

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS

Programa de Pós-Graduação em Zootecnia



Tese

Exigências alimentares de fósforo em duas espécies nativas: peixe-rei (*Odontesthes bonariensis*) e jundiá (*Rhamdia quelen*)

Cleber Bastos Rocha

Pelotas, 2012

CLEBER BASTOS ROCHA

Exigências alimentares de fósforo em duas espécies nativas: peixe-rei (*Odontesthes bonariensis*) e jundiá (*Rhamdia quelen*)

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Ciências (área do conhecimento: Produção Animal).

Orientador: Juvêncio Luís Osório Fernandes Pouey

Pelotas, 2012

Dados de catalogação na fonte:
(Marlene Cravo Castillo – CRB-10/744)

R672e Rocha, Cleber Bastos

Exigências alimentares de fósforo em duas espécies nativas :
peixe-rei(Odontesthes bonariensis) e jundiá(Rhamdia quelen) /
Cleber Bastos Rocha ; orientador Juvêncio Luis Osório Fernandes
Pouey - Pelotas,2012.-80f.;; il..- Tese (Doutorado) –Programa de
Pós-Graduação em Zootecnia. Faculdade de Agronomia Eliseu
Maciel . Universidade Federal de Pelotas. Pelotas, 2012.

1.Jundiá 2.Peixe-rei 3.Mineral 4.Ossos 5. Crescimento
6.Ambiental I.Pouey, Juvêncio Luis Osório
Fernandes(orientador) II.Título.

CDD 639.1

Banca examinadora:

Dr. Juvêncio Luís Osório Fernandes Pouey (Presidente)

Dra. Dariane Beatriz Schoffen Enke

Dr. Otoniel Geter Lauz Ferreira

Dr. Paulo Rodinei Soares Lopes

Dr. Sérgio Renato Noguez Piedras

Resumo

ROCHA, Cleber bastos. **Exigências alimentares de fósforo em duas espécies nativas: peixe-rei (*Odontesthes bonariensis*) e jundiá (*Rhamdia quelen*)**. 2012. 80f. Tese de Doutorado – Programa de Pós-graduação em Zootecnia. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

Para determinação das exigências de fósforo total na dieta do peixe-rei (*Odontesthes bonariensis*) e do jundiá (*Rhamdia quelen*) foram formuladas duas dietas semi-purificadas (dieta basal com baixos níveis de fósforo total) e duas dietas práticas (com ingredientes convencionais utilizados nas rações de peixes). A dieta purificada para os juvenis de peixe-rei apresentou níveis de fósforo total nas concentrações de 0,09, 0,27, 0,57 e 0,83% e para juvenis de jundiá 0,04, 0,30, 0,47 e 0,70%. A dieta prática apresentou nível de 0,76% de fósforo total, sendo as demais suplementadas com fosfato bicálcico resultando em níveis de 0,90, 1,20, 1,97%. Em todos os experimentos foram avaliados as variáveis de desempenho produtivo como ganho de peso, comprimento total, taxa de crescimento específico e sobrevivência. Ao término do período experimental realizou-se análise de composição química corporal. Nos peixes submetidos a diferentes níveis de fósforo em dietas semi-purificadas foi determinada a composição mineral de cálcio, fósforo, magnésio e potássio nos ossos e escamas. Para os juvenis de peixe-rei níveis de 0,43% de fósforo total resultaram em melhor desempenho produtivo, entretanto para maximizar a deposição mineral foram requeridos 0,63% de fósforo total. A utilização de uma dieta prática com no mínimo 0,76% de fósforo total não necessita suplementação com fosfato. Baseado na dieta purificada a exigência de fósforo total para juvenis de jundiá foi de 0,53% para um bom desempenho produtivo. Dietas práticas com pelo menos 0,76% de fósforo total não necessitam de suplementação de fosfato, pois não melhoraram o crescimento de juvenis de jundiá.

Palavras-chave: mineral. ossos. crescimento. ambiental.

