

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

**DIGESTIBILIDADE APARENTE DO FÓSFORO EM RAÇÕES
PARA TAMBAQUI, NAS FASES ENTRE 1 A 20 GRAMAS E 20
A 100 GRAMAS**

ALUNA: Dhulya Rodrigues de Sousa Melo

ORIENTADOR: Prof. Dr. Marcos Antonio Delmondes Bomfim

CHAPADINHA/MA

2019

**DIGESTIBILIDADE APARENTE DO FÓSFORO EM RAÇÕES
PARA TAMBAQUI, NAS FASES ENTRE 1 A 20 GRAMAS E 20
A 100 GRAMAS**

Trabalho apresentado ao curso de
Zootecnia da Universidade Federal
do Maranhão como requisito
indispensável para graduação em
Zootecnia

ALUNA: Dhulya Rodrigues de Sousa Melo

ORIENTADOR: Prof. Dr. Marcos Antonio Delmondes Bomfim

CHAPADINHA, MA

2019

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

Rodrigues, Dhulya.

Digestibilidade Aparente do Fósforo em Rações para Tambaqui, nas fases entre 1 a 20 gramas e 20 a 100 gramas / Dhulya Rodrigues. - 2019.

32 p.

Orientador(a): Marcos Antonio Delmondes Bomfim Bomfim. Monografia (Graduação) - Curso de Zootecnia, Universidade Federal do Maranhão, Chapadinha/MA, 2019.

1. Fósforo digestível. 2. Método indireto. 3. Minerais. I. Bomfim, Marcos Antonio Delmondes Bomfim. II. Título.

DHULYA RODRIGUES DE SOUSA MELO

**DIGESTIBILIDADE APARENTE DO FÓSFORO EM RAÇÕES PARA TAMBAQUI,
NAS FASES ENTRE 1 A 20 GRAMAS E 20 A 100 GRAMAS**

Trabalho apresentado ao curso de Zootecnia da Universidade Federal do Maranhão como requisito indispensável para graduação em Zootecnia

Aprovada em: 11 / 07 / 2019

Banca Examinadora

MSc. Rafael Silva Marchão – Universidade Federal do Maranhão – UFMA

Prof. MSc. Charlyan de Sousa Lima – Universidade do Vale do Taquari – UNIVATES

Prof. Dr. Marcos Antonio Delmondes Bomfim – Universidade Federal do Maranhão – UFMA
(Orientador)

CHAPADINHA, MA

2019

DEDICATÓRIA

“Dedico essa pesquisa a Deus, companheiro de todos os momentos durante toda a jornada, a minha mãe, meu maior exemplo a toda a minha família e meu esposo que foram minha maior força nos momentos difíceis”.

AGRADECIMENTOS

Hoje não posso esquecer o papel que Deus teve ao longo do meu percurso. Agradeço ao Senhor pela força que colocou no meu coração para lutar até alcançar esta grande meta na minha vida, foi ele que levantou minha cabeça e me deu força para não desistir nos momentos mais difíceis.

Ao Centro de Ciências Agrárias e Ambientais – CCAA da Universidade Federal do Maranhão – UFMA, quero deixar uma palavra de gratidão por ter me recebido de braços abertos e com todas as condições que me proporcionaram dias de aprendizagem muito ricos.

Aos professores reconheço um esforço gigante com muita paciência e sabedoria. Foram eles que me deram recursos e ferramentas para evoluir um pouco mais todos os dias, em especial ao meu orientador Prof. Dr. Marcos Antonio Delmondes Bomfim, por me receber em seu grupo de pesquisa, pela confiança e presteza em todo o período da graduação.

Agradeço a minha Mãe Silvana Rodrigues que me proporcionou a melhor educação e lutou para que eu estivesse concluindo mais essa etapa da minha vida. Sei o quanto você se doou para a realização desse sonho.

Aos meus amados irmãos, Dhulyana Rodrigues, Whalyson Rodrigues, Tiago Rodrigues e avós Dorace Rodrigues e Berenice Rodrigues que entenderam a minha ausência, acompanharam a minha dedicação e torceram por mim.

Sou grata a meu marido Zaidan Mendes que me apoiou em todos os momentos, soube compreender quando eu não podia estar presente e me deu forças para vencer mais essa etapa da minha vida.

A todos do grupo de Nutrição e Alimentação de Organismos Aquáticos (LANUMA): Neliane Galvão, Rafael Marchão, Dayana Costa, Mayla Lima, Maylane Lima, Thiago Silva e mestres, Janayra Silva, Thalles Sousa, Marilene Sousa, pela amizade e contribuição para a realização deste trabalho, e a todos aqueles que colaboraram de alguma forma.

A todos os meus sinceros agradecimentos

“Só se pode alcançar um grande êxito quando nos mantemos fiéis a nós mesmos.”

Friedrich Nietzsche

RESUMO

DIGESTIBILIDADE APARENTE DO FÓSFORO EM RAÇÕES PARA TAMBACUI, NAS FASES ENTRE 1 A 20 GRAMAS E 20 A 100 GRAMAS

Considerando que os coeficientes de digestibilidade de fósforo podem variar em função da concentração de fósforo na ração, bem como nas diferentes fases de criação, objetivou-se determinar os teores de fósforo digestível em rações para tambacui (*Colossoma macropomum*) contendo diferentes níveis de fósforo total, nas fases entre 1 e 20 gramas e 20 e 100 gramas. Na primeira fase (1 a 20 gramas) foram utilizados 360 alevinos de tambacui com peso inicial de $13,3 \pm 0,63$ g. Na segunda fase (20 a 100 gramas) foram utilizados 180 peixes com peso médio inicial em torno de $47,63 \pm 0,49$ g. Em ambas as fases, foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 2 x 6, composto por seis tratamentos, três repetições por tratamento e 20 e 10 peixes por unidade experimental, respectivamente. Os tratamentos, nas duas fases, foram constituídos de seis rações experimentais isoproteicas, isoenergéticas e isocálcicas, com diferentes níveis de fósforo total (0,42; 0,64; 0,86; 1,08; 1,30 e 1,52 %) acrescidas de 0,50% de óxido crômico (99,50% da ração experimental + 0,50% de Cr_2O_3), como indicador indigestivo na determinação de coeficientes de digestibilidade pelo método indireto. Os peixes foram mantidos em caixas de polietilenos (aquário) de 1.000 L em sistema fechado de circulação de água, dotadas de sistema de abastecimento, aeração suplementar e drenagem individual, e foram alimentados *ad libitum* durante 53 dias. Foram avaliados os coeficientes de digestibilidade aparente de fósforo e os valores de fósforo digestível da ração. Não houve interação entre a concentração de fósforo na ração e a fase de criação para nenhuma das variáveis avaliadas. Os coeficientes de digestibilidade aparente de fósforo diminuíram de forma quadrática (66,63% a 13,03%) com o aumento dos níveis de fósforo da ração e alevinos apresentaram valores superiores em relação a juvenis. Os teores de fósforo digestível da ração aumentaram de forma quadrática até o nível de 0,90% de fósforo total da ração, equivalente a 0,38% de fósforo digestível, e os teores de fósforo digestível foram superiores para alevinos em relação a juvenis. Conclui-se que a suplementação de fósforo na ração diminui seus coeficientes de digestibilidade aparente, sendo que os maiores valores de fósforo digestível foram obtidos com 0,90% de fósforo total, equivalente a 0,38% de fósforo digestível; e que os coeficientes de digestibilidade para alevinos são superiores aos obtidos para juvenis.

