

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ

CAMPUS DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

JULIANA ALICE LÖSCH

**DIGESTIBILIDADE APARENTE DE RAÇÕES CONTENDO DIFERENTES NÍVEIS
DE FÓSFORO PARA PACUS (*Piaractus mesopotamicus*)**

MARECHAL CÂNDIDO RONDON

2013

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ
CAMPUS DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

JULIANA ALICE LÖSCH

**DIGESTIBILIDADE APARENTE DE RAÇÕES CONTENDO DIFERENTES NÍVEIS
DE FÓSFORO PARA PACUS (*Piaractus mesopotamicus*)**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Oeste do Paraná como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação *Strictu sensu* em Zootecnia, área de concentração em Nutrição e Alimentação Animal, para a obtenção do título de “Mestre”.

Orientador: Prof. Dr. Wilson Rogério Boscolo

Co-Orientador: Prof. Dr. Aldi Feiden

MARECHAL CÂNDIDO RONDON

2013

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ

CAMPUS DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

JULIANA ALICE LÖSCH

**DIGESTIBILIDADE APARENTE DE RAÇÕES CONTENDO DIFERENTES NÍVEIS
DE FÓSFORO PARA PACUS (*Piaractus mesopotamicus*)**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Oeste do Paraná como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação *Strictu sensu* em Zootecnia, Área de concentração “Produção e Nutrição”, para obtenção do título de “Mestre em Zootecnia”.

Marechal Cândido Rondon, 19 de fevereiro de 2013.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Wilson Rogério Boscolo (Orientador)

Prof. Dr. Leandro Portz

Prof. Dr. Arcangelo Augusto Signor

Aos

Meus pais

Enio e Edi Lösch

Pelo amor, apoio, incentivo, ensinamentos e por serem meus exemplos de luta e persistência. Por serem motivo de minha existência e meu maior orgulho. Minha eterna gratidão, admiração, amor e respeito.

Aos

Meus irmãos

Erondir e Evandro

Pelo amor, amizade e por ajudarem este momento se tornar realidade.

Às

Minhas sobrinhas

Ana Julia e Isabeli

Por fazerem meus dias mais alegres.

Ao

Meu namorado

Fernando Vandr  Nervis

Pelo seu amor, amizade, grande paciência, apoio e compreensão.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Deus por todas as bênçãos, pela família maravilhosa e pela saúde, itens fundamentais para realização dessa conquista.

À Universidade Estadual do Oeste do Paraná e ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia pela oportunidade e pelo curso de qualidade.

Ao professor, orientador e amigo Dr. Wilson Rogério Boscolo pelas orientações de iniciação científica, trabalho de conclusão de curso e pela orientação no mestrado.

Ao Grupo de Estudos de Manejo em Aquicultura, pesquisadores e bolsistas, e aos líderes do grupo Prof. Dr. Aldi Feiden e Prof. Dr. Altevir Signor, pela ajuda e pela disponibilização das estruturas para realização dos experimentos.

Aos colegas Rafael Gleen, Evandro Bilha Mora e Marlon Casarini Moreno, pelo ajuda na condução do experimento, sem vocês tudo seria muito mais difícil.

À família Nervis pelo carinho e ajuda na moagem dos ingredientes para confecção das rações.

À Fabiana Dieterich, minha colega e cúmplice, por ter me acolhido em sua moradia, por ter feito meus dias mais divertidos e por nunca me deixar desanimar.

Ao meu quinteto fantástico: Atielli, Adriano, Cheila, Daiane e Dayane, pois sei que mesmo distantes, de uma forma ou outra me mandaram vibrações positivas, palavras de conforto e de incentivo, pois amizade de verdade não se acaba com o tempo nem com a distância.

À Jaina, técnica do LQA e agora minha amiga, pelo apoio na realização das análises e pela amizade.

Ao Prof. Fernando Espinosa pela realização das análises de cromo e fósforo.

Ao amigo Dacley Hertes Neu, pela ajuda na discussão dos resultados, pelas correções e pela paciência ao me ajudar.

À todas as pessoas que ajudaram direta ou indiretamente na condução do experimento.

“O Senhor é meu pastor, nada me faltará.”

(Salmo 23:1)

RESUMO

DIGESTIBILIDADE APARENTE DE RAÇÕES CONTENDO DIFERENTES NÍVEIS DE FÓSFORO PARA PACUS (*Piaractus mesopotamicus*)

Foram conduzidos dois experimentos com o objetivo de avaliar a digestibilidade aparente de rações contendo diferentes níveis de fósforo para pacus (*Piaractus mesopotamicus*). O primeiro experimento foi conduzido visando avaliar a digestibilidade de rações contendo 0,6% e 1,2% de fósforo total, através do método de decantação. Foram utilizados 60 pacus com peso médio de $151,57 \pm 6,43$ g, distribuídos em seis cubas com capacidade de 180 litros, com sistema do tipo Guelph modificado, em um delineamento inteiramente casualizado. Os peixes foram alimentados com rações isoprotéicas (27%), isoenergéticas (3000 kcal/kg) e isocálcicas (1,50%), com níveis de 0,6 e 1,2% de fósforo total. As coletas de fezes foram realizadas a cada 30 minutos, visando diminuir a perdas por lixiviação dos nutrientes. Foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos. Observa-se uma redução na digestibilidade do fósforo das dietas, com valores de 80,06% para os peixes alimentados com 0,6% de fósforo total e de 60,55% para os peixes alimentados com 1,2%. Observa-se também redução para a digestibilidade aparente do fósforo, com valores de 86,08 e 72,80% e conseqüentemente observa-se um aumento do fósforo residual para os peixes alimentados com 0,6 e 1,2% de fósforo total, respectivamente. Portanto, a maior digestibilidade do fósforo total e conseqüentemente menor excreção de fósforo nas fezes, obtida através do método de decantação, foi observada na dieta contendo 0,6% de fósforo total para pacus. O segundo experimento teve como objetivo avaliar a digestibilidade aparente de rações contendo diferentes níveis de fósforo para pacus (*Piaractus mesopotamicus*), através do método de dissecação intestinal e a composição centesimal da carcaça destes peixes. Foram utilizados 320 pacus com peso médio de $768,5 \pm 36,34$ g, distribuídos em quatro tanques-rede com capacidade de 5m³. Os peixes foram alimentados com rações isoprotéicas, isoenergéticas e isocálcicas, contendo 27% de proteína bruta, 1,50% de cálcio, e 3000 kcal de ED/kg, com níveis de 0,6; 0,8; 1,0 e 1,2% de fósforo total. As coletas de fezes foram realizadas, por abertura lateral nos peixes, para retirada das fezes presente no reto, em seguida os peixes foram encaminhados para análise de composição centesimal da carcaça. Foram observadas diferenças significativas ($P < 0,01$) entre os tratamentos para o coeficiente de digestibilidade aparente da dieta, digestibilidade aparente do fósforo, fósforo disponível e fósforo residual.

Observa-se uma diminuição linear para digestibilidade aparente da dieta, digestibilidade aparente do fósforo com o aumento dos níveis de inclusão de fósforo na ração, sendo os maiores valores observados para a dieta com 0,6% de fósforo total na ração, enquanto que para o fósforo disponível e fósforo residual houve um aumento linear, com aumento da inclusão de níveis de fósforo total na ração. Não foram observadas diferenças significativas para a composição centesimal da carcaça dos pacus. Portanto, a maior digestibilidade do fósforo total da dieta, obtida através do método de dissecação, foi observada na dieta contendo 0,6% de fósforo total para pacu e os diferentes níveis de fósforo não influenciaram na composição química da carcaça de pacus.

Palavras-chave: aquicultura; nutrição; minerais; nutrientes; fósforo; digestibilidade

ABSTRACT

APPARENT DIGESTIBILITY OF DIETS CONTAINING DIFFERENT PHOSPHORUS LEVELS FOR PACU (*Piaractus mesopotamicus*)

Two experiments were conducted to evaluate the apparent digestibility of diets containing different levels of phosphorus for pacu (*Piaractus mesopotamicus*). The first experiment aimed to evaluate the apparent digestibility of diets containing different phosphorus levels for pacus, through the decantation method. A total of 60 pacus were used, averaging $151,57 \pm 6,43$ g in weight, allotted in 6 180-L tanks, with Modified Guelph System, in an experimental design entirely randomized. The fish were fed isonitrogenous, isoenergetic and isocalcium diets, containing 27% of crude protein, 1,50% of calcium and 3000 kcal of DE/kg, with levels of 0,6 and 1,2% of total phosphorus. The fecal samples were taken every 30 minutes in order to decrease the loss of nutrients through leaching. We observed significant differences in treatments. There is a reduction in diets digestibility, with values of 80,06 and 60,55%, decrease in phosphorus apparent digestibility, with values of 86,08 and 72,80% and, consequently, observed a increase residual phosphorus for fish fed with 0,6 and 1,2% of phosphorus, respectively. Therefore, the greater total phosphorus digestibility and consequently lower total phosphorus excretion in feces obtained by the decantation method was observed at diet containing 0,6% of total phosphorus for pacus. The second experiment aimed evaluate the apparent digestibility of rations containing different phosphorus levels for pacus (*Piaractus mesopotamicus*), through intestinal dissection method. A total of 320 pacus were used, averaging $768,5 \pm 36,34$ g in weight, allotted in four 5-m³ cages. The fish were fed isonitrogenous, isoenergetic and isocalcium diets, containing 27% of crude protein, 1,50% of calcium and 3000 kcal of DE/kg, with levels of 0,6; 0,8; 1,0 and 1,2% of total phosphorus. The fecal samples were performed by opening the fish side for removal of feces present in the rectum, and the fish sent for analysis of whole body chemical composition. We observed significant differences ($P < 0,01$) between treatments for apparent digestibility coefficient of the diet, apparent digestibility of phosphorus, available phosphorus and residual phosphorus. There is a linear decrease in apparent digestibility of the diet and apparent digestibility of phosphorus with increase phosphorus levels in the diet, the highest values being observed for the diet with 0,6% of total phosphorus, while for available phosphorus and residual phosphorus there was a linear increase with inclusion levels of total phosphorus in the feed.

There were no significant differences for wholly body chemical composition of pacu. Therefore, most phosphorus digestibility of the diet, obtained by intestinal dissection method, was observed in diet containing 0,6% of total phosphorus for pacu and the different phosphorus levels had no effect in whole body of pacus.

Key-words: aquaculture; nutrition; minerals; nutrients; phosphorus; digestibility

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Composição percentual e química das dietas experimentais utilizadas na alimentação de pacu (<i>Piaractus mesopotamicus</i>) avaliando a digestibilidade de fósforo.....	30
Tabela 2. Coeficiente de digestibilidade aparente do fósforo para pacus (<i>Piaractus mesopotamicus</i>), alimentados com rações contendo diferentes níveis de fósforo.....	34
Tabela 3. Composição percentual e química das dietas experimentais utilizadas na alimentação de pacu (<i>Piaractus mesopotamicus</i>) avaliando a digestibilidade de fósforo total.....	44
Tabela 4. Coeficiente de digestibilidade aparente do fósforo para pacus (<i>Piaractus mesopotamicus</i>), alimentados com rações contendo diferentes níveis de fósforo.....	48
Tabela 5. Composição centesimal (g por 100g) da carcaça de pacus (<i>Piaractus mesopotamicus</i>) alimentados com rações contendo diferentes níveis de fósforo.....	50

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Qualidade da água das cubas experimentais.....	33
Figura 2. Abertura lateral do pacu (<i>Piaractus mesopotamicus</i>) para coleta de fezes por dissecação intestinal.....	45
Figura 3. Efeito linear entre a digestibilidade aparente do fósforo e os tratamentos.....	48
Figura 4. Efeito linear entre fósforo disponível, fósforo residual e os tratamentos.....	49

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
1.2 Referências.....	15
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
2.1 Situação atual da aquicultura.....	16
2.2 Espécie estudada, alimentação e nutrição.....	16
2.3 Fósforo na nutrição de peixes.....	17
2.4 Estudos de digestibilidade em peixes.....	19
2.5 Referências.....	22
3. DIGESTIBILIDADE APARENTE DE RAÇÕES CONTENDO DIFERENTES NÍVEIS DE FÓSFORO PARA O PACU (<i>Piaractus mesopotamicus</i>) DETERMINADO PELO MÉTODO DE DECANTAÇÃO	26
Resumo.....	26
Abstract.....	27
3.1 Introdução.....	28
3.2 Material e métodos.....	29
3.3 Resultados e discussões.....	32
3.4 Conclusão.....	36
3.5 Referências.....	37
4. DIGESTIBILIDADE APARENTE DE RAÇÕES CONTENDO DIFERENTES NÍVEIS DE FÓSFORO PARA O PACU (<i>Piaractus mesopotamicus</i>) DETERMINADO PELO MÉTODO DE DISSECAÇÃO INTESTINAL	40
Resumo.....	40
Abstract.....	41
4.1 Introdução.....	42
4.2 Material e métodos.....	43
4.3 Resultados e discussões.....	47
4.4 Conclusão.....	51
4.5 Referências.....	52
CONSIDERAÇÕES FINAIS	54

1. INTRODUÇÃO

O Brasil apresenta grande potencial aquícola, e a atividade de criação comercial de peixes esta baseada principalmente em sistemas semi-intensivos de produção de espécies exóticas, com destaque para a tilápia (*Oreochromis niloticus*). Porém o interesse na criação de peixes nativos vem crescendo significativamente na aquicultura brasileira, mesmo que a tilápia predomine nos sistemas de cultivo, algumas espécies nativas destacam-se, como é o caso dos peixes redondos, o tambaqui (*Colossoma macromum*), pacu (*Piaractus mesopotamicus*) e tambacu (híbrido de *Colossoma macropomum* (fêmea) com *Piaractus mesopotamicus* (macho)). Segundo dados do MPA (2012), entre 2008 e 2010, os peixes redondos representaram 24,6% da produção da aquicultura continental, sendo que o pacu passou de 15190,0 toneladas em 2008, para 21245,1 toneladas em 2010, representando aproximadamente 5% da produção nacional da aquicultura neste período.