Abstract

ROCHA, Cleber bastos. **Phosphorus feed requirements in two native species: pejerrey (*Odontesthes bonariensis*) and silver catfish (*Rhamdia quelen*)**. 2012. 80f. Tese de Doutorado – Programa de Pós-graduação em Zootecnia. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

To determine the requirements for total phosphorus in the diet of the pejerrey (*Odontesthes bonariensis*) and silver catfish (*Rhamdia quelen*) were formulated two purified diets (basal diet with low levels of total phosphorus) and two practical diets (with conventional ingredients used in diets of fish). The purified diet for juvenile pejerrey showed levels of total phosphorus concentrations of 0.09, 0.27, 0.57 and 0.83% for juvenile silver catfish and 0.04, 0.30, 0.47 and 0.70%. The basal practical diet showed level of 0.76% at total phosphorus, and the others supplemented with dicalcium phosphate resulted in levels of 0.90, 1.20, 1.97%. In all the experiments were evaluated for yield performance variables such as weight gain, length, specific growth rate and survival. At the end of the experiment was conducted analysis of body composition. In fish subjected to different levels of phosphorus in purified diets were determined the mineral composition of calcium, phosphorus, magnesium and potassium in the bones and scales. To juveniles pejerrey levels of 0.43% of total phosphorus result in better performance, however to maximize mineral deposition are required 0.63% of total phosphorus. The use of with practical diets at least 0.76% of phosphorus not needs supplementation with phosphate. With respect to juvenile silver catfish phosphorus levels resulting in better performance were 0.53 based purified diet the requirement of phosphorus for juvenile silver catfish is 0.53% for a good productive performance. Practical diets with at least 0.76% of total phosphorus do not need supplementation of phosphate, it does not improve the growth of juvenile silver catfish. Purified diet based on the requirement of phosphorus for juveniles of silver catfish is 0.53% for a good productive performance. Practical diets with at least 0.76% of total phosphorus do not need supplementation of phosphate, because it does not improve the growth of juvenile silver catfish.

Keywords: mineral. bones. growth. environmental.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	6
2	PROJETO DE PESQUISA.....	8
3	RELATÓRIO DO TRABALHO DE CAMPO.....	18
4	ARTIGO 1.....	24
5	ARTIGO 2.....	51
6	CONCLUSÃO GERAL.....	77
7	REFERÊNCIAS.....	78

1 INTRODUÇÃO

A exigência de fósforo (P) na dieta em peixes é elevada visto que a eficiência na absorção deste mineral na água é baixa (NRC, 1993), além disso, é essencial para o crescimento e reprodução, sendo um importante constituinte estrutural do tecido esquelético, síntese de ácidos nucleicos e metabolismo energético (Roy e Lall, 2003; NRC, 1993). Dentre os minerais para peixes, o fósforo é o que apresenta maior importância para o crescimento, a mineralização óssea e o metabolismo de lipídios (Pezzato et al., 2006).

De acordo com Miranda et al. (2000) os peixes na natureza suprem com facilidade suas exigências nutricionais com base nos alimentos disponíveis no meio. Entretanto, quando confinados, suas necessidades têm que ser providas pela ração, e tal objetivo pode ser conseguido mediante a utilização de rações balanceadas.

Os sinais de deficiência de P em peixes são caracterizados pelo baixo crescimento, deformidade opercular, decréscimo na mineralização óssea e incremento no lipídeo corporal (Uyan et al., 2007). Para a maioria dos peixes cultiváveis as exigências de P variam de 0,5 a 0,8% da dieta (NRC, 1993). As exigências deste mineral já foram determinadas para maioria das espécies de interesse comercial, entre elas o Salmão do Atlântico (*Salmo salar*) 0,60 de fósforo total (NRC, 1993), Catfish (*Ictalurus punctatus*) 0,40% de fósforo disponível (Wilson et al., 1982), Truta arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*) 0,88% de fósforo total (Coloso et al., 2003), Corvina amarela (*Pseudosciaena crocea*) 0,70% de fósforo disponível (Mai et al., 2006), Robalo japonês (*Lateolabrax japonicus*) 0,68% de fósforo disponível (Zhang et al., 2006) e Tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus* L.) 0,48% de fósforo disponível (Furuya et al., 2008).