Palavras-chave: *Colossoma macropomum*, método indireto, minerais.

ABSTRACT

APPARENT DIGESTIBILITY OF PHOSPHORUS IN RATIONS FOR TAMBAQUI, CONTAINING DIFFERENT LEVELS OF TOTAL PHOSPHORUS, IN THE PHASES BETWEEN 1 TO 20 GRAMS AND 20 TO 100 GRAMS

Considering that the digestibility coefficients of phosphorus can vary according to the concentration of phosphorus in the ration, as well as in the different creating phases, the objective was to determine the levels of digestible phosphorus in rations for tambaqui (*Colossoma macropomum*) containing different levels of total phosphorus, in the stages between 1 to 20 grams and 20 to 100 grams. In the first phase (1 to 20 grams) were used 360 tambaqui fingerlings with initial weight of 13.3 ± 0.63 g. In the second phase (20 to 100 grams) were used 180 fish with initial average weight around 47.63 ± 0.49 g. In both phases, a completely randomized design was used in a 2 x 6 factorial scheme, consisting of six treatments, three replicates per treatment and 20 and 10 fish per experimental unit, respectively. The treatments were composed of six isoprotein, isoenergetic and isocalcium diets with different levels of total phosphorus (0.42, 0.64, 0.86, 1.08, 1.30 and 1.52%) with 0.50% chromic oxide (99.50% of the experimental ration + 0.50% Cr₂O₃), as an indigestive indicator in the determination of digestibility coefficients by the indirect method. The fish were kept in 1000 L polyethylene boxes (aquarium) in a closed water circulation system, provided with a supply system, supplementary aeration and individual drainage and were fed ad libitum for 53 days. The coefficients of apparent digestibility of phosphorus and the digestible phosphorus values of the ration were evaluated. There was no interaction between the phosphorus concentration in the ration and the creating phase for any of the evaluated variables. The coefficients of apparent digestibility of phosphorus decreased in a quadratic form (66.63% to 13.03%) with the increase of dietary phosphorus levels and fingerlings showed higher values in relation to juveniles. Digestible phosphorus levels in the ration increased quadratically until the total phosphorus level of 0.90%, equivalent to 0.38% digestible phosphorus, and digestible phosphorus levels were higher for fingerlings than juveniles. It was concluded that phosphorus supplementation in the ration decreases its apparent digestibility coefficients, and the highest digestible phosphorus values were obtained with 0.90% of total phosphorus, equivalent to 0.38% of digestible phosphorus; and that the digestibility coefficients for fingerlings are higher than those obtained for juveniles.

Keywords: *Colossoma macropomum*, indirect method, minerals.

SUMÁRIO

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | INTRODUÇÃO | 12 |
| 2 | OBJETIVOS | 14 |
| 2.1 | Objetivo Geral | 14 |
| 2.2 | Objetivos Específicos | 14 |
| 3 | REVISÃO DE LITERATURA..... | 15 |
| 3.1 | Cenário mundial da piscicultura no Brasil | 15 |
| 3.2 | Tambaqui (<i>Colossoma macropomum</i>) | 15 |
| 3.3 | Exigência Nutricional em Minerais | 16 |
| 3.4 | Fósforo..... | 17 |
| 3.5 | Digestibilidade..... | 18 |
| 4 | METODOLOGIA..... | 20 |
| 5 | RESULTADOS E DISCUSSÃO | 24 |
| 6 | CONCLUSÕES..... | 26 |
| 7 | REFERÊNCIAS | 28 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 1 – Composição percentual e química das rações experimentais (matéria natural) | 22 |
| Tabela 2 – Coeficientes de digestibilidade aparente de fósforo (CDAf) em função do nível de fósforo da ração para tambaquis nas fases de alevino (1 a 20 gramas) e juvenil (20 a 100 gramas). | 24 |
| Tabela 3 – Nível de fósforo digestível (Pd) em função do nível de fósforo da ração para tambaquis nas fases de alevino (1 a 20 gramas) e juvenil (20 a 100 gramas)..... | 26 |

1 INTRODUÇÃO

O fósforo é um mineral essencial para o funcionamento do organismo e está presente em praticamente todos os ingredientes alimentícios utilizados na formulação de rações. É encontrando em diferentes concentrações, formas e disponibilidades/digestibilidade (QUINTERO-PINTO et al., 2011; SANTOS, 2012).

Quando os níveis dietéticos de fósforo presentes na ração estão abaixo da exigência nutricional do animal acarreta diminuição no desempenho, no desenvolvimento das vilosidades intestinais, na eficiência alimentar e na mineralização óssea, além de proporcionar redução da eficiência de utilização de aminoácidos para deposição de proteína corporal nos peixes, e aumentar consequentemente, a descarga de compostos nitrogenados ao ambiente (RIBEIRO et al., 2006; QUINTERO-PINTO et al., 2011; SANTOS, 2012). Devido a esses fatores há a necessidade de fazer ajustes na concentração dietética desse elemento para o atendimento das exigências nutricionais da espécie a ser trabalhada (FURUYA et al., 2010; QUINTERO-PINTO et al., 2011; NRC, 2011; SANTOS, 2012).

Os ingredientes de origem vegetal utilizado na formulação das rações apresentam baixo teor de fósforo. Além disso, cerca de 50 a 80% está ligado ao fitato, tornando essa parcela indisponível para os peixes pela ausência da produção endógena da enzima fitase (CAO et al., 2007). O fosforo digestível é parte do fosforo que foi digerido no trato gastrointestinal e parte da fração do fosforo não fitico e parte do fosforo ligado a molécula de fitato que por ventura foi hidrolisado pela fitase do ingrediente (CAO et al., 2007). A digestibilidade dos alimentos tem grande importância para a formulação de rações para o atendimento das exigências nutricionais de uma espécie (SOUZA, 1989).