Estudos relacionados à nutrição destas espécies têm recebido grande atenção nos últimos anos, permitindo a identificação de algumas das exigências nutricionais em sistemas de cultivo (Boscolo et al., 2011). Segundo Bittencourt et al. (2010) grandes desafios deverão ser enfrentados pelos nutricionistas com relação à nutrição de peixes nativos, devido ao elevado número de espécies com potencial para cultivo.

Jomori et al. (2003) citaram que dentre as espécies nativas cultivadas na bacia do Prata, o pacu destaca-se, por apresentar características desejáveis para criação, como hábito alimentar onívoro, crescimento rápido e boa qualidade de carne. E ainda segundo Castagnolli e Zuim (1985), o pacu apresenta rusticidade, fácil adaptação à alimentação artificial e grande aceitação pelo mercado consumidor.

Os avanços e as técnicas modernas da aquicultura vêm estimulando a progressiva transformação das criações extensivas para semi-intensivas ou intensivas, garantindo a viabilidade econômica da atividade, mas até poucas décadas atrás, a criação extensiva de peixes era uma prática comum, se utilizava pouco ou nenhum alimento suplementar e a produção natural de alimento sustentava a baixa densidade de indivíduos. Atualmente, a intensificação da produção implica no aumento da biomassa por unidade de área e, conseqüente, aumento no fornecimento de alimentos nutricionalmente adequados.

Uma vez que a alimentação é um fator de extrema importância e representa a maior parte dos custos da produção na aquicultura (Abimorad e Carneiro, 2004), os estudos que visam determinar as necessidades nutricionais dos animais vêm se intensificando, na busca

adequada pelos teores de proteínas, carboidratos, lipídios, vitaminas e minerais, pois a soma dos nutrientes em quantidades corretas garante o melhor crescimento, rentabilidade econômica e menor impacto ambiental.

Segundo Cyrino et al. (2010), para o aumento da produtividade a formulação de dietas de impacto ambiental mínimo deve ser priorizada. Assim, as dietas devem atender às exigências nutricionais da espécie, como também a legislação por meio da Resolução CONAMA Nº 357, de 17 de março de 2005, que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, e as condições e padrões de lançamento de efluentes, tendo o fósforo como um dos principais elementos monitorados.

A determinação da disponibilidade dos minerais dos alimentos é fundamental para o sucesso dos cultivos, pois são nutrientes que possuem grande influência sobre o desempenho e saúde dos peixes cultivados. O fósforo é requerido para manutenção normal das funções metabólicas e fisiológicas dos animais, e a carência de um mineral essencial na dieta pode levar a vários sinais de deficiência (Dato-Cajegas e Yakupitiyage, 1996), como baixo desempenho e mineralização óssea deficiente. Já os excessos provocam impactos sobre a qualidade de água e influenciam diretamente no cálculo da capacidade de suporte dos ambientes, sendo necessária a elaboração de rações mais completas e com mínimo impacto sobre o meio ambiente.

Os minerais das rações não utilizados pelos peixes ou não absorvidos serão liberados para o meio ambiente, portanto, pesquisas que promovam a máxima utilização destes nutrientes, devem ser realizadas e estudadas. Tendo em vista a necessidade do fósforo para diversos processos metabólicos dos peixes e por ser um mineral que induz o processo de eutrofização de ambientes aquáticos, é necessário determinar os melhores valores a serem incorporados às dietas para garantir crescimento e sanidade dos animais cultiváveis além de manter a produção sustentável.

1.2 Referências

- ABIMORAD, E.G., CARNEIRO, D.J. Métodos de coletas de fezes e determinação dos coeficientes de digestibilidade da fração protéica e da energia de alimentos para o pacu, *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg, 1887). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n. 5. p. 1101-1109, 2004.
- BITTENCOURT, F.; FEIDEN, A.; SIGNOR, A.A; et al. Densidade de estocagem e parâmetros eritrocitários de pacus criados em tanques-rede no reservatório de Itaipu. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.11, p. 2323-2329, 2010.
- BOSCOLO, W.R.; SIGNOR, A.; FREITAS, J.M.A.; BITTENCOURT, F.; FEIDEN, A. Nutrição de peixes nativos. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.40, p. 145-154, 2011, Supl. Especial.
- BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente. *Resolução Conama nº 357, de 17 de março de 2005*. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e os padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>>. Acessado em: 08 de dezembro de 2012.
- CASTAGNOLLI, N.; ZIUM, S.M.F. **Consolidação do conhecimento adquirido sobre o pacu *colossoma mitrei* (BERG, 1895)**. Jaboticabal, FCAV/Unesp. 1985.
- 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, supl. especial, p.68-87, 2010.
- DATO-CAJEGAS, C.R.S., YAKUPITIYAGE, A. The need dietary mineral supplementation for Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, cultured in a semi-intensive system. **Aquaculture**, v.144, n.1-3, p. 227-327, 1996.
- JOMORI, R.; CARNEIRO, D. J.; PORTELLA, M. C. Growth and survival of pacu *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg, 1887) juveniles reared in ponds or at different initial larviculture periods indoors. **Aquaculture**, v. 221, n. 1-4, p. 277-287, 2003.
- MPA – Ministério da Pesca e Aquicultura. **Boletim estatístico da pesca e aquicultura**. Brasília, 2012, 129p.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Situação Atual da Aquicultura

A produção pesqueira do Brasil equivale a aproximadamente 2,6 milhões de toneladas (FAO, 2012), sendo considerado um número bem modesto, levando em consideração que a população brasileira gira em torno de 200 milhões de habitantes (IBGE, 2012). Mesmo o Brasil apresentando um grande potencial aquícola com clima favorável à produção, grandes reservas de água e um extenso território litorâneo, o consumo médio per capita de pescado gira ao redor de apenas 9 kg ano⁻¹ (MPA, 2012). Destes 2,6 milhões de toneladas de pescado, 81,4% são oriundos da captura e apenas 18,6% da aquicultura, sendo que a produção pesqueira por captura está em um patamar constante a mais de uma década, enquanto que a produção da aquicultura brasileira aumentou e continua aumentando significativamente (FAO, 2012). Assim, segundo Fracalossi e Cyrino (2012), aumentar a oferta de pescado no país depende do aumento da produção da aquicultura nacional.

2.2 Espécie Estudada, Alimentação e Nutrição

O pacu, *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg, 1887), pertence à superordem Ostariophysi, ordem Characiformes, família Characidae e subfamília Myleinae. Originário da Bacia do Prata, abrangendo os territórios da Argentina, Uruguai, Paraguai, Bolívia e Brasil, o pacu é encontrado nos rios Paraná, Paraguai, Uruguai e seus tributários (Saint-Paul, 1986). No Brasil essa espécie tem alto valor econômico, principalmente no Pantanal do Mato Grosso e Mato Grosso do Sul, onde têm sua maior ocorrência (Petreire, 1989), sendo um dos peixes mais estudados no Sul, sudoeste e Centro-Oeste do Brasil e recebe os nomes de caranha, pacu-caranha ou pacu-guaçu (Baldisserotto e Gomes, 2010). E devido a essa sua ampla distribuição geográfica, o pacu pode tolerar temperaturas mais baixas (Milstein et al., 2000), porém seu maior potencial de crescimento esta na faixa dos 28 a 30°C (Carneiro, 1990).

No Brasil, nos últimos anos, tem aumentado a demanda pela criação de peixes em cativeiro. Dentre as espécies nativas, o pacu tem se destacado, por apresentar grande potencial para a piscicultura intensiva devido à adaptabilidade ao cultivo, baixa exigência de proteína e não necessidade de grandes quantidades de farinha de peixe na ração (Fernandes et al., 2000).

No ambiente natural o pacu apresenta hábito onívoro, se alimentado de folhas, sementes, caules, flores e frutos, e havendo a necessidade e oportunidade se alimenta de insetos, aracnídeos, moluscos e peixes, e por isso tem demonstrado ser capaz de aproveitar eficientemente os nutrientes de alimentos de origem animal ou vegetal (Bicudo et al., 2012).

A alimentação é um fator de extrema importância, pois representa a maior parte dos custos operacionais, tornando os estudos de nutrição na aquicultura essenciais (Abimorad e Carneiro, 2004). Segundo esses autores, para melhorar e otimizar a alimentação do pacu é fundamental que se conheça o nível de aproveitamento dos ingredientes da dieta. As exigências com relação à proteína, lipídeos, minerais e demais nutrientes ainda não estão totalmente definidas para o pacu, ainda mais se levarmos em consideração os diferentes sistemas de cultivo (Urbinati e Gonçalves, 2005).

Para aves e suínos já existe um livro que fornece a composição química, valores de proteína digestível, energia digestível e metabolizável de 86 ingredientes comumente utilizados na formulação de rações (Rostagno et al., 2011), porém para peixes a grande diversidade de espécies, segundo Godinho (2007) são mais de 40 espécies com potencial para a produção, dificulta essa elaboração, mesmo já existindo o livro Tabelas Brasileiras para a Produção de Tilápias (Furuya, 2010), diversos alimentos ainda não possuem valores de digestibilidade de nutrientes determinados.

2.3 Fósforo na Nutrição de Peixes

Dentre os minerais exigidos pelos animais, o cálcio e o fósforo são requeridos em níveis mais elevados quando comparados aos outros elementos minerais (Robinson et al., 1987). Os peixes podem absorver alguns minerais dissolvidos na água (cálcio, magnésio, sódio, potássio, ferro, zinco, cobre e selênio), essa absorção atende boa parte das exigências dos peixes. Porém, os fosfatos devem ser suplementados na dieta, pois além da pequena quantidade presente na água, a eficiência de sua utilização é baixa (Moreira et al., 2001). Segundo Furuya et al. (2001), existem evidências que os minerais disponíveis na água não são suficientes para satisfazer as exigências nutricionais impostos pelos sistemas de produção, sendo necessário suplementá-los por meio da ração, principalmente o fósforo.

O fósforo é requerido para manutenção normal das funções metabólicas e fisiológicas dos animais, e a carência de um mineral essencial na dieta pode levar a vários sinais de

deficiência (Dato-Cajegas e Yakupitiyage, 1996), como baixo desempenho e mineralização óssea deficiente. A digestibilidade de lipídeos, carboidratos e conseqüentemente da energia é prejudicada em peixes alimentados com dietas deficientes em fósforo (Rodehutschord et al., 2000) devido ao seu importante papel nos processos de armazenagem e transferência de energia química no organismo através do ATP (Lehninger et al., 1995). Cerca de 85 à 90% do fósforo nos peixes está nos ossos e escamas (Lovell, 1988), sendo que fósforo é um mineral que apresenta 16% da fração mineral da estrutura óssea (Steffens, 1987). Este elemento é determinante nas funções de crescimento e diferenciação celular, na formação dos fosfolipídeos, é um dos componentes dos ácidos nucléicos, e importante na manutenção do equilíbrio ácido-básico e osmótico (Andrighetto et al., 2002).

Praticamente todos os alimentos contêm fósforo em sua composição, mas sua disponibilidade é variável entre as diferentes espécies de peixe (Hepher, 1988). Dietas elaboradas com base em proteína de peixe geralmente não necessitam de suplementação de fonte inorgânica de fósforo, por outro lado, a disponibilidade de fósforo dos alimentos de origem vegetal é baixa, essa limitação das fontes vegetais se deve a forma de armazenamento de fósforo na célula vegetal que é o fitato ou fósforo fítico, que exige a enzima fitase para sua digestão e aproveitamento. Os monogástricos que são animais de estômago simples, como os peixes, não apresentam ou apresentam baixa atividade de fitase no trato gastrointestinal (Simon et al., 1990). Segundo Hua e Bureau (2010), os peixes ciprinídeos e salmonídeos não apresentam nenhuma atividade de fitase, já os peixes ciclídeos conseguem aproveitar até 27% do fósforo fítico das dietas. Portanto, é importante a suplementação com fonte inorgânica quando os ingredientes de origem vegetal constituem a maior parte da proteína da dieta.

