOHNSON, W.; CHEN, S. Reducing phosphorus discharge flow through aquaculture I: facility and effluent characterization. **Aquacultural Engineering**, v. 32, n. 1, p. 129-144, 2004.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA - UFV. **Sistemas de Análises Estatísticas e Genéticas - SAEG**. Viçosa, MG: 1997 (Versão 8.0).

VAL, A. L. **Adaptations of fishes to extreme conditions in freshwater**. In: Bicudo, J. E. (Ed). The vertebrate gas transport cascade: adaptation to environment and mode of life. CRC Press. Boca Raton. p. 43-53, 1993.

VAN DER PLOEG, M. e TUCKER, C. S. Seasonal trends in flavor quality of channel catfish, *Ictalurus punctatus*, from commercial ponds in Mississippi. **Journal of applied Aquaculture**, 3(1-2): 121-140, 1994.

VIELMA, J., LALL, S. P. Control of phosphorus homeostasis of Atlantic salmon (*Salmo salar*) in fresh water. **Fish physiology and biochemistry**. v.19, p.83-93. 1998.

YANG, S. D.; LIN, T. S.; LIU, F. G. LIOU, C. H. 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.