O tambaqui (*Colossoma macropomum*) é um caracídeo nativo das bacias dos rios Amazonas e Orinoco. Esta espécie, dentre as nativas, tem-se apresentado como uma das mais promissoras para piscicultura sustentável, pois além de possuir características que vão desde excelente capacidade de adquirir peso, rusticidade, e de se adaptar aos cultivos, também possui carne firme e de sabor suave. Quando criado em cativeiro pode atingir tamanho comercial em um ano de cultivo e devido ao seu hábito alimentar que possibilita a utilização de ração comercial na sua criação (NUNES et al., 2006; GOMES et al., 2010; DAIRIKI e SILVA, 2011).

Para que se tenha um alto potencial produtivo desta espécie, tem se a necessidade do conhecimento da digestibilidade dos nutrientes normalmente utilizados pelas indústrias de rações, com a intenção de diminuir excreções gerados no meio aquático. A aceleração dos processos de eutrofização que podem vim a ocorrer no meio aquático, são geradas pelo nitrogênio e fosforo secretados pelos peixes que consequentemente, pode vim a causar impactos negativos ao ambiente (YAMAMOTO et al., 2007; PEZZATO et al., 2009; GUIMARÃES et al., 2011; SARKER et al., 2011; GUIMARÃES et al., 2012).

A diferença encontrada nos estudos de digestibilidade de um alimento para uma mesma espécie se dá principalmente pela influência exercida sobre a faixa de peso / fase de criação dos animais (QUINTERO-PINTO, 2008).

Com base na carência de informações sobre a digestibilidade aparente de fósforo, e pelo fato da fase de criação ter grande influência nos valores encontrados de digestibilidade, há a necessidade de determinar os coeficientes de digestibilidade e os teores de fósforo digestível em rações para tambaqui (*Colossoma macropomum*) contendo diferentes níveis de fósforo total, nas fases entre 1 a 20 gramas e 20 a 100 gramas.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Determinar os teores de fósforo digestível em rações para tambaqui (*Colossoma macropomum*) contendo diferentes níveis de fósforo total, nas fases entre 1 a 20 gramas e 20 a 100 gramas.

2.2 Objetivos Específicos

Determinar os coeficientes de digestibilidade e os teores de fósforo digestível em rações para tambaqui (*Colossoma macropomum*) contendo diferentes níveis de fósforo total, na fase entre 1 a 20 gramas;

Determinar os coeficientes de digestibilidade e os teores de fósforo digestível em rações para tambaqui (*Colossoma macropomum*) contendo diferentes níveis de fósforo total, na fase entre 20 a 100 gramas.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Cenário mundial da piscicultura no Brasil

A produção mundial do pescado vem sofrendo um crescimento gradual no decorrer das últimas décadas. Dados oficiais divulgados em 2017 (IBGE) apontaram que, em 2016, a produção nacional de pescado cresceu 4,4% na piscicultura com 507,12 mil toneladas. A piscicultura brasileira vem se firmando como uma atividade econômica no cenário nacional da produção de alimentos desde 1990, quando a produção estava em torno de 25.000 toneladas/ano, apresentando uma produção aproximada de 479 mil toneladas/ano em 2010.

O Brasil possui 12 bacias hidrográficas distribuídas em diversas regiões com características climáticas próprias, sendo elas: Bacia Amazônica, Tocantins Araguaia, Paraguai, Paraná, Parnaíba, São Francisco, Bacia Atlântico Nordeste Ocidental, Atlântico Nordeste Oriental, Atlântico Leste, Atlântico Sudeste, Atlântico Sul e Bacia do Uruguai (BRASIL, 2014).

De acordo com a Embrapa (2017), as espécies mais comuns criadas no país, por região, são: na região Norte, o tambaqui, pirarucu e pirapitinga; no Nordeste a tilápia e camarão marinho; no Centro-Oeste o tambaqui, pacu e pintado; no Sudeste tilápia, pacu e pintado e na região Sul a carpa, tilápia, jundiá, ostra e mexilhão. Com o aumento da demanda por alimentos mas saúdes e o grande crescimento populacional no decorrer dos anos, vem causando grandes preocupações com a segurança alimentar, sendo encarado com um grande desafios para os produtores para os anos seguintes, buscando cada vez mais técnicas que facilitem a produção.

3.2 Tambaqui (*Colossoma macropomum*)

O tambaqui (*Colossoma macropomum*) é um caracídeo natural das bacias dos rios Amazonas. Esta espécie, dentre as nativas, vem ganhando grande destaque entre as espécies cultivadas para piscicultura sustentável, por possuir características mercadológicas como carne branca, firme e de sabor suave, pode atingir em cativeiro tamanho comercial em um ano de cultivo naturalmente. A dieta do tambaqui no seu ambiente natural é composta prioritariamente de frutos e sementes no período de enchente (ARAUJO-LIMA, 2005; SANTOS et al., 2014). Em época de vazante, com a escassez de alimento, passa a se alimentar de zooplâncton, motivo pelo qual seu hábito alimentar é frequentemente

denominado de onívoro-oportunista, e por possuir hábito alimentar onívoro/frugívoro/zooplantófago, facilitando assim a utilização de rações na sua criação.

É uma das espécies de peixe mais importantes para a economia da Amazônia, sendo a espécie nativa mais cultivada na Amazônia brasileira e a mais frequente em pisciculturas de todo o país além da facilidade de comercialização dos alevinos (DAIRIKI e SILVA, 2011; GOMES et al., 2010; LOPERA-BARRETO et al., 2011; RODRIGUES, 2014).

Segundo o (IBGE, 2016), o tambaqui foi a segunda espécie mais criada no Brasil, com 27,0% do total de peixes em 2016. Sua despesca foi de 136,99 mil toneladas, representando um aumento de 0,2% em relação a 2015. A criação da espécie é maior no Norte do País com 79,8% do total nacional, porém, o estado de Rondônia é o principal produtor da espécie do Brasil com 50,8% do total da produção nacional e 63,7% da produção regional no ano. No Maranhão, além de ser a espécie de peixe mais produzida, os números oficiais indicam uma produção de 24.426 toneladas em 2016 (IBGE, 2016).

As rações formuladas para aquicultura estão entre as mais caras dentre as destinadas ao mercado da nutrição animal devido ao uso de altos níveis de ingredientes caros devido aos aminoácidos sintéticos e ao processamento a que são submetidas. O elevado teor proteico da dieta é o principal responsável pelos altos custos característicos destas rações (FURUYA, 2007).