Nas dietas, deve ser considerada apenas a fração disponível de fósforo que, muitas vezes, pode ser a menor parte do fósforo total. Os peixes que não obtêm na dieta a quantidade necessária de fósforo exigida por seu metabolismo apresentam retardo no crescimento, anorexia, piora na conversão alimentar e deficiência na formação óssea (Lall, 2002). Os peixes exigem entre 5 a 10 g kg⁻¹ de fósforo disponível na dieta para obtenção de crescimento máximo (Borba et al., 2012).

As informações sobre o requerimento de fósforo para cada espécie e a disponibilidade deste nutriente nos alimentos é essencial para a formulação de rações de baixo custo e que minimizem a excreção para o meio (Peñaflorida, 1999), uma vez que existe especial atenção com as concentrações de fósforo nas dietas para peixe, bem como, com a disponibilidade do

mesmo em diferentes fontes alimentares, pelo fato do fósforo da dieta que não é aproveitado pelo peixe ser perdido para água através das fezes e após a decomposição, pode acarretar em eutrofização do meio ambiente (Weismann et al., 1988). Assim, segundo Roy et al. (2002), o possível impacto ambiental dos efluentes de piscicultura está diretamente relacionado com a quantidade e qualidade do fósforo presente nas rações fornecidas aos peixes cultivados.

Almeida (2003) ressalta que o aproveitamento adequado dos alimentos tem grande importância no sucesso da atividade e na redução do impacto ao meio ambiente. Portanto, o conhecimento dos níveis de fósforo são de suma importância, principalmente em cultivos intensivos e superintensivos para os cálculos de capacidade de suporte, pelo fato de ser um potencial poluidor dos ambientes aquáticos. No entanto, são poucos os dados disponíveis na literatura sobre a exigência e o valor biológico dos alimentos e fontes inorgânicas de fósforo para os peixes.

2.4 Estudos de Digestibilidade em Peixes

A digestibilidade de uma ração é definida como a habilidade com que o animal digere e absorve os nutrientes e a energia contidos no mesmo (Andrighetto et al., 1982). A determinação da digestibilidade dos nutrientes de uma matéria prima é o primeiro cuidado quando se pretende avaliar seu potencial de inclusão em uma ração para peixes (Cho, 1987), sendo um indicador potencial da energia e nutrientes disponíveis para o crescimento, manutenção e reprodução do animal, bem como dos níveis de nutrientes indigestíveis para avaliação de resíduos da aquicultura (Cho, 1993). Assim, segundo o NRC (1993), a digestibilidade descreve a fração do nutriente ou da energia do alimento que não é excretada nas fezes.

Segundo Hopher (1988), os primeiros estudos sobre a determinação dos coeficientes de digestibilidade dos alimentos pelos peixes foram realizados por Homburger em 1877. O conhecimento da digestibilidade da energia e nutrientes dos alimentos permite a formulação das rações de custo mínimo que atendam às exigências nutricionais dos animais (Aksnes e Opstvedt, 1998), e são importantes para o desenvolvimento de rações para o uso na aquicultura (Jones e De Silva, 1997).

Estimativas da digestibilidade tem sido prioridade para a nutrição na aquicultura, tanto para avaliar ingredientes quanto a qualidade de rações completas. Os ensaios com digestibilidade são utilizados principalmente para obter resultados de biodisponibilidade dos

nutrientes, energia de ingredientes e dietas para alimentação de peixes, sendo que estes ensaios são fundamentais para a formulação de dietas nutricional, econômica e ambientalmente eficientes (Fracalossi et al., 2012). De acordo com Morales et al. (1999) a quantificação do alimento consumido e a coleta total das fezes são dificultados pelo meio aquático, por isto, usa-se preferencialmente o método indireto de determinação de digestibilidade.

Segundo NRC (2011), a determinação *in vivo* da digestibilidade em peixes pode ser feita através de métodos diretos ou indiretos. Nestes dois métodos não é considerada a presença de materiais de origem endógena ou metabólica nas fezes, portanto, os dados obtidos são de digestibilidade aparente e não verdadeira. No entanto, os dados de digestibilidade obtidos atualmente estão aparentemente bastante próximos aos valores verdadeiros. Para avaliação da digestibilidade em peixes, os estudos pelo método indireto são os mais utilizados, fazendo uso de indicadores que podem ser internos, inerentes do próprio alimento como fibra bruta ou cinza insolúvel em ácido (Morales et al., 1999), ou externos como o óxido crômico (Boscolo et al., 2002).

Indicadores externos para estudos de digestibilidade pelo método indireto devem ser distribuídos homogeneamente na ração, serem de fácil análise mesmo em baixas concentrações, serem indigestíveis e não afetarem o metabolismo animal, passarem pelo trato digestivo na mesma taxa que os demais nutrientes e não serem prejudiciais às pessoas e ao meio ambiente (Austreng et al., 2000), e, ainda, não influenciarem na microflora do trato digestivo (Riche et al., 1995).

O óxido crômico é o indicador inerte mais utilizado em experimentos de digestão e balanço de nutrientes para animais domésticos, e este indicador tem sido utilizado com sucesso para a determinação da digestibilidade aparente em peixes (Boscolo et al., 2002). Em estudos utilizando óxido crômico como indicador, o nutriente componente da dieta é calculado através da taxa do indicador para o nutriente no alimento e nas fezes (Hanley, 1987).

Os resultados de digestibilidade em avaliações variam em função da espécie, das condições ambientais, quantidade e qualidade do nutriente, proporção relativa entre os nutrientes e dos processos tecnológicos a que o alimento tenha sido submetido (Pezzato et al., 2004), além a metodologia utilizada para a coleta de fezes, com técnicas de coleta com o peixe dentro ou fora d'água (Bomfim e Lanna, 2004).

Existem várias metodologias de coleta de fezes para peixe: dissecação, compressão ou massagem abdominal, sucção anal, pipetagem direta no fundo do tanque, filtração contínua e decantação (Bomfim e Lanna, 2004). Todas as técnicas apresentam pontos positivos e negativos, que influenciam nos resultados de digestibilidade. Com relação as coletas realizadas com o peixe fora da água, existe a possibilidade de se coletar material que não foi completamente digerido e absorvido, uma vez que pode haver digestão ou absorção na porção final do trato digestivo (Austreng, 1978). Já as coletas com os peixes dentro da água, a principal fonte de erro, é a perda de material fecal por lavagem ou lixiviação, o que pode superestimar os coeficientes de digestibilidade (Allan et al., 1999). Dependendo da metodologia de coleta de fezes adotada, há a possibilidade de obter-se uma variação significativa dos resultados (Bomfim e Lanna, 2004).

Estudos com a avaliação da digestibilidade dos alimentos e rações completas são de grande importância para o desenvolvimento da aquicultura. Somente com rações com altos coeficientes de digestibilidade será possível obter melhores respostas de conversão alimentar, maximizar os lucros e, principalmente, minimizar o impacto ambiental (Pezzato et al., 2002).

2.5 Referências

- ABIMORAD, E.G., CARNEIRO, D.J. Métodos de coletas de fezes e determinação dos coeficientes de digestibilidade da fração protéica e da energia de alimentos para o pacu, *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg, 1887). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n. 5, p. 1101-1109, 2004.
- AKSNES, A., OPSTVEDT, J. Content of digestible energy in fish feed ingredients determined by the ingredient-substitution method. **Aquaculture**, v.161, p.45-53, 1998.
- ANDRIGUETTO, J.M.; PERLY, L.; MINARDI, I.; GEMAEL, A.; FLEMMING, J, S. ; SOUZA, G.A. BONA, A. F. Os minerais na nutrição animal. In: **Nutrição animal**, Nobel, v. 1, p. 205, 2002.
- AUSTRENG, E., STOREBAKKEN, T., THOMASSEN, M.S. et al. Evaluation of selected trivalent metal oxides as inert markers used to estimate apparent digestibility in salmonids. **Aquaculture**, v.188, p.65-78, 2000.
- BICUDO, A. J. A., ABIMORAD, E. G., CARNEIRO, D. J. Exigências nutricionais e alimentação do pacu. In: FRACALOSSO, D. M. & CYRINO, J. E. P. (Ed). **Nutriaqua: Nutrição e alimentação de espécies de interesse para a aquicultura brasileira**. Florianópolis: Sociedade Brasileira de Aquicultura e Biologia Aquática, 2012, p. 217-229.
- BOMFIM, M. A. D., LANNA, E. A. T. Fatores que afetam os coeficientes de digestibilidade nos alimentos para peixes. **Revista Eletrônica Nutritime**, v. 1, n. 1, p. 20-30, 2004.
- BOSCOLO, W. R., HAYASHI, C., MEURER, F. Digestibilidade Aparente da Energia e Nutrientes de Alimentos Convencionais e Alternativos para a Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*, L.). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.13, n.2, p.539-545, 2002.
- CARNEIRO, D. J. **Efeito da temperatura na exigência de proteína e energia em dietas para alevinos de pacu, *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg, 1887)**. 1990. Tese de doutorado. Universidade Federal de São Carlos, São Carlos.
- CHO, C.Y. Digestibility of feedstuffs as a major factor in aquaculture waste management. In: KAUSHIK S.J. e LAQUET, P. (Ed.) **Fish Nutrition in Practice**. Biarritz, France. INRA Paris, p.363-374, 1993.
- CYRINO, J. E. P., FRACALOSSO, D. M. A pesquisa em nutrição de peixes e o desenvolvimento da aquicultura no Brasil: uma perspectiva histórica. In: FRACALOSSO, D. M. & CYRINO, J. E. P. (Ed). **Nutriaqua: Nutrição e alimentação de espécies de interesse para a aquicultura brasileira**. Florianópolis: Sociedade Brasileira de Aquicultura e Biologia Aquática, 2012, p. 1-7.
- DATO-CAJEGAS, C.R.S., YAKUPITIYAGE, A. The need dietary mineral supplementation for Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, cultured in a semi-intensive system. **Aquaculture**, v.144, n.1-3, p. 227-327, 1996.

FERNANDES, J.B.K., CARNEIRO, D.J., SAKAMURA, N.K. Fontes e níveis de proteína bruta em dietas para alevinos de pacu (*Piaractus mesopotamicus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.3, 246-253. 2000.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 2012. **The State of the World Fisheries and aquaculture**. FAO, Rome, Italy. Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/016/i2727e/i2727e00.htm>>. Acessado em 10 de janeiro de 2012.

FRACALOSSO, D. M., RODRIGUES, A. P. O., SILVA, T. S. C., CYRINO, J. E. P. Técnicas experimentais em nutrição de peixes. In: FRACALOSSO, D. M. & CYRINO, J. E. P. (Ed). **Nutriaqua: Nutrição e alimentação de espécies de interesse para a aquicultura brasileira**. Florianópolis: Sociedade Brasileira de Aquicultura e Biologia Aquática, 2012, p. 37-63.

FURUYA, W. M. **Tabelas Brasileira para nutrição de Tilápias**. Editora GFM, Toledo, 2010, 100p.

FURUYA, W.M.; GONÇALVES, G.S. FURUYA, V.R.B. et al. Fitase na alimentação de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). Desempenho e digestibilidade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.3, p. 924-929, 2001.

GODINHO, H. P. Estratégias reprodutivas de peixes aplicadas à aquicultura: bases para o desenvolvimento de tecnologias de produção. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**. v. 31, p. 351-360, 2007.

HANLEY, F. The Digestibility of Foodstuffs and the Effects of Feeding Selectivity Determinations in Tilápia, (*Oreochromis niloticus* L). **Aquaculture**. v.66, n.2, p.163-179, 1987.

HEPHER, B. **Nutrition of Pond Fishes**. New York: CAMBRIDGE UNIVERSITY PRESS, 1988, 388p.

HUA, K. & BUREAU, D. P. Quantification of differences in digestibility of phosphorus among cyprinids, cichlids, and salmonids through a mathematical modelling approach. **Aquaculture**, V. 308, p. 152-158, 2010.

JONES, P.L., DE SILVA, S.S. Apparent nutrient digestibility of formulated diets by the Australian freshwater crayfish *Cherax destructor* Clark (Decapoda, Parastacidae). **Aquaculture Research**, v.28, n.11, p.881-891, 1997.

LALL, S. P. The minerals. In: HALVER, J. E. AND HARDY, R. W. (Editors) **Fish nutrition**. 3 Ed. Academic Press, New York, USA, 2002, p. 259-308.

LEHNINGER, A.L., NELSON, D.L., COX, M.M. **Princípios de Bioquímica**. São Paulo: SARVIER, 1995. 839p.