De acordo com McDaniel et al. (2005) as dietas comerciais para peixes muitas vezes contêm mais fósforo que o requerido para a espécie e este excesso é excretado na urina e nas fezes. Este mineral, em concentrações excessivas no meio aquático pode levar a eutrofização do meio, comprometendo a qualidade da água e a capacidade de suporte dos sistemas aquícolas (Porrello et al., 2003).

Inúmeros são os fatores que interferem na qualidade da água, entre eles a elevação no nível dos nutrientes, principalmente nitrogênio e o fósforo, uma vez que

estes são essenciais para a produção de fitoplancton e macrófitas aquáticas (Araripe et al., 2006). De acordo com Pezzato et al. (2002) a farinha de peixe é considerada a principal fonte de proteína na dieta de organismos aquáticos, por apresentar ótimo valor nutricional, com bom perfil de aminoácidos essenciais e minerais. Entretanto a redução na produção mundial da farinha de peixe, juntamente com a elevação na demanda em fábricas de rações tem aumentado o custo deste ingrediente (El-Sayed, 1999).

O farelo de soja é considerado uma fonte proteica alternativa promissora devido à facilidade de obtenção, elevado teor de proteínas e baixo teor de fósforo em relação à farinha de peixe. Entretanto a maior parte do fósforo (P) nos grãos de oleaginosas e nos cereais encontra-se combinada com o inositol, formando a molécula do ácido fítico, com grande potencial quelatizador de minerais catiônicos, proteínas e aminoácidos (Debnath et al., 2005). Como os peixes não produzem a enzima fitase, os minerais e demais nutrientes não digeridos acabam sendo liberados no meio ambiente. O aproveitamento do fósforo de fontes vegetais é geralmente baixo, ao passo que o das fontes inorgânicas é alto e o de fontes de origem animal varia conforme a espécie de peixe (Boscolo, et al., 2005). Desta forma, para evitar à deficiência mineral na dieta de peixes a suplementação com fontes inorgânicas de fósforo na dieta torna-se uma alternativa. Considerando que o fósforo é o principal agente eutrofizador em ambientes aquáticos, devemos utilizar dietas que apresentem o menor teor de fósforo, mas que não prejudiquem o desempenho e a sobrevivência dos peixes (Jahan et al., 2003). O presente estudo teve por objetivo determinar as exigências de fósforo total para juvenis de peixe-rei (*Odontesthes bonariensis*) e juvenis de jundiá (*Rhamdia quelen*), estes trabalhos serão apresentados através de dois artigos.

2 PROJETO DE PESQUISA

PRPPG – Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação
Modelo Estruturado

Determinação das exigências alimentares de fósforo em duas espécies nativas: peixe-rei (*Odontesthes bonariensis*) e jundiá (*Rhamdia quelen*)

Equipe: Dr. Juvêncio Luis Osório Fernandes Pouey – UFPel

MSc. Cleber Bastos Rocha

Dr. Sérgio Renato Noguez Piedras – UFPel

<Cleber Bastos Rocha>

<Pelotas, Abril de 2011>

1. Caracterização do Problema

O fósforo é um importante constituinte de ácidos nucleicos e membranas celulares, sendo utilizado por todas as espécies e está diretamente envolvido em todas as reações celulares energéticas. A principal fonte de fosfato para as espécies aquáticas é a alimentar, visto que existe uma baixa concentração na água natural (NRC, 1993). Segundo Overturf et al. (2003), um dos principais fatores que levam aos problemas de poluição ambiental e eutrofização dos ambientes aquícolas é o uso de dietas com excesso de fósforo (P). Este fator ocorre porque a maior parte do P nos grãos encontra-se na forma de ácido fítico, indisponível para monogástricos. Os peixes assim como todos os animais monogástricos não aproveitam eficientemente o fósforo orgânico das dietas, pois não sintetizam a enzima fitase, sendo necessário a suplementação das rações com fósforo inorgânico (Pi), podendo elevar o custo das dietas e gerar poluição ambiental.