3.3 Exigência nutricional em minerais

Os minerais desempenham funções vitais para o organismo, ou seja, a presença deles favorece o equilíbrio e manutenção de funções corporais básicas (BAKKE ET AL., 2011). De acordo com Dairiki e Silva (2011) Os peixes absorvem a maioria dos macro minerais e micro minerais como cálcio, magnésio, sódio, potássio, ferro, zinco, cobre e selênio, diretamente da água de cultivo para sua manutenção e crescimento, mas essas quantidades nem sempre atendem a exigência do animal. Os minerais são responsáveis por realizarem diversas funções biológicas, podendo ser classificadas como estruturais (tecido ósseo e proteínas musculares); regulatórias, como replicação e diferenciação celular; fisiológicas, como sua ação sobre a osmorregulação e a permeabilidade de membrana; são sistemas de metaloenzimas e fazem parte de moléculas de estoque de energia (CHO et al., 1985; BUREAU e CHO, 1999).

3.4 Fósforo

O fósforo é constituinte importante da estrutura óssea, existindo em estreita relação com o cálcio (STEFFENS, 1987). Cerca de 80% do fósforo encontra-se nos ossos e nos dentes e os outros 20% estão distribuídos nos tecidos moles, glóbulos vermelhos, ácidos nucléicos, membranas, músculos, tecidos nervosos e escamas (SUTTLE, 2010; NRC, 2011). Neste sentido, o fósforo é indispensável para o crescimento, mineralização óssea, metabolismo de lipídios (MIRANDA et al., 2000B; PEZZATO et al., 2006; NWANNA et al., 2009), tendo papel importante nos processos metabólicos e na transferência de energia química no organismo via ATP exercendo diversas reações bioquímicas, como gliconeogênese, transporte de ácidos graxos, e de aminoácidos, na síntese proteica, e na atividade da bomba de sódio/potássio (LEHNINGER et al., 1995; SUTTLE, 2010). O uso excessivo deste mineral na composição das rações pode levar à eutrofização, que compromete a qualidade da água interferindo diretamente nas características organolépticas do animal (DIEMER et al., 2014).

O fósforo presente na água não atende suficientemente a máxima utilização pelo animal deste mineral, sendo necessário que nas rações contenha níveis adequados que venham a atender à exigência nutricional. A redução do nível de fósforo nas rações causa a diminuição no desempenho do animal, assim como no desenvolvimento das vilosidades intestinais, da eficiência alimentar e da mineralização óssea, além de diminuir a utilização dos aminoácidos e em consequência disso, há redução na deposição de proteína corporal, aumentando, assim, a descarga de nitrogênio no ambiente (BOMFIM, 2013).

O fósforo pode ser encontrado em diferentes formas e concentrações, por exemplo, o fosfato livre se encontra na forma inorgânica enquanto o fósforo de origem animal é encontrado na forma orgânica (QUINTERO PINTO, 2008), que em tese é 100% disponível aos animais. Nos ingredientes de origem vegetal, a um baixo teor de fósforo e cerca de 50 a 80% está associado ao fitato (BOMFIM, 2013). A molécula de ácido fítico é uma das principais complicações encontradas por dificultar o aproveitamento de fósforo pelos animais monogástricos. Isso ocorre devido ao fitato se ligar ao fósforo impedindo que ele seja disponível a esses animais, por não sintetizarem a enzima fitase.

Na absorção intestinal de fósforo em monogástricos, parte é realizada por mecanismo de transporte ativo, com cotransporte do íon sódio (duodeno), com possibilidade de saturação

nos transportadores; e parte ocorre por mecanismo passivo (jejuno e íleo), não saturável quando há gradiente de concentração eletricamente favorável (Quintero- Pinto et al., 2011).

Segundo Tang et al. (2012), quando a concentração de fósforo inorgânico é elevada no lúmen, o transporte passivo de fósforo é predominante. Quando a concentração luminal de fósforo é baixa, a absorção via transporte ativo é predominante, aumentando a eficiência de sua absorção intestinal. Neste sentido, a utilização de dietas com deficiência ou excesso de fósforo potencialmente digestível, em relação às exigências, pode influenciar nos valores de digestibilidade obtidos experimentalmente (Quintero-Pinto, et al., 2011).

Pezzato et al. (2006), avaliando teores de fósforo na dieta para alevinos de tilápia do Nilo alimentados com rações contendo teores inferiores a 0,5% de fósforo digestível, demonstraram menor ganho de peso e eficiência alimentar e maior conversão alimentar aparente.

Alguns estudos conduzidos com pacus, que também são considerados peixes redondos, estimam que o tambaqui criado em sistemas de tanques-rede e viveiros, pode apresentar necessidade de 0,60% de fósforo da dieta (COELHO, 2005; FURUYA, 2007 ;DIEMER et al, 2010; DIEMER, 2011).

3.5 Digestibilidade

A digestibilidade pode ser aparente ou verdadeira. A digestibilidade aparente refere-se à diferença entre a quantidade do nutriente ingerido e o excretado nas fezes, enquanto, a digestibilidade verdadeira, também é contabilizada pelas perdas endógenas (SAKOMURA e ROSTAGNO, 2007).

Segundo Irvin e Tabrett (2005) pesquisas relacionadas ao coeficientes de digestibilidade dos alimentos utilizados nas dietas é pré-requisito para o potencial do seu valor nutritivo e na formulação de dietas balanceadas com menor custo. Um ingrediente somente poderá ser utilizado com mais eficiência quando a digestibilidade dos nutrientes que o compõem for conhecida (HOSSAIN e JAUNCEY 1989).

Em geral, para a determinação da digestibilidade são empregados dois métodos, o direto e o indireto (LOBO JÚNIOR et al, 2001; SAKOMURA E ROSTAGNO, 2007). O método direto é realizado através da coleta total de fezes, enquanto o método indireto é feito por meio de indicador não digestível (SENA, 2012). Como a separação das fezes com o meio

aquático e com os resíduos de alimentos não digeridos é dificultado, o método direto não tem sido utilizado para determinação dos coeficientes de digestibilidade pelos peixes. Inicialmente, o método direto, envolvia filtragem de água, quantificação total das excretas e urina. Entretanto, o método não era exato, devido à contaminação de urina ou excreções liberadas pelas brânquias (DE SILVA e ANDERSON, 1995). O método direto foi citado por alguns autores como sendo trabalhoso ou impreciso (NOSE, 1960; NUNES, 1996).