LOVELL, T. **Nutrition and Feeding of Fish**. New York: VAN NOSTRAND REINHOLD, 1988, 260p.

MILSTEIN, A., ZORAN, M., PERETZ, Y., JOSEPH, D. Low temperature tolerance of pacu, *Piaractus mesopotamicus*. **Environmental Biology of Fishes**. n. 58, p. 455-460, 2000.

MORALES, A.E., CARDENETE, G. SANZ, A. et al. Re-avaluation of crude fiber and acid-insoluble ash as intermarkers, alternative to chromic oxide, in digestibility studies with rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Aquaculture**, v.179: 71-79. 1999.

MOREIRA, H. L. M., VARGAS, L., RIBEIRO, R. P., ZIMMERMANN, S. (Org.). Fundamentos da Moderna Aquicultura. Canoas, Ed. ULBRA, 2001, 200p.

MPA – Ministério da Pesca e Aquicultura. **Boletim estatístico da pesca e aquicultura**. Brasília, 2012, 129p.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of warmwater, fishes and shellfishes: nutrient requirements of domestic animals**. 1993 Washington, 114p.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). **Nutrient requirements of fish and shrimp**. 2011, Committee on Animal Nutrition, Board of Agriculture, National Research Council. The National Academy Press, Washington, DC, USA.

PEÑAFLORES, A.D. Interaction between dietary levels of calcium and phosphorus on growth of juvenile shrimp, *Penaeus monodon*. **Aquaculture**. v.172, n. 3-4, p. 281-289, 1999.

PETRERE Jr, M. River fisheries in Brazil: review. **Regulated Rivers: Research and Management**. n 4, p. 1-16, 1989.

PEZZATO, L. E., MIRANDA, E. C., BARROS, M. M., FURURYA, W. M., QUINTERO PINTO, L. G. Digestibilidade aparente da matéria seca e da proteína bruta e a energia digestível de alguns alimentos alternativos pela tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Acta Scientiarum. Animal Sciences**. V. 26, n. 3, p. 329-337, 2004.

PEZZATO, L. E; MIRANDA, E.C; BARROS, M.M; PINTO, L.G.Q; FURUYA, W.M; PEZZATO, A.C. Digestibilidade aparente de ingredientes pela tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.4, p. 1595-1604, 2002.

RICHE, M., WHITE, D.V.M., BROWN, P.B. Barium carbonate as an alternative indicator to chromic oxide for use in digestibility experiments with rainbow trout. **Nutrition Research**, v.15, n.9, p.1323-1331, 1995.

ROBINSON, E.H., LABOMASCUS, D., BROWN, P.B. et al. Dietary calcium and phosphorus requirements of *Oreochromis aureus* reared in calcium-free water. **Aquaculture**, v.64, p.267-276, 1987.

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

ROSTAGNO, H. S. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 3Ed., Viçosa, MG: UFV, DZO, 2011, 252p.

ROY, P. K., WITTEN, P. E., HALL, B. K., LALL, S. P. Effects of dietary phosphorus on bone growth and mineralization of vertebrae in haddock *Melanogrammus aeglefinus*. **Fish Physiology and Biochemistry**, n. 27, p. 35-48, 2002.

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

SIMON, P. C., VERSTEEGH, H. A. J., JONGBLOED, A. W., KEMME, P. A., SLUMP, P., BOS, K. D., WALTERS, M. G. E., BEUDEKER, R. F., VERSCHOOR, G. J. Improvement of phosphorus availability of microbial phytase in broilers and pigs. **British Journal of Nutrition**, 1990, V. 64, p. 525-540.

STEFFENS, W. **Principios Fundamentales de la Alimentation de los Peces**. Zaragoza: EDITORA ACRIBIA S.A., 1987, 275p.

URBINATI, E.C.; GONÇALVES, F.D. Pacu (*Piaractus mesopotamicus*). In: BALDISSEROTO, B; GOMES, L.C. **Espécies nativas para piscicultura no Brasil**. Editora UFSM, Santa Maria, 470p, 2005.

WEISMANN, D., SCHEID, H., PFEFFER, E. Water pollution with phosphorus of dietary origin by intensively fed rainbow trout (*Salmo gairdner*). **Aquaculture**, n. 69, p. 263-270, 1988.

3. DIGESTIBILIDADE APARENTE DE RAÇÕES CONTENDO DIFERENTES NÍVEIS DE FÓSFORO PARA O PACU (*Piaractus mesopotamicus*) DETERMINADO PELO MÉTODO DE DECANTAÇÃO

Resumo

O presente estudo teve como objetivo avaliar a digestibilidade aparente de rações contendo diferentes níveis de fósforo para pacus (*Piaractus mesopotamicus*), através do método de decantação. Foram utilizados 60 pacus com peso médio de $151,57 \pm 6,43$ g, distribuídos em seis cubas com capacidade de 180 litros, com sistema do tipo Guelph modificado, em um delineamento inteiramente casualizado. Os peixes foram alimentados com rações isoprotéicas, isoenergéticas e isocálcicas, contendo 27% de proteína bruta, 1,50% de cálcio, e 3000 kcal de ED/kg, com níveis de 0,6 e 1,2% de fósforo total. As coletas de fezes foram realizadas a cada 30 minutos, visando diminuir a perdas por lixiviação dos nutrientes. Foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos. Observa-se uma redução na digestibilidade total das dietas, com valores de 80,06% para os peixes alimentados com 0,6% de fósforo total e de 60,55% para os peixes alimentados com 1,2% de fósforo total, e redução também para a digestibilidade aparente do fósforo, com valores de 86,08 e 72,80% e conseqüentemente observa-se um aumento do fósforo residual para os peixes alimentados com 0,6 e 1,2% de fósforo total, respectivamente. Portanto, a maior digestibilidade do fósforo total e conseqüentemente menor excreção de fósforo nas fezes, obtida através do método de decantação, foi observada na dieta contendo 0,6% de fósforo total para pacus.

Palavras chave: aquicultura; nutrição; minerais; nutrientes; fósforo; digestibilidade

Abstract

The present study aimed to evaluate the apparent digestibility of diets containing different phosphorus levels for pacus (*Piaractus mesopotamicus*), through the decantation method. A total of 60 pacus were used, averaging $151,57 \pm 6,43$ g in weight, allotted in 6 180-L tanks, with Modified Guelph System, in an experimental design entirely randomized. The fish were fed isonitrogenous, isoenergetic and isocalcium diets, containing 27% of crude protein, 1,50% of calcium and 3000 kcal of DE/kg, with levels of 0,6 and 1,2% of total phosphorus. The fecal samples were taken every 30 minutes in order to decrease the loss of nutrients through leaching. We observed significant differences in treatments. There is a reduction in diets digestibility, with values of 80,06 and 60,55%, decrease in phosphorus apparent digestibility, with values of 86,08 and 72,80% and, consequently, observed an increase residual phosphorus for fish fed with 0,6 and 1,2% of phosphorus, respectively. Therefore, the greater total phosphorus digestibility and consequently lower total phosphorus excretion in feces obtained by the decantation method was observed at diet containing 0,6% of total phosphorus for pacus.

Key words: aquaculture; nutrition; minerals; nutrients; phosphorus; digestibility

3.1 Introdução

O Brasil tem grande potencial produtivo de peixes, em função do clima favorável, oferta de insumos para produção de rações e inúmeras espécies nativas para produção em cativeiro (Signor et al., 2011). Nos últimos anos, o pacu (*Piaractus mesopotamicus*) tem sido reconhecido como uma espécie nativa de grande destaque na criação intensiva de peixes em tanques-rede, pela fácil adaptação ao cultivo e pela baixa exigência de proteína (Fernandes et al., 2000; Signor et al., 2010) e por apresentar hábito alimentar onívoro, rápido crescimento, carne de excelente qualidade e boa aceitação pelos consumidores (Jomori et al., 2003).

O fator mais importante para o bom desenvolvimento da criação de qualquer espécie animal é uma alimentação adequada, que representa a maior parte dos custos operacionais, tornando os estudos de nutrição e alimentação na aquicultura, de extrema importância (Abimorad e Carneiro, 2004).

Segundo Gonçalves et al. (2007), atualmente os nutricionistas e fabricantes de rações estão bem atentos à importância de rações balanceadas e ecologicamente corretas, com quantidade de nutrientes que não exceda as exigências das espécies. Segundo estes autores, alguns fatores devem ser considerados para minimizar os efeitos poluidores dos efluentes produzidos pelas pisciculturas, entre eles, na formulações das rações utilizadas, ou seja, na escolha dos alimentos, na concentração de fósforo e a disponibilidade desse mineral, já que o fósforo é considerado nutriente essencial para a formação da estrutura óssea e para o metabolismo corporal (NRC, 1993).

A alternativa zootécnica mais eficiente e econômica para diminuir a ação poluente dos nutrientes especificamente o fósforo das pisciculturas é ajustar o consumo desse elemento às estritas demandas dos animais nas diferentes fases da vida (Lellis et al., 2004). Para melhorar e otimizar a alimentação do pacu é fundamental que se conheça o nível de aproveitamento dos ingredientes e nutrientes da dieta (Abimorad e Carneiro, 2004).

O objetivo deste estudo foi avaliar a digestibilidade aparente de rações contendo diferentes níveis de fósforo para pacus (*Piaractus mesopotamicus*) através do método de decantação para coleta de fezes.

3.2 Material e métodos

O experimento foi conduzido no Laboratório de Digestibilidade do GEMaQ – Grupo de Estudos de Manejo em Aquicultura da Unioeste – Universidade Estadual do Oeste do Paraná/*Campus* Toledo – Pr. Neste experimento foi utilizado um lote homogêneo com 60 pacus, com peso médio de $151,57 \pm 6,43$ g, distribuídos em seis cubas cônico-cilíndricas, com capacidade de 180 litros, providas de um copo coletor de fezes na sua parte inferior, em um sistema do tipo Guelph modificado. As cubas foram abastecidas uma vez ao dia com água proveniente de poço artesiano e aquecida em uma caixa d'água equipada com sistema de aquecimento controlada por termostato, mantendo a temperatura em torno de 27°C. O sistema possuía aeração individual, realizada por meio de uma pedra porosa acoplada a dispersores de ar para conservação de aproximadamente $5,0 \text{ mg L}^{-1}$ de oxigênio dissolvido em cada unidade experimental. A troca de água foi realizada uma vez ao dia, com o abastecimento de água feito pela parte superior da cuba, e o seu escoamento pelo fundo e quando acoplado o copo coletor, as fezes se decantavam no mesmo.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, constituído de dois tratamentos e três repetições. As rações foram formuladas de forma a serem isoprotéicas (27%), isoenergéticas (3.000 Kcal/Kg) e isocálcicas (1,50%), com níveis de 0,6% e 1,2% de fósforo total (Diemer, 2011), sendo a ração com 1,2%, suplementada com fosfato bicálcico para ajustar o nível de fósforo total (Tabela 1). As rações foram confeccionadas na Fábrica de Ração do GEMaQ - Grupo de Estudos de Manejo na Aquicultura da Universidade Estadual do Oeste do Paraná/*Campus* Toledo-Pr. Os ingredientes foram moídos em moinhos tipo 'martelo', com peneira de 0,5 mm, passaram pelo processo de extrusão e foram secas e estufa de aeração forçada. O atendimento de cada nutriente na ração foi expresso com o auxílio do programa SuperCrac® 5.7 Master (TD Software 2005).

Tabela 1. Composição percentual e química das dietas experimentais utilizadas na alimentação de pacu (*Piaractus mesopotamicus*) avaliando a digestibilidade de fósforo.

Ingredientes (%)	Níveis de fósforo total nas rações (%)	
	0,6	1,2
Farelo de soja	41,07	41,41
Milho grão	33,32	31,19
Farelo de trigo	15,00	15,00
Farinha vísceras de aves	2,98	3,00
Calcário	2,78	0,68
Farinha de peixes	2,00	2,00
Óleo de soja	1,31	1,90
Suplemento vitamínico e mineral*	1,00	1,00
Sal	0,30	0,30
L-Lisina	0,14	0,14
Propionato de cálcio	0,10	0,10
BHT	0,02	0,02
Fosfato bicálcico	-	3,25
Óxido de cromo	0,10	0,10
Total	100	100
Nutrientes**		
Amido (%)	25,22	23,9
Cálcio (%)	1,50	1,50
ED (Kcal/Kg)	3000	3000
Fósforo total (%)	0,60	1,20
Gordura (%)	3,78	4,28
Lisina total (%)	1,64	1,64
Metionina (%)	0,42	0,42
Proteína bruta (%)	27,00	27,00

*Suplemento vitamínico e mineral: Níveis de garantia por quilograma do produto: Vit. A, 24.000 UI; Vit. D3, 6.000 UI; Vit. E, 300 mg; Vit. K3, 30 mg; Vit. B1, 40 mg; Vit. B2, 40 mg; Vit. B6, 35 mg; Vit. B12, 80 mg; Ác. fólico, 12 mg; Pantotenato Ca, 100 mg; Vit. C, 600 mg; Biotina, 2 mg; Colina, 1.000 mg; Niacina; Ferro, 200 mg; Cobre, 35 mg; Manganês, 100 mg; Zinco, 240 mg; Iodo, 1,6 mg; Cobalto, 0,8 mg. 2 Vitamina C monofosfatada 35% de ácido ascórbico.