A farinha de pescado é rica em fósforo, sendo o ingrediente mais utilizado na formulação de dietas comerciais para peixes como salmão, truta e muitas espécies marinhas. Porém, sendo finitas as fontes de alimentos de origem animal, as substituições deste ingrediente pelos de origem vegetal serão cada vez imprescindíveis para a aquicultura comercial (Sugiura et al. 2001).

Com o crescimento dos sistemas intensivos e superintensivos de criação vêm exigindo cada vez mais a formulação de dietas balanceadas, uma vez que a ração é o único alimento disponível aos peixes (Pezzato et al. 2006). O fósforo e o nitrogênio são nutrientes essenciais em vários processos metabólicos dos animais, contudo, os movimentos ambientalistas têm forçado a redução destes nutrientes poluentes, que podem ser excretados em maior ou menor quantidade, dependendo da manipulação das fórmulas das dietas e das enzimas adicionadas (Cheng e Hardy, 2002).

Dentre os grupos de espécies cultivadas no mundo, o dos Siluriformes apresenta destaque, devido à textura e sabor de sua carne e ao bom rendimento de carcaça. O cultivo de jundiá, *Rhamdia quelen* (Siluriformes, Pimelodidae), vem crescendo rapidamente, principalmente na região sul do Brasil, em função da sua rusticidade, do seu potencial de crescimento no inverno, e de sua resistência a baixas temperaturas (Ferreira et al. 2001).

Para a maioria dos peixes cultiváveis as exigências de P variam de 0,5 a 0,8% da dieta (NRC, 1993). Para o peixe-rei *Odontesthes bonariensis* e para o jundiá *Rhamdia quelen* as exigências de fósforo disponível na dieta ainda não foram determinadas.

2. Objetivos e Metas

2.1 Objetivo Geral:

Avaliar a exigência de fósforo disponível na dieta do peixe-rei (*Odontesthes bonariensis*) e do jundiá (*Rhamdia quelen*)

2.2 Objetivo específico:

Quantificar o nível de fósforo na dieta que proporciona maior desempenho produtivo, como ganho de peso, conversão alimentar, taxa de crescimento específico e comprimento total e padrão.

Determinar o nível de fósforo que proporciona uma maior retenção de fósforo (P) nos ossos (jundiá e peixe-rei) e escamas (peixe-rei).

Determinar o efeito dos níveis de fósforo na dieta sobre os principais minerais que compõem o tecido ósseo como cálcio (Ca), zinco (Zn), potássio (K) e magnésio (Mg).

3. Metodologia

3.1 Instalações

Serão utilizadas 16 caixas de polipropileno com capacidade de 320 litros, abastecidos com 280 litros de água de um sistema de criação com recirculação de água. A temperatura da água será controlada através de condicionador de ar. Além disso, um sistema de soprador de ar será acoplado a cada unidade para promover a oxigenação da água. O abastecimento será através de um reservatório externo com água proveniente de um poço artesiano.

3.2 Animais

Os experimentos utilizarão 160 alevinos de peixe-rei e 160 alevinos de jundiá com peso aproximado de 2 g que serão obtidos através de reprodução induzida. Os experimentos serão realizados em salas e sistemas independentes.

A densidade de estocagem será de 10 alevinos por unidade experimental (um alevino para 28 litros de água). Após 30 dias do início do período experimental será realizada uma biometria para avaliar o peso (g) e comprimento dos peixes (cm). Ao término do período experimental (60 dias), além da biometria, uma amostra de 10% dos animais serão eutanasiados com aprofundamento anestésico, identificados e congelados (-18°C) para posterior avaliação da retenção mineral corporal.