O método indireto é o mais frequentemente utilizado nos estudos que envolve o uso de indicador inertes, sendo o mais utilizado, o óxido de crômio (Cr_2O_3). No método indireto, os coeficientes de digestibilidade aparente são estimados pela diferença de concentração do indicador e nutriente no alimento e nas fezes, sendo assim a coleta total das fezes não é necessária, apenas uma amostra representativa permitindo que os peixes comam à vontade (NRC, 2011).

Segundo Bomfim e Lanna (2004), a coleta das fezes pelo método indireto pode ser realizada tanto sendo obtida de um cultivo com tanque ou aquário após a defecação (coleta com o peixe dentro da água), ou mesmo ser coletadas diretamente do intestino antes de serem defecadas pelo peixe (coleta com o peixe fora da água).

O indicador para ser caracterizado como um bom indicador deve ser indigestível e não ser absorvido, além de não apresentar ações farmacológicas e passar facilmente no aparelho digestível, tendo uma rápida e fácil determinação química e que seja preferencialmente ingrediente natural da dieta (GODDARD e MCLEAN, 2001). O imprescindível conhecimento dos coeficientes de digestibilidade dos ingredientes utilizados nas rações e os fatores que possam atrapalhar no seu aproveitamento pelos animais é de grande importância na formulação e balanceamento adequado das rações, para maximizar o desempenho e eficiência alimentar.

Abimorad e Carneiro (2004) avaliando diferentes métodos de coleta de fezes (dissecação, extrusão das fezes, Guelph e Guelph modificado) sobre os coeficientes de digestibilidade da proteína e da matéria seca em pacu, concluíram que todos os métodos de coleta de fezes estudados podem ser adotados para a determinação dos coeficientes de digestibilidade da fração proteica dos alimentos para o pacu, desde que usados criteriosamente. Ainda segundo esses autores, o intervalo de coleta de fezes para a

determinação da digestibilidade, utilizando os sistemas Guelph, não deve ultrapassar 30 minutos, pois podem ocorrer lixiviação das fezes.

No entanto, segundo Sena (2012) as informações obtidas apenas com uma espécie não devem ser generalizadas para todas as outras, visto que existem fatores específicos que as diferenciam, como o comportamento e consistência das fezes.

4 METODOLOGIA

O experimento foi conduzido 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), localizado no município de Chapadinha, Maranhão, com duração de 53 dias experimentais.

O experimento foi dividido em duas fases, na primeira fase (1 a 20 gramas) foram utilizados 360 alevinos de tambaqui (*C. macropomum*) com peso inicial de $13,3 \pm 0,63\text{g}$, em experimento com delineamento inteiramente casualizado, composto por seis tratamentos, três repetições por tratamento e vinte peixes por unidade experimental. Na segunda fase (20 a 100 gramas) foram utilizados 180 peixes com peso médio inicial em torno de $47,63 \pm 0,49\text{g}$, em delineamento inteiramente casualizado, composto por seis tratamentos, três repetições por tratamento e 10 peixes por unidade experimental.

Os tratamentos, nas duas fases, foram constituídos de seis rações experimentais com diferentes níveis de fósforo total, (0,42; 0,64; 0,86; 1,08; 1,30 e 1,52 %) sendo isoproteicas, isoenergéticas e isocálcicas, acrescidas de 0,50% de óxido crômico (99,50% da ração experimental + 0,50% de Cr_2O_3), como indicador indigestível na determinação de coeficientes de digestibilidade pelo método indireto (FRACALOSSI et al., 2013). Os níveis de proteína bruta, as relações metionina mais cistina:lisina e treonina:lisina foram fixados com base nos valores recomendados por Lima et al. (2016) e Souza et al. (2019) para tambaqui, e por Takishita (2012) para tilápias, respectivamente. Para os demais níveis nutricionais, foram utilizados os valores recomendados para tilápias do Nilo (FURUYA et al., 2010).

Os peixes foram mantidos em 18 gaiolas confeccionadas com tela de plástico, mantidos em caixas de polietileno (aquários) com capacidade volumétrica de 1.000 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 a primeira aferição da temperatura da água. O período das coletas foram realizadas com a transferência dos peixes dos tanques de alimentação para as incubadoras de (fibra de vidro) com capacidade volumétrica de 220 litros, sendo realizado renovação de 70% da água antes da coleta.

A temperatura da água foi aferida 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 controles do pH e do teor de oxigênio dissolvido e da amônia na água foram aferidos a cada sete dias, respectivamente, por intermédio de um pHmetro, oxímetro e kit comercial para teste de amônia tóxica, respectivamente.

As rações experimentais contendo os níveis de fósforo que irão ser avaliados estão apresentados na Tabela 1.

As rações experimentais foram misturadas, em seguida peletizadas para minimizar a possibilidade de lixiviação de ingredientes. No período pré-experimental, os animais passaram por um período de adaptação por uma semana, com as respectivas rações experimentais. As rações experimentais foram fornecidas diariamente ad libitum em sete refeições (08:10, 11:00, 14:00, 16:00, 16:30, 17:00 e 17:30 horas), sendo que, em cada refeição, eram realizados sucessivos repasses, possibilitando a ingestão máxima, até a aparente saciedade.

Após 30 minutos da última alimentação, os aquários foram limpos e 70% da água renovada, possibilitando assim a remoção de eventuais resíduos de ração que poderia contaminar as fezes dos peixes. Logo após, as gaiolas com os peixes foram transferidas do tanque de alimentação para 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, onde permaneciam durante a noite das 18:00 até as 08:00 horas da manhã do dia seguinte.

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

| Ingredientes (%) | Nível de fósforo total (%) | | | | | |
|---|----------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | 0,42 | 0,64 | 0,86 | 1,08 | 1,30 | 1,52 |
| 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 ⁶ | 0,500 | 0,500 | 0,500 | 0,500 | 0,500 | 0,500 |
| Vitamina C ⁵ | 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 ¹ | | | | | | |
| Proteína Bruta (%) | 32,00 | 32,00 | 32,00 | 32,00 | 32,00 | 32,00 |
| Proteína Digestível (%) ² | 29,34 | 29,34 | 29,34 | 29,34 | 29,34 | 29,34 |
| Energia Digestível (kcal/kg) ² | 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 |
| Lisina Digestível (%) ³ | 1,700 | 1,700 | 1,700 | 1,700 | 1,700 | 1,700 |
| Metionina + Cistina Digestível (%) ³ | 1,105 | 1,105 | 1,105 | 1,105 | 1,105 | 1,105 |
| Treonina Digestível (%) ³ | 1,496 | 1,496 | 1,496 | 1,496 | 1,496 | 1,496 |
| Triptófano Digestível (%) ³ | 0,405 | 0,405 | 0,405 | 0,405 | 0,405 | 0,405 |

¹ Com base nos valores propostos por Rostagno et al. (2011);

² 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);

³ Com base nos coeficientes de digestibilidade dos aminoácidos do milho e farelo de soja propostos para tilápia do Nilo por Furuya et al. (2010) e para os aminoácidos sintéticos propostos por Rostagno et al. (2011);

⁴ Com base nos coeficientes de digestibilidade do milho, farelo de soja e fosfato bicálcico propostos para tilápia do Nilo por Furuya et al. (2010);

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

⁶ 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.