** Valores calculados.

Os peixes foram adaptados durante sete dias com as dietas teste, e as coletas foram realizadas num período de 30 dias. O arraçoamento foi realizado no período matutino às 7h30min e 9h30min e às 10h30min, seguida da limpeza das cubas e a troca de 50% do volume de água, e em seguida realizadas as coletas das fezes em intervalos de 30 minutos para evitar a lixiviação de nutrientes (Abimorad e Carneiro, 2004). O procedimento de coleta adotado foi o seguinte: o registro entre a cuba e copo coletor era fechado, retirava-se o copo coletor com as fezes já depositadas no fundo do mesmo, desprezando grande parte da água e transferia-se o conteúdo do tubo para potes de plástico identificados, que permaneciam em congelador até que se completasse a quantidade necessária para as análises químicas de fósforo e indicador.

O método de coleta empregado no experimento foi o método indireto, que permite a coleta parcial das fezes e a alimentação voluntária do animal, envolvendo o uso de um indicador inerte na dieta, razão pela qual é também denominado de método do indicador (Kitagima e Fracalossi, 2010). Neste método a quantidade do marcador na dieta e nas fezes permanece constante ao longo do processo de digestão e que toda quantidade de marcador ingerido aparece nas fezes (NRC, 1993). A metodologia indireta foi empregada, utilizando-se como indicador o óxido de crômio (Cr_2O_3), segundo NRC (1993), incorporado nas rações na proporção de 0,1% da ração.

As amostras de fezes coletadas foram encaminhadas para o LQA – Laboratório de Controle de Qualidade de Alimentos do GEMaQ/Unioeste/Campus Toledo, onde foram realizadas as análises de matéria seca e fósforo. As amostras inicialmente foram pré-secas em estufa de aeração forçada a 55°C por 72 horas. As fezes secas foram estocadas em pacotes de amostras sob congelamento para as posteriores análises. As determinações das concentrações de óxido de cromo nas fezes e nas rações foram determinadas por espectrofotometria de absorção atômica, para posterior cálculo do coeficiente de digestibilidade.

Para o cálculo da digestibilidade total da dieta (Dtd) na matéria seca (MS) e da disponibilidade do fósforo (Dand) foram utilizadas as equações indicadas pelo NRC (1993).

$$Dtd = 100 - 100 \left(\frac{\%Id}{\%If} \right) \quad \text{e} \quad Dand = 100 - 100 \left(\frac{\%Id}{\%If} \times \frac{\%Nf}{\%Nd} \right)$$

em que:

- Dtd = digestibilidade total da dieta teste (%);
- Dand = digestibilidade aparente dos nutrientes nas dietas teste (%);
- Id = indicador na dieta;
- If = indicador nas fezes;
- Nf = nutriente nas fezes;
- Nd = nutriente na dieta;

A qualidade da água foi monitorada por meio dos parâmetros de temperatura ($^{\circ}\text{C}$), pH, oxigênio dissolvido (mg L^{-1}) utilizando potenciômetros portáteis Hanna Instruments®, já para os parâmetros de fósforo total (mg L^{-1}), ortofosfato (mg L^{-1}) e amônia (mg L^{-1}), foram coletadas amostras das cubas experimentais e preservadas em garrafas de polietileno escuras e conservadas resfriadas para posteriores análises no LQA/Unioeste.

Ao final do experimento os dados foram tabulados e submetidos a análise de variância ao nível de 5% de significância, e em caso de diferenças foi aplicado o teste de Tukey utilizando o programa estatístico SAEG (Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas) (UFV, 1997).

3.3 Resultados e discussão

Os valores médio de temperatura, pH, oxigênio dissolvido da água foram $27,02 \pm 0,55^{\circ}\text{C}$; $7,28 \pm 0,25$ e $5,73 \pm 0,67 \text{ mg L}^{-1}$, respectivamente. Estes valores médios permanecem dentro da faixa recomendada para a produção de peixes de clima tropical (Boyd, 1990; Sipaúba-Tavares, 1995).

A qualidade de água das cubas experimentais (Figura 1), quando comparada ao disposto na Resolução Conama nº 357/2005, a qual dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais e estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, apresentou valores de fósforo total e ortofosfato, superiores aos estabelecidos pela resolução, sendo importante salientar, que neste caso, não é o ambiente natural de cultivo. Bueno et al. (2012) avaliaram a digestibilidade de fósforo para tilápia e observaram índices elevados de

fósforo total, sendo 0,216 e 0,336 mg L⁻¹, para 0,8 e 1,2% de fósforo na dieta, respectivamente. Os valores de amônia ficaram abaixo dos valores máximos considerados por Boyd (1990) como aceitáveis em criações, recomendando que o teor de amônia seja de até 0,6 mg L⁻¹.

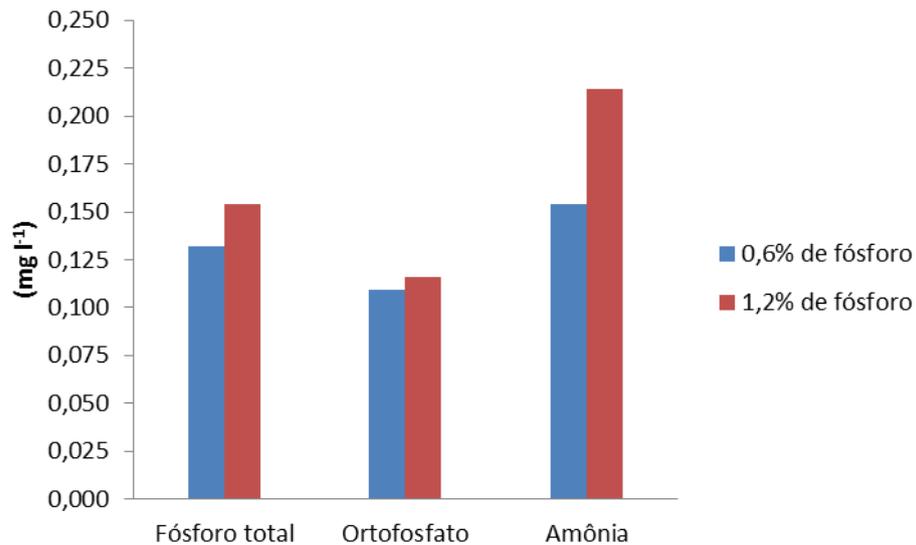


Figura 1. Qualidade da água das cubas experimentais.

Bueno et al. (2012) relatam que se extrapolar os valores de fósforo encontrados nos trabalhos realizados por diversos autores, para um ambiente com pouca renovação de água, como os viveiros de terra, onde há produção de toneladas de peixe por hectare, corre-se o risco de haver uma crescente quantidade de fósforo e material nitrogenado, que pode causar floração de algas no ambiente. Isto ocorre principalmente em ambientes lênticos, onde há pouca renovação da água e longo tempo de retenção da água, como nos braços dos reservatórios, onde se pratica a aquicultura em tanques-rede, entretanto, não foram observadas diferenças significativas nos parâmetros de qualidade de água avaliados no presente estudo.

As coletas de fezes foram realizadas a cada 30 minutos, pois segundo Abimorad e Carneiro (2004), que avaliaram diferentes métodos de coletas de fezes para pacu, o intervalo entre as coletas deve girar em torno de 30 minutos para evitar a lixiviação do nutriente a ser estudado e a superestimativa dos valores de digestibilidade. Segundo este autor, nestes intervalos são encontradas quantidades muito pequenas ou até ausência de fezes nos tubos coletores, dificuldade essa, também encontrada na condução deste experimento. No caso do

presente experimento foi necessário 30 dias para obter quantidade suficiente de fezes para as análises laboratoriais, seguindo a metodologia proposta por Abimorad e Carneiro (2004).

O coeficiente de digestibilidade aparente do fósforo para os tratamentos avaliados apresentaram diferenças significativas ($P < 0,10$) (Tabela 2).

Tabela 2. Coeficiente de digestibilidade aparente do fósforo para pacus (*Piaractus mesopotamicus*), alimentados com rações contendo diferentes níveis de fósforo.

Variáveis	Níveis de fósforo nas rações (%)		CV %
	0,6	1,2	
Digestibilidade total da dieta (%)	80,06 _a	60,55 _b	15,51*
Digestibilidade aparente do fósforo (%)	86,08 _a	72,80 _b	9,09*
Fósforo disponível (%)	0,52 _b	0,87 _a	7,47**
Fósforo excretado nas fezes (%)	0,08 _b	0,33 _a	7,47*

* $P < 0,10$; ** $P < 0,05$

De acordo com os valores de digestibilidade (Tabela 2), pode-se observar que a dieta de maior digestibilidade (80,06%) foi para as rações com 0,6% de fósforo total, e a menor digestibilidade (60,55%) para as rações com 1,2% de fósforo. Oliveira et al. (2011) verificaram que o aumento de fósforo da dieta, acarreta em redução linear da digestibilidade da matéria seca e da proteína na dieta para tilápia do Nilo.

As dietas contendo 0,6% e 1,2% de fósforo total apresentaram uma disponibilidade de 86,08 e 72,80% do fósforo total, respectivamente. O tratamento com menor nível de fósforo total apresentou maior digestibilidade desse mineral e refletiu em uma menor excreção de fósforo nas fezes pelos peixes (0,08%), enquanto que o tratamento com maior nível de fósforo total, apresentou maior excreção de fósforo pelos peixes (0,33%). Portanto, o menor nível de fósforo na dieta proporcionou melhor aproveitamento deste nutriente pelo pacu.

Os resultados de digestibilidade do fósforo do atual estudo apresentaram diferenças entre os níveis testados, diferente do relatado por Bueno et al. (2012), que avaliaram a digestibilidade de rações contendo 0,8 e 1,2% de fósforo total para juvenis de tilápia, e observaram 74,78 e 75,31%, respectivamente. Entretanto, estas diferenças podem estar relacionadas a anatomia e fisiologia do trato digestório distintas entre estas duas espécies. De acordo com Steffens (1987), as necessidades de fósforo dos peixes dependem, entre outras

coisas, da constituição do trato digestório e do tipo de fonte de fósforo. É de vital importância o conhecimento da disponibilidade do fósforo em alguns ingredientes que podem compor as dietas comerciais, principalmente quando considerada a necessidade dos peixes desse mineral para o seu metabolismo (Miranda et al., 2000).

Existem grandes diferenças na disponibilidade de fósforo entre as fontes que podem constituir a dieta dos peixes, sendo que as fontes de origem animal possuem maior teor de fósforo em relação aos alimentos de origem vegetal (Furuya 2010; Rostagno et al., 2011). No presente estudo, aproximadamente 90% da composição da dieta foi de origem vegetal, enquanto que apenas 5% foi constituído por fontes de origem animal. Diemer (2011) relatou que rações contendo níveis a partir de 0,6% de fósforo total atende a exigência do pacu, enquanto Signor et al., (2011), estabeleceram a exigência de fósforo total para o pacu de 0,4%. Portanto a maior digestibilidade das rações com 0,6% em relação as rações com 1,2%, possivelmente esteja relacionada ao excesso do mineral nesta dieta, refletido, conseqüentemente, na menor excreção de fósforo pelas fezes.

Como o cálcio se manteve constante nas dietas, o nível de fósforo da segunda dieta fez com que elevasse a concentração do fósforo no organismo, e pode ter interferido na homeostase através da ação dos hormônios reguladores do cálcio e fósforo, e conseqüentemente com maior excreção do fósforo.

Levando em consideração o desempenho produtivo dos peixes, o mesmo é influenciado pelos níveis de fósforo na ração (Miranda et al., 2000), comprovando que o desempenho depende de uma dieta balanceada em fósforo. Outro fator que pode interferir no aproveitamento deste nutriente é a espécie de peixe, e também dentro da mesma espécie, a fase de desenvolvimento pode alterar a exigência, como o observado para tilápia por Boscolo et al. (2003), Boscolo et al. (2005), Ribeiro et al. (2006), Miranda et al. (2000) e Furuya et al. (2008).

Segundo Quintero-Pinto (2008), a inclusão recomendada na dieta para evitar deficiências e promover o normal crescimento corporal varia entre 0,29 e 0,75% de fósforo disponível para a maioria dos peixes. De acordo com Bicudo et al. (2012), poucos são os estudos sobre minerais na nutrição de pacus, não sendo conhecida a exigência nutricional e recomenda-se que a inclusão siga o preconizado para outras espécies de peixes com hábito alimentar similar.