3.3 Procedimento anestésico

Para realização das biometrias os peixes serão submetidos a jejum prévio de 12 horas e sedados com solução de cloridrato de benzocaína (100mg/L). Para o preparo da solução será utilizado 100g de cloridrato de benzocaína diluído em 2mL de álcool etílico 95% PA e 1L de água destilada. Para realização da eutanásia os peixes serão submetidos ao aprofundamento anestésico em solução de cloridrato de benzocaína na concentração de 300mg/L.

3.4 Alimentação

As dietas experimentais serão isoprotéicas e isocalóricas, contendo em média 50% de proteína bruta para alevinos de peixe-rei e 40% para alevinos de jundiá, ambas com 3200 kcal/kg de energia digestível. Os tratamentos serão constituídos por níveis de fósforo disponível na dieta (0-controle; 0,3; 0,6 e 0,9 %). A base proteica das dietas será a albumina desidratada, além dos seguintes ingredientes: celulose, óleo de canola, óleo de peixe, premix vitamínico e micromineral, dextrina branca, carboximetilcelulose (CMC), gelatina purificada, carbonato de cálcio e fosfato de sódio. Após o preparo as dietas serão analisadas para verificação da composição bromatológica. As mesmas serão fornecidas diariamente na proporção de 10% do peso dos peixes.

3.5 Parâmetros a serem analisados

Limnológicos: Temperatura da água, Oxigênio dissolvido, Alcalinidade, Dureza, pH, Amônia Total

As análises serão realizadas diariamente, sendo a análise de temperatura, oxigênio dissolvido e pH por método eletrônico. Para as análises de alcalinidade, dureza e amônia serão utilizados Kits de Análise Química.

De desempenho:

Durante os experimentos serão observadas outras variáveis para avaliação do desempenho dos alevinos: ganho de peso, sobrevivência, conversão alimentar, comprimento total, comprimento padrão e taxa de crescimento específico.

Composição corporal:

- Retenção de minerais nos ossos (cálcio, fósforo, zinco e magnésio).
- Composição química corporal (proteína bruta, extrato etéreo, matéria seca e cinzas)

3.6 Análise estatística

Os dados serão submetidos a análise de variância e regressão polinomial.

4. Resultados e Impactos esperados

- Com a obtenção da exigência de fósforo na dieta do peixe-rei e jundiá será possível conhecer o perfil alimentar da espécie em relação a este mineral.

-Estes resultados poderão ser aplicados a nível experimental e comercial, para formulação de dietas espécie/específica, reduzindo os custos com alimentação, maximizando a utilização do nutriente e reduzir os níveis de poluentes liberados no meio ambiente.

- Os resultados deste estudo também irão subsidiar outros trabalhos relacionados a nutrição do peixe-rei e jundiá, contribuindo para desenvolvimento na produção destas espécies.

5. Cronograma do Projeto

5.1. Cronograma de atividades

<i>Cronograma de atividades do projeto</i>	<i>2011</i>	<i>2012</i>	<i>2013</i>	<i>2014</i>
Preparo das instalações	X	X		
Preparo da ração	X	X		
Adaptação dos peixes	X			
Período Experimental	X	X	X	
Análises laboratório	X		X	
Análises estatísticas	X	X	X	
Redação	X	X		X
Revisão bibliográfica	X	X	X	X
Publicação dos resultados		X	X	X

6. Aspectos Éticos (quando aplicável)

Para realização do manejo com os peixes será utilizado o procedimento de anestesia e para realização de eutanásia será utilizado aprofundamento anestésico. Os animais eutanasiados serão utilizados para realização de estudo da composição corporal.