Nos aquários, foram utilizadas mamadeiras adaptadas na porção final das incubadoras para a coleta das fezes por decantação. Para evitar fermentação das fezes, os coletores foram mantidos em caixas térmicas com gelo durante todo período de coleta, que ocorreu em intervalo de duas horas (das 20 até as 6 horas da manhã seguinte). Após cada coleta, foi retirado o excesso de água dos coletores em seguida as fezes foram depositadas em placa de Petri e levadas para estufa de circulação forçada, para secagem durante 72 horas para fins de análises laboratoriais.

A digestibilidade aparente do fósforo foi estimada por meio do cálculo do fator de indigestibilidade, utilizando-se as fórmulas descritas por Cho & Slinger (1979).

$$CDA(\%) = 100 - \left[100 \times \left(\frac{\% Cr_2O_3 r}{\% Cr_2O_3 f} \right) \times \left(\frac{\% P f}{\% P r} \right) \right]$$

Em que:

CDA = coeficiente de digestibilidade aparente (%);

% Cr₂O₃r = percentagem de óxido de cromo na ração;

% Cr₂O₃f = percentagem de óxido de cromo nas fezes;

% P f = percentagem de fósforo nas fezes;

% P r = percentagem de fósforo na ração

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As temperaturas máximas e mínimas da água mantiveram-se em $28,3 \pm 0,71^{\circ}\text{C}$ e $27,5 \pm 0,51^{\circ}\text{C}$, respectivamente, a concentração de oxigênio dissolvido na água ficou em $8,85 \pm 0,85$ ppm, pH $6,05 \pm 0,43$ e amônia total $\leq 1,00$ ppm. Os parâmetros de qualidade de água mantiveram-se dentro dos padrões recomendados para a criação da espécie, conforme preconizado por Gomes et al. (2010) e Mendonça et al. (2012).

Não foi observada interação entre os níveis de fósforo da ração e as fases avaliadas ($P > 0,05$) sobre os coeficientes de digestibilidade. Contudo, os coeficientes de digestibilidade aparente de fósforo tanto para alevinos quanto para juvenis diminuiu de forma quadrática ($P < 0,05$) à medida que se aumentou o nível de fósforo da ração. Além disso, os alevinos apresentaram maiores ($P < 0,05$) coeficientes de digestibilidade aparente de fósforo em relação aos juvenis.

Tabela 2 – Coeficientes de digestibilidade aparente de fósforo (CDAf) em função do nível de fósforo da ração para tambaquis nas fases de alevino (1 a 20 gramas) e juvenil (20 a 100 gramas).

| Variável | Nível de fósforo da ração (%) | | | | | | | Média |
|-------------------------|-------------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|-------------------|------------------------------|-------|
| | 0,419 | 0,640 | 0,860 | 1,081 | 1,301 | 1,522 | 1,743 | |
| Estimado | 0,419 | 0,640 | 0,860 | 1,081 | 1,301 | 1,522 | 1,743 | |
| Analisado | 0,571 | 0,775 | 1,097 | 1,249 | 1,387 | 1,496 | | |
| CDAf para Alevinos | $67,44 \pm 4,42$ | $41,86 \pm 5,88$ | $35,94 \pm 9,43$ | $32,33 \pm 5,55$ | $24,02 \pm 4,29$ | $14,65 \pm 4,18$ | $36,04 \pm 17,70^{\text{A}}$ | |
| CDAf para Juvenis | $65,27 \pm 5,39$ | $34,39 \pm 0,23$ | $28,28 \pm 6,64$ | $32,30 \pm 0,15$ | $18,00 \pm 1,92$ | $11,42 \pm 2,02$ | $31,61 \pm 17,82^{\text{B}}$ | |
| CDAf médio ¹ | $66,36 \pm 4,56$ | $38,13 \pm 5,53$ | $32,11 \pm 8,41$ | $32,31 \pm 3,51$ | $21,01 \pm 4,44$ | $13,03 \pm 13,42$ | | |
| $P > F^1$ | Nível | < 0,001 | | | | | | |
| | Fase | 0,012 | | | | | | |
| | Nível*Fase | 0,999 | | | | | | |

¹ Efeito quadrático ($P < 0,01$): $\hat{Y} = 107,895 - 95,2694X + 23,1756X^2$ ($R^2 = 0,90$);

Médias, na coluna, seguidas de letras iguais não diferem ($P > 0,05$) pelo teste de Student Newman Keuls – SNK.

Reidel et al. (2011) e Nervis et al. (2015), observaram resultados semelhantes quando avaliaram a digestibilidade aparente de fósforo de rações contendo diferentes níveis deste mineral para pacus (*Piaractus mesopotamicus*), constatando que o menor nível de fósforo na

dieta proporcionou maior coeficiente de digestibilidade. Por outro lado, estes resultados diferem aos observados por Furuya et al.(2001), ao avaliarem os coeficientes de digestibilidade aparente de fósforo de alguns ingredientes pela tilápia do Nilo, observaram o aumento nos valores dos coeficientes de digestibilidade aparente do fósforo com o aumento de fósforo disponível nas dietas.

A necessidade dietética de fósforo em peixes depende, entre outros fatores, da constituição do trato digestório e da fonte de fósforo (STEFFENS, 1987). As espécies que podem absorver mais eficientemente os fosfatos de baixa solubilidade dispõem de estômago diferentemente das espécies sem estômago, porém a eficiência na retenção de fósforo diminui com o aumento na ingestão deste elemento (BUREAU & CHO, 1999) e a taxa de absorção varia entre as espécies, portanto suas exigências também variam (HEPHER, 1988).

Uma hipótese que pode justificar estes resultados está relacionada ao mecanismo de absorção do fósforo. Na absorção intestinal de fósforo, parte é realizada por mecanismo de transporte ativo, com transporte do íon sódio (duodeno), com possibilidade de saturação nos transportadores; e parte ocorre por mecanismo passivo (jejuno e íleo), não saturável quando há gradiente de concentração eletricamente favorável (BÜNZEN, 2009; QUINTERO-PINTO et al., 2011; BOMFIM, 2013).