Diferentes exigências de fósforo encontradas para a mesma espécie pode estar relacionada à forma de processamento da ração, à fonte e à quantidade de fósforo disponibilizado na dieta, bem como à qualidade do ingrediente, as quais irão influenciar na disponibilidade e, conseqüentemente, no volume excretado pelos peixes (Bueno et al., 2012).

Uma estratégia para melhorar utilização do fósforo pelos animais é a inclusão de fitase para aumentar a digestibilidade do fósforo das dietas, como demonstrado por Bock et al. (2006) e Gonçalves et al. (2007).

É importante a determinação dos valores de digestibilidade aparente dos nutrientes e dos níveis de inclusão para as diferentes espécies de peixes cultivadas. Estes resultados possibilitam a elaboração de rações que atendam as exigências nutricionais, com base em nutrientes digestíveis, para a formulação de rações de maior qualidade nutritiva com visando a inclusão de níveis adequados dos minerais nas dietas resultando em um ótimo desempenho produtivo, diminuindo os custos e a excreção de poluentes para o ambiente aquático.

3.4 Conclusão

Utilizando o método de decantação, a maior digestibilidade e menor excreção do fósforo total foi observada na dieta contendo 0,6% de fósforo total para pacus (*Piaractus mesopotamicus*).

3.5 Referências

- ABIMORAD, E.G., CARNEIRO, D.J. Métodos de coletas de fezes e determinação dos coeficientes de digestibilidade da fração protéica e da energia de alimentos para o pacu, *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg, 1887). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n. 5. p. 1101-1109., 2004.
- ARANA, L.A.V. 2004. **Princípios químicos de qualidade da água em aquicultura: Uma revisão para peixes e camarões**. 2.ed. Florianópolis: UFSC. 231p.
- BICUDO, A. J. A., ABIMORAD, E. G., CARNEIRO, D. J. Exigências nutricionais e alimentação do pacu. In: FRACALOSSO, D. M. & CYRINO, J. E. P. (Ed). **Nutriaqua: Nutrição e alimentação de espécies de interesse para a aquicultura brasileira**. Florianópolis: Sociedade Brasileira de Aquicultura e Biologia Aquática, 2012, p. 217-229.
- BOCK, C. L., PEZZATO, L. E., CANTELMO, O. A., BARROS, M. M. Fitase e digestibilidade aparente de nutrientes de rações por tilápias do Nilo. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v. 35, n. 6, p. 2197-2202, 2006.
- BOSCOLO, W.R.; FEIDEN, A.; BOMBARDELLI, R.A. et al. Exigências de fósforo para alevinos de tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*). **Acta Scientiarum. Animal Science**, v.27, p.87-91, 2005.
- BOSCOLO, W.R.; FEIDEN, A.; REIDEL, A. et al. Exigências de fósforo da tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*) na fase de crescimento. **Acta Scientiarum. Agrária**, v.3, p.115-124, 2003.
- BOYD, E. **Water quality in ponds for aquaculture**. Auburn: Auburn University, 1990.
- BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente. *Resolução Conama nº 357, de 17 de março de 2005*. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e os padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>>. Acessado em: 26 de janeiro de 2013.
- BUENO, G.W.; FEIDEN, A.; NEU, D.H.; LUI, T.A.; WÄCHTER, N.; BOSCOLO, W.R. Digestibilidade do fósforo em dietas como estratégia nutricional para redução de efluentes da tilapicultura. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária Zootecnia**. V. 64, n. 1, p. 183-191, 2012.
- DIEMER, O. **Fósforo na alimentação de pacus (*Piaractus mesopotamicus*) criados em tanques-rede**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Programa de Pós-graduação em Zootecnia, Marechal Cândido Rondon, 2011. p. 35.
- FERNANDES, J.B.K., CARNEIRO, D.J., SAKAMURA, N.K. Fontes e níveis de proteína bruta em dietas para alevinos de pacu (*Piaractus mesopotamicus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, n. 3, p. 246-253, 2000.

FURUYA, W. M. **Tabelas Brasileira para nutrição de Tilápias**. Editora GFM, Toledo, 2010, 100p.

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.

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

JOMORI, R.; CARNEIRO, D. J.; PORTELLA, M. C. Growth and survival of pacu *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg, 1887) juveniles reared in ponds or at different initial larviculture periods indoors. **Aquaculture**, v. 221, n. 1-4, p. 277-287, 2003.

KITAGIMA, R.E., FRACALOSSO, D.M. validation of methodology for measuring nutrient digestibility and evaluation of commercial feeds for channel catfish. **Scientia Agricola**. V. 67, p.611-615, 2010.

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.

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

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. 1993. **Nutrient requirements of warmwater fishes and shellfishes: nutrient requirements of domestic animals**. Washington, 114p.

OLIVEIRA, M. M., ORLANDO, T. M., LEAL, R. S., DRUMOND, M. M., ALLAMAN, I. B., ROSA, P. V., PIMENTA, M. E. S. G., NEIRA, L. M. Digestibilidade e composição química de *Oreochromis niloticus* alimentados com dietas contendo diferentes níveis de fósforo. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 12, n. 4, p. 1026-1037, 2011.

QUINTERO-PINTO, L.G. **Exigências dietárias e disponibilidade de fontes de fósforo para tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*)**. Tese de Doutorado. Programa de Pós-graduação em Zootecnia – UNESP, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Botucatu, SP, Brasil, 90p, 2008.

RIBEIRO, F.B.; LANNA, E.A.T.; BOMFIM, M.A.D. et al. Níveis de fósforo total em dietas para alevinos de tilápia-do-nilo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, supl., p.1588-1593, 2006.

ROSTAGNO, H. S. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 3Ed., Viçosa, MG: UFV, DZO, 2011, 252p.

SIGNOR, A. A., FEIDEN, A., BITTENCOURT, F., POTRICH, F. R., DEPARIS, A., BOSCOLO, W. R. Fósforo na alimentação de pacu (*Piaractus mesopotamicus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**. V. 40, n. 12, p. 2646-2650, 2011.

SIGNOR, A.A.; BOSCOLO, W.R.; FEIDEN, A. et al. Proteína e energia na alimentação de pacus criados em tanques-rede. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.11, p.2336-2341,2010.

SIPAÚBA-TAVARES, L. H. S. **Limnologia aplicada à aquicultura**. Jaboticabal: Funep, 1995, 72p.

STEFFENS, W. **Principios Fundamentales de la Alimentation de los Peces**. Zaragoza: EDITORA ACRIBIA S.A., 1987, 275p.

TD SOFTWARE. *Supercrac*: cálculo de ração de custo mínimo. Versão 4.0. Viçosa: TD Software, 2005.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA. UFV. 1997. **SAEG Sistema para análises estatísticas e genéticas**. Versão 7.1. Viçosa, MG. 150p. (Manual do usuário).

4. DIGESTIBILIDADE APARENTE DE RAÇÕES CONTENDO DIFERENTES NÍVEIS DE FÓSFORO PARA O PACU (*Piaractus mesopotamicus*) DETERMINADO PELO MÉTODO DE DISSECAÇÃO INTESTINAL

Resumo

O presente estudo teve como objetivo avaliar a digestibilidade aparente de rações contendo diferentes níveis de fósforo para pacu (*Piaractus mesopotamicus*), através do método de dissecação intestinal. Foram utilizados 320 pacus com peso médio de $768,5 \pm 36,34$ g, distribuídos em quatro tanques-rede com capacidade de 5m^3 . Os peixes foram alimentados com rações isoprotéicas (27%), isoenergéticas (3000 kcal/kg) e isocálcicas (1,50%), com níveis de 0,6; 0,8; 1,0 e 1,2% de fósforo total. As coletas de fezes foram realizadas por abertura lateral nos peixes, para retirada das fezes presente no reto, e os peixes encaminhados para análise de composição centesimal da carcaça. Foram observadas diferenças significativas ($P < 0,01$) entres os tratamentos para o coeficiente de digestibilidade aparente da dieta, digestibilidade aparente do fósforo, fósforo disponível e fósforo residual. Observa-se uma diminuição linear para digestibilidade aparente da dieta e para digestibilidade aparente do fósforo com o aumento dos níveis de inclusão de fósforo na ração, sendo os maiores valores observados para a dieta com 0,6% de fósforo total na ração, enquanto que para o fósforo disponível e fósforo residual houve um aumento linear, com aumento dos níveis de fósforo total na ração. Não foram observadas diferenças significativas para a composição centesimal da carcaça dos pacus. Portanto, a maior digestibilidade do fósforo total da dieta, obtida através do método de dissecação, foi observada na dieta contendo 0,6% de fósforo total para pacu e os diferentes níveis de fósforo não influenciaram na composição química da carcaça de pacus.

Palavras-chave: aquicultura; nutrição; minerais; nutrientes; fósforo; digestibilidade

Abstract

The present study aimed evaluate the apparent digestibility of rations containing different phosphorus levels for pacu (*Piaractus mesopotamicus*), through intestinal dissection method. A total of 320 pacus were used, averaging $768,5 \pm 36,34$ g in weight, allotted in four 5-m³ cages. The fish were fed isonitrogenous, isoenergetic and isocalcium diets, containing 27% of crude protein, 1,50% of calcium and 3000 kcal of DE/kg, with levels of 0,6; 0,8; 1,0 and 1,2% of total phosphorus. The fecal samples were performed by opening the fish side for removal of feces present in the rectum, and the fish sent for analysis of whole body chemical composition. We observed significant differences ($P < 0,01$) between treatments for apparent digestibility coefficient of the diet, apparent digestibility of phosphorus, available phosphorus and residual phosphorus. There is a linear decrease in apparent digestibility of the diet and apparent digestibility of phosphorus with increase phosphorus levels in the diet, the highest values being observed for the diet with 0,6% of total phosphorus, while for available phosphorus and residual phosphorus there was a linear increase with inclusion levels of total phosphorus in the feed. There were no significant differences for wholly body chemical composition of pacu. Therefore, most phosphorus digestibility of the diet, obtained by intestinal dissection method, was observed in diet containing 0,6% of total phosphorus for pacu and the different phosphorus levels had no effect in whole body of pacus.

Key-words: aquaculture; nutrition; minerals; nutrients; phosphorus; digestibility

4.1 Introdução

Conciliar a obtenção de alta produtividade com menor descarga de resíduos no ambiente aquático é um dos grandes desafios da piscicultura, principalmente com relação ao nitrogênio e fósforo, nas criações intensivas que dependem de rações balanceadas (Lanna et al., 2005).

Segundo Gonçalves et al. (2007), a descarga de nutrientes em efluentes de piscicultura está direta ou indiretamente associada à alimentação, ou seja, alimentos não digestíveis, fósforo da dieta na forma não disponível e excesso de alimento são as principais formas de contribuição para o aumento dos nutrientes nos efluentes. Portanto, a avaliação de digestibilidade de um alimento é um importante instrumento para obtenção de seu valor nutricional para formulação de rações nutricionalmente completas para peixes. Sendo que valores de digestibilidade podem ser influenciados pelas condições e metodologias utilizadas na realização dos experimentos com digestibilidade.

A metodologia por decantação é a mais utilizada em experimentos de digestibilidade, porém nessa técnica pode haver fragmentação das fezes e lixiviação dos seus componentes, podendo contribuir para uma possível superestimação dos valores de digestibilidade (Glencross et al., 2007). Uma alternativa para evitar qualquer perda de nutrientes por lixiviação, seria a técnica de dissecação intestinal, que consiste na retirada do peixe da água, onde as amostras de fezes são coletadas diretamente na região posterior do intestino (Rostagno e Sakomura, 2007).

Poucos os trabalhos realizados no Brasil, principalmente com peixes nativos como o pacu (*Piaractus mesopotamicus*), objetivando determinar a digestibilidade e exigências de fósforo nas diversas fases e sistemas de criação. Esses estudos são necessários para aumentar o desempenho produtivo de forma economicamente viável, com adequado crescimento dos peixes e manutenção da qualidade da carcaça e da qualidade de água, permitindo a criação sustentável, principalmente em criações intensivas.

O objetivo deste estudo foi avaliar a digestibilidade aparente de rações contendo diferentes níveis de fósforo para pacus (*Piaractus mesopotamicus*) utilizando o método de dissecação intestinal para coleta de fezes.

4.2 Material e métodos

Esse estudo foi conduzido no Centro de Tecnologia para Piscicultura em Tanques-rede, localizado no Reservatório de Itaipu, junto ao Refúgio Biológico do Município de Santa Helena – Pr, pertencente ao GEMaQ – Grupo de Estudos de Manejo em Aquicultura da Unioeste – Universidade Estadual do Oeste do Paraná/*Campus* Toledo.

Para realização do experimento foram utilizados 320 pacus adultos, com peso médio de $768,5 \pm 36,34$ g, distribuídos em quatro tanques-rede (5m^3), alojando 80 peixes. Cada tanque-rede recebeu um tratamento e cada animal representou uma unidade experimental.