Segundo Tang et al. (2012), quando a concentração de fósforo inorgânico é elevada no lúmen, o transporte passivo de fósforo é predominante. Quando a concentração luminal de fósforo é baixa, a absorção via transporte ativo é predominante, aumentando a eficiência de sua absorção intestinal. Neste sentido, a utilização de dietas com deficiência ou excesso de fósforo potencialmente digestível, em relação às exigências, pode influenciar nos valores de digestibilidade obtidos experimentalmente, e considerando também que as exigências nutricionais de fósforo normalmente são superiores na fase de alevinagem, em relação às fases superiores, justificam, pelo menos em parte, os resultados observados (QUINTERO-PINTO, 2008; BÜNZEN, 2009; QUINTERO-PINTO, et al., 2011; BOMFIM, 2013).

Outra hipótese que pode explicar os valores dos coeficientes de digestibilidade aparente de fósforo para as duas fases, pode estar relacionado à conformação das fezes dos tambaquis, que são granulares, com pouca proteção mucosa externa, o que torna as fezes dessa espécie mais susceptíveis aos processos de lixiviação dos nutrientes e assim, superestimação dos valores de digestibilidade dos nutrientes (NATALINA et al, 2012). Esta pode ser a razão pela qual foi observada uma alta variação nos valores de digestibilidade do fósforo no presente estudo.

Com relação aos níveis de fósforo digestível, não foi observada interação entre os níveis de fósforo total da ração e as fases avaliadas ($P > 0,05$). Apesar da redução linear dos coeficientes de digestibilidade de fósforo com o aumento dos teores deste mineral na ração, os valores de fósforo digestível aumentaram de forma quadrática ($P < 0,01$) até o nível de estimando de 0,90% de fósforo total. Além disso, os valores de fósforo digestível na fase de alevinos foram superiores ($P < 0,05$) aos valores determinados para juvenis (Tabela 3).

Tabela 3 – Nível de fósforo digestível (Pd) em função do nível de fósforo da ração para tambaquis nas fases de alevino (1 a 20 gramas) e juvenil (20 a 100 gramas).

| Variável | Nível de fósforo da ração (%) | | | | | | Média |
|-----------------------|-------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|---------------------------|
| | 0,419 | 0,640 | 0,860 | 1,081 | 1,301 | 1,522 | |
| Estimado | 0,419 | 0,640 | 0,860 | 1,081 | 1,301 | 1,522 | |
| Analisado | 0,571 | 0,775 | 1,097 | 1,249 | 1,387 | 1,496 | |
| Pd para alevinos | 0,385 ± 0,03 | 0,324 ± 0,05 | 0,394 ± 0,10 | 0,404 ± 0,07 | 0,333 ± 0,06 | 0,219 ± 0,06 | 0,343 ± 0,09 ^A |
| Pd para juvenis | 0,373 ± 0,03 | 0,267 ± 0,01 | 0,310 ± 0,07 | 0,403 ± 0,01 | 0,250 ± 0,03 | 0,171 ± 0,03 | 0,300 ± 0,09 ^B |
| Pd médio ¹ | 0,379 ± 0,03 | 0,296 ± 0,04 | 0,352 ± 0,09 | 0,404 ± 0,04 | 0,291 ± 0,06 | 0,195 ± 0,05 | |
| $P > F$ ¹ | Nível | < 0,001 | | | | | |
| | Fase | 0,012 | | | | | |
| | Nível*Fase | 0,999 | | | | | |

¹ Efeito quadrático ($P < 0,01$): $\hat{Y} = 0,059519 + 0,710756X - 0,396573X^2$ ($R^2 = 0,62$);

Médias, na coluna, seguidas de letras iguais não diferem ($P > 0,05$) pelo teste de Student Newman Keuls – SNK.

6 CONCLUSÕES

A suplementação de fósforo na ração diminui seus coeficientes de digestibilidade aparente (66.63% to 13.03%), sendo que os maiores valores de fósforo digestível foram obtidos com 0,90% de fósforo total, equivalente a 0,38% de fósforo digestível.

Os coeficientes de digestibilidade de fósforo na ração para alevinos de tambaqui são superiores aos obtidos para juvenis.

7 REFERÊNCIAS

- ABIMORAD, E.G.; CARNEIRO, D.J. Métodos de coleta de fezes e determinação dos coeficientes de digestibilidade da fração proteica e da energia de alimentos para o pacu, *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg, 1887). **Revista Brasileira de Zootecnia**, p.1101-1109, 2004.
- ARAUJO - LIMA, C. A. R. M.; GOMES, L. C. 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, 2005.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA PISCICULTURA (PEIXE BR)**. 2018. Disponível em: <https://www.peixebr.com.br/>; Acesso em: jan 2019.
- BAKKE, A. M.; GLOVER, C.; KROGDAHL, A. **Feeding, digestion and absorption of nutrients**, 2011. p.57-75.
- BOCK, C. L.; PEZZATO, L. E.; CANTELMO, O. A.; BARROS, M. M. Fitase em rações para tilápia do Nilo na fase de crescimento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, p.1455-1461, 2007.
- 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.
- BRABO, M. F.; DIAS, B. C. B.; SANTOS, L. D.; FERREIRA, L. A.; VERAS, G. C.; CHAVES, R. A. Competitividade da cadeia produtiva da piscicultura no Nordeste paraense sob a perspectiva dos extensionistas rurais. **Informações Econômicas**, p. 1-13, 2014.
- BRASIL. Lei no 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa e dá outras providências. Brasília: **Diário Oficial da União**.
- BREMER NETO, H.; et al. Determinação de rotina do crômio em fezes, como marcador biológico, pelo método espectrofotométrico ajustado da 1,5-difenilcarbazida. **Ciência Rural**, Santa Maria, p.691-697, 2005.
- 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 com suínos em crescimento e terminação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, p.1236-1242, 2008.
- 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**, p.497-507, 2007.
- CHO, C. Y.; COWEY, C. B.; WATANABE, T. **Finfish nutrition in Asia: methodological approaches to research and development**. Ottawa: IDRC, 1985. 145p

CHO, C. Y.; SLINGER, S. J. Apparent digestibility measurement in feedstuffs for rainbow trout. In: HALVER, J. E.; TIEWS, K., eds. 1979. **Proceedings of the World Symposium of Finfish Nutrition and Fishfeed Technology**. Berlin, Germany. 1979, pg.239-247.