Os tratamentos foram constituídos por quatro rações elaboradas de modo a conterem níveis de 0,60; 0,80; 1,00 e 1,20% de fósforo total (Diemer, 2011) com cinco repetições cada. As rações foram formuladas de forma a serem isoenergéticas (3000 kcal/kg), isoprotéicas (27%) e isocálcicas (1,50%), e foram submetidas ao processamento de extrusão na Fábrica de Ração do GEMaQ/Unioeste/*Campus* Toledo. O atendimento de cada nutriente na ração foi expresso com auxílio do programa SuperCrac[®] 5.7 Master (TD Software, 2005). O arraçoamento foi feito três vezes ao dia (Dieterich, 2011) às 9h00, 14h00 e 17h00 até a saciedade aparente. A composição percentual e química das dietas encontra-se na Tabela 3.

Tabela 3. Composição percentual e química das dietas experimentais utilizadas na alimentação de pacu (*Piaractus mesopotamicus*) avaliando a digestibilidade de fósforo total.

Ingredientes (%)	Níveis de fósforo (%)			
	0,6	0,8	1,0	1,2
Farelo de soja	41,00	41,14	41,27	41,41
Milho grão	33,20	32,50	31,79	31,09
Farelo de trigo	15,00	15,00	15,00	15,00
Farinha de vísceras de aves	2,98	2,99	2,99	3,00
Cálcario	2,178	2,08	1,38	0,68
Farinha de peixe	2,00	2,00	2,00	2,00
Óleo de soja	1,31	1,51	1,70	1,90
Suplemento vitamínico e mineral*	1,00	1,00	1,00	1,00
Sal	0,30	0,30	0,30	0,30
L-lisina	0,14	0,14	0,14	0,14
Propionato	0,10	0,10	0,10	0,10
BHT	0,02	0,02	0,02	0,02
Fosfato bicálcico		1,08	2,17	3,25
Óxido de cromo	0,10	0,10	0,10	0,10
Total	100,00	100,00	100,00	100,00
Nutrientes**				
Amido (%)	25,20	24,76	24,33	23,90
Cálcio (%)	1,50	1,50	1,50	1,50
ED pacu (Kcal/Kg)	3.000	3.000	3.000	3.000
Fósforo total (%)	0,60	0,80	1,00	1,20
Gordura (%)	3,78	3,95	4,12	4,28
Lisina total (%)	1,64	1,64	1,64	1,64
Metionina (%)	0,42	0,42	0,42	0,42
Proteína bruta (%)	27,00	27,00	27,00	27,00

*Suplemento vitamínico e mineral: Níveis de garantia por quilograma do produto: Vit. A, 24.000 UI; Vit. D3, 6.000 UI; Vit. E, 300 mg; Vit. K3, 30 mg; Vit. B1, 40 mg; Vit. B2, 40 mg; Vit. B6, 35 mg; Vit. B12, 80 mg; Ác. fólico, 12 mg; Pantotenato Ca, 100 mg; Vit. C, 600 mg; Biotina, 2 mg; Colina, 1.000 mg; Niacina; Ferro, 200 mg; Cobre, 35 mg; Manganês, 100 mg; Zinco, 240 mg; Iodo, 1,6 mg; Cobalto, 0,8 mg. 2 Vitamina C monofosfatada 35% de ácido ascórbico.

** Valores calculados.

Após um período de sete dias de adaptação ao sistema de cultivo, os peixes foram alimentados com as rações durante 45 dias para a primeira coleta e mais 15 dias para a segunda coleta, totalizando 60 dias de experimento. Para a realização das coletas por dissecação intestinal, foram capturados 20 peixes de cada tratamento e submetidos a eutanásia com benzocaína (250 mg L^{-1}) (Gomes et al., 2001). Em seguida foram acondicionados em um caixa térmica com água e gelo, e transportados até o Laboratório de Processamento do Pescado do GEMaQ/Unioeste/Campus Toledo. No laboratório os peixes foram pesados e abertos lateralmente (Figura 2) para retirada do conteúdo fecal.



Figura 2. Abertura lateral do pacu (*Piaractus mesopotamicus*) para coleta de fezes por dissecação intestinal. (Fonte: Arquivo pessoal, 2012).

A porção distal do intestino após a segunda válvula intestinal, foi retirada do peixe e colocada em uma placa de Pétri. O intestino foi aberto longitudinalmente com o auxílio de uma tesoura cirúrgica, e com uma espátula, o conteúdo fecal foi retirado e transferido para outra placa de Pétri (Abimorad e Carneiro, 2004). Foi realizado um “pool” das amostras de fezes de cada cinco peixes, para dar quantidade suficiente para realização das análises, obtendo assim quatro repetições para cada tratamento.

As amostras de fezes coletadas foram encaminhadas para o LQA – Laboratório de Controle de Qualidade de Alimentos do GEMaQ/Unioeste/Campus Toledo, pré-secas em estufa de aeração forçada a 55°C por 72 horas, depois de secas foram estocadas pacotes plásticos para posteriores análises. No laboratório foram realizadas as análises de matéria seca

e realizada a abertura nitroperclórica, e em seguida encaminhadas para leitura de óxido de cromo e fósforo no Laboratório de Espectrofotometria de Absorção atômica do Curso de Engenharia Química da Unioeste.

Para o cálculo de digestibilidade total da dieta (Dtd) na matéria seca e da disponibilidade do fósforo (Dand) foram utilizadas as equações indicadas pelo NRC (1993).

$$Dtd = 100 - 100 \left(\frac{\%Id}{\%If} \right) \quad \text{e} \quad Dand = 100 - 100 \left(\frac{\%Id}{\%If} \times \frac{\%Nf}{\%Nd} \right)$$

em que:

- Dtd = digestibilidade total da dieta teste (%);
- Dand = digestibilidade aparente dos nutrientes nas dietas teste (%);
- Id = indicador na dieta;
- If = indicador nas fezes;
- Nf = nutriente nas fezes;
- Nd = nutriente na dieta;

Os peixes dos quais foram retiradas as amostras de fezes, foram eviscerados, lavados e acondicionados em pacotes de amostras e congeladas para posteriores análises de composição química, como matéria seca, matéria mineral, proteína bruta, lipídeos e fósforo da carcaça. A análise da composição centesimal foi realizada no LQA/Unioeste. As amostras foram pré-secas em estufa de aeração forçada a 55°C por 72 horas, em seguida trituradas em um multiprocessador e homogeneizadas para determinação de matéria seca (estufa a 105°C por 8 h), lipídeos (extrator de sohxlet), proteína bruta (microkjeldahl) e cinzas (incineração em mufla a 550° C por 4 horas), seguindo as normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz (2005).

Para o monitoramento da qualidade da água foram realizadas três coletas de água, as coletas foram realizadas entre os tanques, e ao redor da área aquícola. A temperatura foi monitorada diariamente pela manhã as 9h00 e a tarde as 17h00. O oxigênio dissolvido e o pH foram avaliados através de potenciômetros portáteis Hanna Instruments®. Foram realizadas coletas de água, preservadas em garrafas de polietileno escuras e conservadas resfriadas para

posteriores análises de fósforo total, ortofosfato e nitrogênio total, que foram realizados no LQA/Unioeste.

Ao final do experimento os dados foram tabulados e submetidos a análise de variância ao nível de 5% de significância, e em caso de diferenças foi aplicado o teste de Tukey utilizando o programa estatístico SAEG (Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas) (UFV, 1997).

4.3 Resultados e discussão

Os valores médio de temperatura, pH, oxigênio dissolvido da água foram $24,5 \pm 2,04^\circ\text{C}$; $7,23 \pm 0,18$ e $7,50 \pm 0,18 \text{ mg L}^{-1}$, respectivamente. Estes valores médios permanecem dentro da faixa recomendada para a produção de peixes de clima tropical (Boyd, 1990; Sipaúba-Tavares, 1995). O fósforo total na água, apresentou valor de $0,065 \pm 0,003 \text{ mg L}^{-1}$, próximo do valor observado para esta área aquícola por Diemer et al. (2010) e acima do valor preconizado pela Resolução Conama nº 357/2005. O nitrogênio total da água com valor de $0,115 \pm 0,037 \text{ mg L}^{-1}$ dentro do limite previsto na Resolução Conama nº 357/2005.

Abimorad e Carneiro (2004) citam que tiveram dificuldades para obter as quantidades mínimas de fezes necessárias para as análises de óxido de cromo e de proteína nas fezes, em duplicata, nos métodos da dissecação intestinal e da extrusão manual, sendo que esta dificuldade também foi encontrada no presente trabalho. Obtendo cerca de dois gramas de matéria seca de fezes a cada cinco peixes, que formavam uma unidade experimental.

Os diferentes níveis de fósforo da ração afetaram a digestibilidade total da dieta, digestibilidade aparente do fósforo, digestibilidade aparente da proteína, fósforo disponível e consequentemente o fósforo residual (Tabela 4).

Tabela 4. Coeficiente de digestibilidade aparente do fósforo para pacus (*Piaractus mesopotamicus*), alimentados com rações contendo diferentes níveis de fósforo.

Variáveis	Níveis de fósforo na dieta (%)				CV (%)
	0,6	0,8	1,0	1,2	
Digestibilidade total da dieta (%) ¹	80,36 _a	77,54 _{ab}	78,41 _{ab}	73,87 _b	2,25**
Digestibilidade aparente do fósforo (%) ²	70,50 _a	58,55 _b	50,72 _c	44,25 _d	4,16**
Digestibilidade aparente da proteína (%) ³	86,26 _a	83,91 _{ab}	85,67 _a	82,67 _b	1,23**
Fósforo disponível (g kg ⁻¹) ⁴	4,23 _c	4,68 _{bc}	5,07 _{ab}	5,31 _a	4,58**
Fósforo residual (g kg ⁻¹) ⁵	1,77 _d	3,32 _c	4,93 _b	6,69 _a	5,29**

** P<0,01; ¹ Efeito linear ($y=85,9231-0,9305x$; $r^2=0,78$); ² Efeito linear ($y=94,9708-4,3292x$; $r^2=0,98$); ³ Efeito linear ($y=88,6859-0,4510x$; $r^2=0,50$); ⁴Efeito linear ($y=3,1916+0,1814x$; $r^2=0,98$); ⁵ Efeito linear ($y=94,9708-4,3292$; $r^2=0,98$).

Foi observado efeito linear para digestibilidade aparente da dieta e para o coeficiente de digestibilidade aparente do fósforo (Figura 3), com o maior valor de digestibilidade do mineral (70,50%), para as rações com 0,6%, e o menor valor de digestibilidade (44,25%), para as rações com 1,2% de fósforo total na dieta. Oliveira et al. (2011), também observou um declínio na digestibilidade total da dieta e da digestibilidade do fósforo, testando diferentes níveis de inclusão de fósforo disponível na dieta para tilápia.

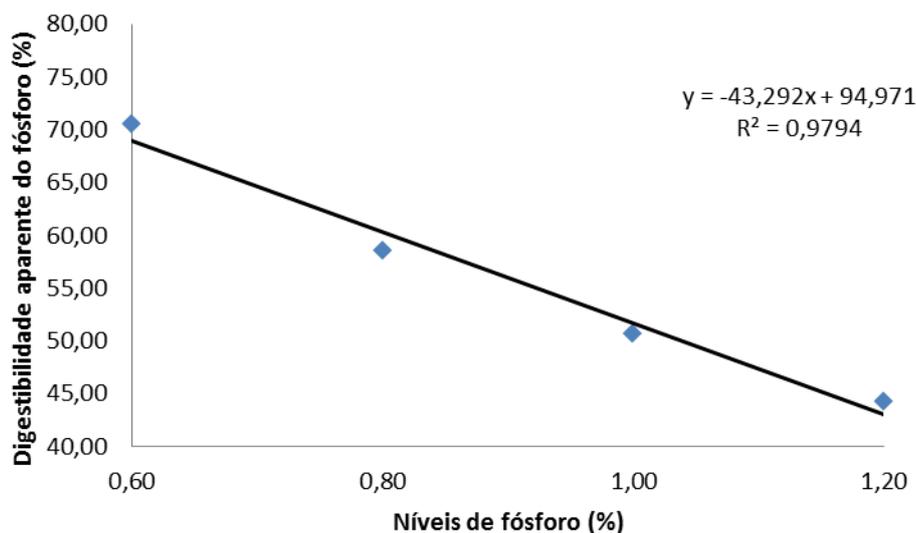


Figura 3. Efeito linear entre a digestibilidade aparente do fósforo.

Na Figura 4, os valores de fósforo disponível e fósforo residual foram transformados para g kg^{-1} , sendo possível observar que a disponibilidade do fósforo é maior com a inclusão de maiores níveis de fósforo na dieta, porém pode-se observar maior excreção de fósforo pelos peixes.

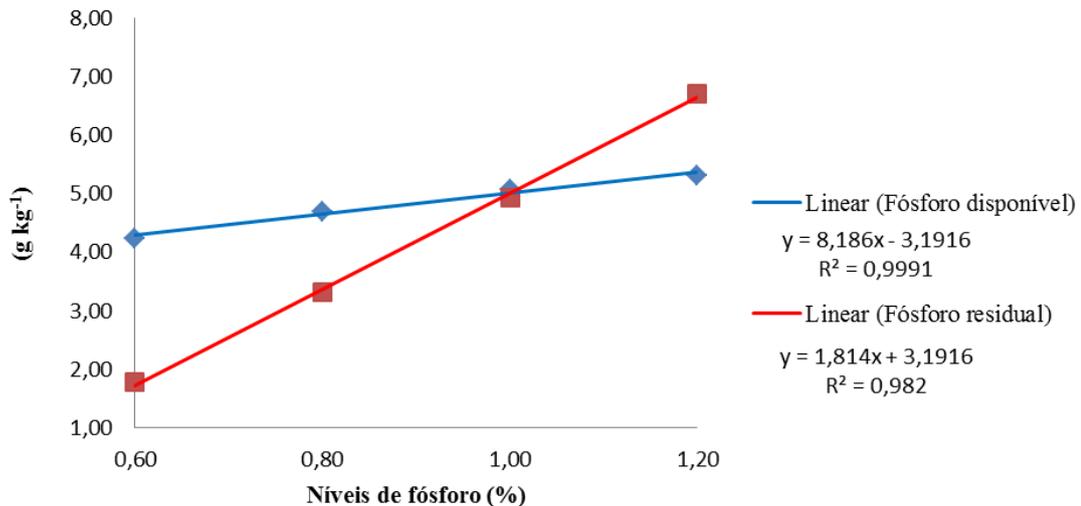


Figura 4. Efeito linear entre fósforo disponível, fósforo residual.

O fósforo residual apresentou efeito linear, aumentando conforme os níveis de inclusão de fósforo, semelhante ao observado por Furuya et al. (2008), ao estudarem a disponibilidade desse mineral para tilápia, ressaltaram que a excreção de fósforo fecal por quilo de peixe produzido aumentou linearmente entre os teores 0,25; 0,35; 0,45 e 0,55% de fósforo disponível. Os dados do presente estudo também concordam com Oliva-Teles & Pimentel-Rodrigues (2004), comprovando que não há necessidade de utilizar dietas com valores de fósforo disponível acima das exigências. A exigência de fósforo para o pacu é de 0,4% a 0,6% de fósforo total na dieta (Signor et al. (2011); Diemer (2011)). No entanto, para se obter formulações com níveis abaixo de 0,6% não há possibilidade de inclusão em rações de grandes quantidades de ingredientes de origem animal, que muitas vezes apresentam alta disponibilidade e baixo custo no mercado, a exemplo da farinha de carne e ossos, farinha de peixe e outros subprodutos das agroindústrias processadoras de carnes.

Com relação a digestibilidade aparente da proteína, foi observada redução linear de acordo com o aumento nos níveis de fósforo nas dietas. Oliveira et al. (2011) também

verificaram que o aumento de fósforo da dieta, acarreta em redução linear da digestibilidade da matéria seca e da proteína na dieta para tilápia do Nilo. Austreng (1978) *apud* Abimorad e Carneiro (2004) relatou que, durante a dissecação do peixe, poderiam ocorrer, ocasionalmente, pressão e injúrias nas vísceras provocando, dessa forma, adição de nitrogênio endógeno (muco e células epiteliais) às fezes, diminuindo os valores de digestibilidade da proteína.

Os diferentes níveis de fósforo na ração não afetaram a composição centesimal da carcaça dos pacus, não havendo diferença significativa para umidade, proteína bruta, lipídios, matéria mineral e fósforo (Tabela 5).

Tabela 5. Composição centesimal da carcaça de pacus (*Piaractus mesopotamicus*) alimentados com rações contendo diferentes níveis de fósforo.

Variáveis (%)	Coleta inicial	Níveis de fósforo na dieta (%)				CV (%)
		0,6	0,8	1,0	1,2	
Umidade	61,69	62,68	62,02	64,12	63,22	2,48 ^{ns}
Proteína bruta	16,48	16,42	16,51	15,72	16,09	7,90 ^{ns}
Lipídeos	15,52	17,02	17,36	15,92	16,89	7,98 ^{ns}
Matéria Mineral	4,70	4,86	4,71	4,81	4,32	11,79 ^{ns}
Fósforo	0,72	0,73	0,77	0,75	0,72	12,52 ^{ns}

^{ns} Não significativo

Os valores de composição centesimal, que variam de 62,02 a 64,12% de umidade, de 15,72 a 16,51% de proteína, de 15,92 a 17,36% de lipídios, permanecendo dentro dos valores descritos por Ogawa e Maia (1999) e Tavares e Gonçalves (2011). Esses autores descrevem a composição do músculo do pescado, com valores que variam de 60 a 85% para umidade, aproximadamente 20% de proteína, de 0,6 a 36% de lipídios e de 1 a 2% de matéria mineral ou cinzas. Somente os valores de matéria mineral estão acima do descrito por esses autores (1 a 2%), que no presente trabalho variaram de 4,32 a 4,86%, é importante ressaltar que para as análises de composição centesimal, foi utilizada a carcaça inteira, incluindo a cabeça, podem influenciar na quantidade de fósforo. Esse valores de fósforo na carcaça estão próximos aos valores encontrados por Dieterich et al. (2012), que avaliaram diferentes fontes de fósforo

para alevinos e juvenis de tilápia do Nilo, e que utilizou o peixe inteiro na análise de composição centesimal. Os valores de umidade, proteína e lipídios estão próximos dos valores observados por Diemer (2011), que avaliou diferentes níveis de fósforo na alimentação de pacus.

Os valores de umidade, proteína bruta e matéria mineral, estão próximos aos valores observados por Signor et al. (2011), que avaliaram a composição química da carcaça de pacus alimentados com rações contendo diferentes níveis de fósforo, variando de 0,4 a 1,0%, porém os valores de fósforo na carcaça, foram superiores ao observado pelo autor, que observou valores próximo de 0,4%, enquanto que no presente trabalho foram observados valores próximos de 0,7%, sendo importante salientar que são peixes com idade e peso diferentes.

Os valores de proteína bruta e matéria mineral, também estão próximos dos valores observados por Furuya et al. (2008), que avaliaram dietas contendo níveis crescentes de fósforo disponível, variando de 0,25 a 0,55% de fósforo disponível, já os valores de umidade observados pelo autor, foram superiores, enquanto que os valores de lipídios foram inferiores, sendo que a composição química pode variar entre espécies, idade, sexo, sazonalidade e estado fisiológico (Tavares e Gonçalves, 2011). No caso do pacu, ressaltasse que é um peixe que apresenta maior teor de gordura comparado com a tilápia, e existe relação inversa entre a umidade e gordura, sendo que peixes com maior teor de gordura apresentam menor teor de umidade (Ogawa e Maia, 1999; Tavares e Gonçalves, 2011).

4.4 Conclusão

A maior digestibilidade do fósforo total da dieta, obtida através do método de dissecação, foi observada na dieta contendo 0,6% de fósforo total para pacu (*Piaractus mesopotamicus*). Os diferentes níveis de fósforo não influenciaram na composição química da carcaça de pacus (*Piaractus mesopotamicus*).

4.5 Referências

- ABIMORAD, E.G., CARNEIRO, D.J. Métodos de coletas de fezes e determinação dos coeficientes de digestibilidade da fração protéica e da energia de alimentos para o pacu, *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg, 1887). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n. 5. p. 1101-1109., 2004.
- BOYD, E. **Water quality in ponds for aquaculture**. Auburn: Auburn University, 1990.
- BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente. *Resolução Conama nº 357, de 17 de março de 2005*. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e os padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>>. Acessado em: 28 de janeiro de 2013.
- DIEMER, O., NEU, D. H., FEIDEN, A., LORENZ, E. K., BITTENCOURT, F., BOSCOLO, W. R. Dinâmica nictimeral e vertical das características limnológicas e ambiente de criação de peixes em tanques-rede. **Ciência Animal Brasileira**. v. 11, n. 1, p. 24-31, 2010.
- DIERMER, O. **Fósforo na alimentação de pacus (*Piaractus mesopotamicus*) criados em tanques-rede**. 2011. 36f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon.
- DIETERICH, F., BOSCOLO, W. R., LÖSCH, J. A. FEIDEN, A. FURUYA, W. M., SIGNOR, A. A. Fontes de fósforo em rações orgânicas para alevinos e juvenis de tilápia do Nilo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. V. 47, n. 3, p.417-424, 2012.
- DIETERICH, T. G. **Frequência de arraçamento para juvenis de pacu (*Piaractus mesopotamicus*) em tanques-rede**. 2011. 36f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon.
- 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.
- GLENCROSS, B. D., BOOTH, M., ALLAN, G. L. A feed is only as its ingredients – a review of ingredient evaluation strategies for aquaculture feeds. **Aquaculture Nutrition**, v. 13, p. 17-34, 2007.
- GOMES, L. C., CHIPARI-GOMES, A. R., LOPES, N. P., ROUBACH, R. ARAUJO LIMA, C. A. R. M. Efficacy of benzocaine as na anesthetic in juvenile tambaqui *Colossoma macropomum*. **Journal of the World Aquaculture Society**. v. 32, n. 4, 2001, p. 426-431.
- GONÇALVES, G. S., PEZZATO, L. E., PADILHA, P. M., BARROS, M. M. Digestibilidade aparente de fósforo em alimentos vegetais e suplementação da enzima fitase para tilápia do Nilo. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.36, n. 5, p. 1473-1480, 2007. (supl.)
- INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz. Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4º Edição, Brasília, 2005.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. 1993. **Nutrient requirements of warmwater, fishes and shellfishes: nutrient requirements of domestics animals**. Washington, 114p.

OGAWA, M.; MAIA, E.L. **Manual de pesca**. São Paulo: Varela, 1999.

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

OLIVEIRA, M. M., ORLANDO, T. M., LEAL, R. S., DRUMOND, M. M., ALLAMAN, I. B., ROSA, P. V., PIMENTA, M. E. S. G., NEIRA, L. M. Digestibilidade e composição química de *Oreochromis niloticus* alimentados com dietas contendo diferentes níveis de fósforo. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 12, n. 4, p. 1026-1037, 2011.

ROSTAGNO, H. S., SAKOMURA, N. K. **Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos**. Jaboticabal: FUNEP, 2007, 283P.

SIGNOR, A. A., FEIDEN, A., BITTENCOURT, F., POTRICH, F. R., DEPARIS, A., BOSCOLO, W. R. Fósforo na alimentação de pacu (*Piaractus mesopotamicus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**. V. 40, n. 12, p. 2646-2650, 2011.

SIPAÚBA-TAVARES, L. H. S. **Limnologia aplicada à aquicultura**. Jaboticabal: Funep, 1995, 72p.

TAVARES, M., GONÇALVES, A. A. Aspectos físico-químicos do Pescado. In: GONÇALVES, A. A. (Ed.). **Tecnologia do Pescado: ciência, tecnologia, inovação e legislação**. São Paulo, Editora Atheneu, 2011, 608p.

TD SOFTWARE. *Supercrac*: cálculo de ração de custo mínimo. Versão 4.0. Viçosa: TD Software, 2005.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA. UFV. 1997. **SAEG Sistema para análises estatísticas e genéticas**. Versão 7.1. Viçosa, MG. 150p. (Manual do usuário).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

- Faltam muitos estudos sobre nutrição, principalmente para espécies nativas, nas suas diferentes fases de criação e sistemas de cultivo;
- A dieta com maior valor de digestibilidade e menor excreção de fósforo foi o tratamento com 0,6% de fósforo para os dois experimentos, podendo concluir que não há necessidade de inclusão de grandes quantidades de fósforo em dietas para pacu. Essa afirmação é reforçada pela baixa exigência para desempenho zootécnico em estudos já realizados com essa espécie;
- Os diferentes níveis de fósforo não influenciaram na composição centesimal da carcaça, podendo haver a necessidade de estudos por períodos maiores para essa avaliação;
- Os métodos de coleta de fezes para avaliação de digestibilidade influenciam nos resultados, foram observadas diferenças entre os valores de digestibilidade aparente da dieta e do fósforo, entre os dois métodos de coleta, demonstrando que há necessidade de mais estudos, que visem avaliar a digestibilidade e os métodos de coleta utilizados, a fim de minimizar os erros, aparentemente o método de dissecação apresenta resultados mais consistentes, porém há a necessidade de sacrificar os animais;
- É importante ressaltar também que foram realizadas duas tentativas em épocas diferentes para coleta de fezes dos peixes estocados nos tanques-rede via extrusão, porém não foi possível coleta de fezes em quantidades suficientes e grande maioria não defecaram.