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.; QUEIROZ, A. C.; BERCHIELLI, T. T.; SALIBA, E. O. S.; CABRAL, L. S.; PINA, D. S.; LADEIRA, M. M.; AZEVEDO, J. A. G. **Métodos para análise de alimentos**. Visconde do Rio Branco:Suprema, 2012. 214p.

DIEMER, O. **Fósforo na alimentação de pacus (*Piaractus mesopotamicus*) criados em tanques-rede**. 2011. Tese (Mestrado em Nutrição e Alimentação Animal) – UNIOESTE, Marechal Cândido Rondon, 2011.

DIEMER, O.; BOSCOLO, W. R.; SIGNOR, A. A.; KLEIN, S.; FIEDEN, A. Fósforo na alimentação de pacus criados em tanques-rede. **Arquivo Brasileira de Medicina Veterinária e Zootecnista**, v.66, n.4, p.1243-1250, 2014.

FAO - **Food and Agriculture Organization of the United Nations**. (2014). Fishery and aquaculture statistics 2012. Roma: FAO yearbook.

FAO - **Food and Agriculture Organization of the United Nations**, 2016. The state of world fisheries and aquaculture: opportunities and challenges. 243p. Roma: FAO.

OLIVEIRA, E. A. B.; MIRANDA, E.; CORREIA, 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.37-64, 2013.

FURUYA, W. M. **Redução do impacto ambiental por meio da ração**. In: **Palestra VII Seminário de Aves e Suínos**. I Seminário de Aqüicultura, Maricultura e Pesca. Anais. Belo Horizonte-MG. pg. 121-139, 2007.

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. Exigência de fósforo disponível para tilápia-do-Nilo (35 a 100 g). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.6, p.961-966, 2008.

GODDARD, J. S.; McLEAN, E. Acid-insoluble ash as an inert reference material for digestibility studies in tilapia *Oreochromis aureus*. **Aquaculture**, pg. 93-98, 2001.

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.

IBGE – **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Pesquisa pecuária municipal. Rio de Janeiro: IBGE, 2016. Disponível em: <[http://www.ibge.gov.br/ estatistica/](http://www.ibge.gov.br/estatistica/)>. Acesso em: 28 jun. 2018.

IBGE. **Censo Agropecuário 2006**. Brasil, Grandes Regiões e Unidades da Federação. MPOG, pg 777, 2009.

IRVIN, S. J.; TABRETT, S. J. A novel method of collecting fecal samples from spiny lobsters. **Aquicultura** v.243, pg.269-272, 2005.

LEHNINGER A. L.; NELSON, D. L.; COX, M. M. **Princípios da bioquímica**. São Paulo: Sarvier, 1995, 840p.

LIMA, C. S.; BOMFIM, M. A. D.; SIQUEIRA, J. C.; RIBEIRO, F. B.; LANNA, E. A. T. Crude protein levels in the diets of Tambaqui, *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1818), fingerlings. **Rev. Caatinga**, Mossoró, v. 29, n. 1, p. 183 – 190, 2016.

LOPERA-BARRETO, N. M.; RIBEIRO, R. P.; POVH, J. A.; VARGAS-MENDEZ, L. D.; PVEDA-PARRA, A. R. **Produção de organismos aquáticos: uma visão geral no Brasil e no mundo**. Guaíba: Agro livros.

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

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*). **Archivos de Zootecnia**, v.61 (235), p.437-448, 2012.

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 tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.29, n.6, p.2162-2171, 2000.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC, 2011. **Nutrient requirements of fish and shrimp**. The National Academies Press, Washington, D.C, pg 376, 2011.

NOSE, T. On the digestion of food protein by goldfish (*Carassius auratus*) L.) and rainbow trout (*Salmo irideus* G.). **Bulletin Freshwater Fisheries**. Res. Lab., Tokyo, v.10, p.11-22, 1960.

NRC - **National Research Council** – (2011) Nutritional Requirements of Fishes. Washington: Academic Press. 114. 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.

NWANNA, L. C.; ADEBAYO, I. A.; OMITOYIN, B. Effect of graded levels of phosphorus on growth and mineral concentration in giant African catfish *Heterobranchus bidorsalis*. **African Journal of Biotechnology**, Kenya, v.18, n.16, p.3947-3953, 2009

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).

QUINTERO-PINTO, L. G. **Exigência dietária e disponibilidade de fontes de fósforo para tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*)**. Tese Doutorado em Zootecnia, Botucatu, SP, pg 85, 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. **Veterinaria e Zootecnia** 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 da Pesca**, p.135-145. 2014.

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. **Tabelas**

brasileiras para aves e suínos – composição de alimentos e exigências nutricionais. 2. ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, pg 141, 2011.

SAEG - Sistema para Análises Estatísticas, Versão 9.1: Fundação Arthur Bernardes - UFV - Viçosa, 2007.

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

SANTOS, B. L. T.; ANDRADE, J. E.; SOUSA, R. G. C. Densidade de estocagem utilizada no desenvolvimento do tambaqui em fase de pré-engorda. **Scientia Amazonia**, v. 3, n.3, 41-50, 2014.

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.

SENA, M. F. **Digestibilidade aparente de alimentos para Tambaqui (*Colossoma macropomum*)** [manuscrito] / Monaliza Freitas Sena. Goiânia, 2012.

SOUZA, F. O.; BOMFIM, M. A. D.; RIBEIRO, F. B.; LANNA, E. A. T.; SOUSA, T. J. R.; COSTA, D. C. Methionine plus cystine to lysine ratio in diets for Tambaqui juveniles. **Revista Caatinga**, v. 32, n. 1, p. 243 –250, 2019.

STEFFENS, W. **Principios fundamentales de La alimentación de los peces.** Zaragoza: Editora Acribia, pg 272, 1987.

SUTTLE, N. F. **The mineral nutrition of livestock. 4 Ed. New York: CAB International, 2010.** p. Disponível em: http://www.ucv.ve/fileadmin/user_upload/facultad_agronomia/Produccion_Animal/Minerals_in_Animal_Nutrition.pdf. Acesso em: jun 2019.

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, pg 72, 2012.

TANG, Q.; WANG, C.; XIE, C.; JIN, J.; HUANG, Y. et al. Dietary Available Phosphorus Affected Growth Performance, Body Composition, and Hepatic Antioxidant Property of Juvenile Yellow Catfish *Pelteobagrus fulvidraco*. **The Scientific World Journal**, 2012. doi:10.1100/2012/987570.

UNDERWOOD, E. J; SUTTLE, N. F. **The mineral nutrition of livestock.** 3ª ed. Wallingford: Cabi, p.105-148. 1999.