7. Referências Bibliográficas

CHENG, Z.J. & HARDY, R.W. Effect of microbial phytase on apparent nutrient digestibility of barley, canola meal, wheat and wheat middlings, measured in vivo using rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture Nutrition*, Vol. 8, p. 271-277, 2002.

FERREIRA, A.A.; NUÑER, A.P.O.; LUZ, R.K.; TATAJE, D.A.R.; ESQUIVEL, J.R.; RESTREPO, J.B. Avaliação qualitativa e quantitativa do sêmem do jundiá, *Rhamdia quelen*. *Boletim do Instituto de Pesca*, São Paulo, v.27 (1), p. 57-60, 2001.

FURUYA, W.M.; FUJII, K.K.; SANTOS, dos L.D.; SILVA, T.S. de C.; SILVA, L.C.R. da; 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.

MIRANDA, L. A.; BERSAIN, G. E.; VELASCO, C. A. M.; SHIROJO, Y.; SOMOZA, G. M. Natural spawning and intensive culture of pejerrey *Odontesthes bonariensis* juveniles. *Biocell*, Buenos Aires, v. 30, n. 1, p. 157-162, 2006.

NRC (National Research Council). *Nutrient Requirements of Warmwater Fishes and Shellfishes*. National Academy Press, Washington, 102pp.,1993.

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

SUGIURA, S.H.; GABAUDAN, J.; DONG, F.M. & HARDY, R.W. Dietary microbial phytase supplementation and the utilization of phosphorus, trace minerals and protein by rainbow trout [*Oncorhynchus mykiss* (Walbaum)] fed soybean meal-based diets. *Aquaculture Research*, Vol. 32, p. 583-592, 2001

3 RELATÓRIO DO TRABALHO DE CAMPO

RELATÓRIO DE ATIVIDADE DE CAMPO

O presente trabalho foi realizado no Laboratório de Ictiologia do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Pelotas

O trabalho foi desenvolvido em quatro etapas:

Etapa 1 – O primeiro trabalho realizado foi à avaliação das exigências de fósforo para juvenis de peixe-rei (*Odontesthes bonariensis*) alimentados com uma dieta purificada;

Neste trabalho foram formuladas dietas compostas por ingredientes purificados como a albumina comercial, dextrina, celulose dentre outros. Desta forma obteve-se uma dieta basal com baixos níveis de fósforo e pode-se incluir o fosfato de sódio monobásico em diferentes níveis. O delineamento experimental foi o completamente casualizado com quatro tratamentos e quatro repetições. Foram utilizados 160 juvenis de peixe-rei com peso médio de $1,26 \pm 0,17$ g. O período experimental foi de 60 dias, sendo que ao término realizou-se a biometria dos animais com pesagem e medição.



Figura 1. Juvenis de peixe-rei (*Odontesthes bonariensis*) estocados no laboratório de ictiologia para realização de experimentos.



Figura 2. Dieta purificada a base de albumina



Figura 3. Sistema de caixas e unidades experimentais.

Etapa 2 – O segundo trabalho foi à determinação das exigências de fósforo para juvenis de peixe-rei alimentados com uma dieta prática;

Neste trabalho utilizou-se uma dieta prática formulada com ingredientes tradicionais em rações comerciais para peixes como farelo de soja e a farinha de peixe. A dieta basal (controle) foi formulada para atender as necessidades proteicas e energéticas do peixe-rei, entretanto sem a suplementação de fosfato inorgânico. As demais dietas foram acrescentadas de fosfato bicálcico em níveis para avaliar a necessidade ou não deste suplemento. Neste experimento foram utilizados 112

juvenis de peixe-rei com peso médio de $3,91 \pm 0,02g$, distribuídos aleatoriamente em 16 caixas de polipropileno com 200L de volume útil. O período experimental foi de 45 dias, sendo que ao término realizou-se a biometria dos animais com pesagem e medição.



Figura 4. Juvenis de peixe-rei (*Odontesthes bonariensis*) utilizados para avaliação da composição química corporal.



Figura 5. Pellets da dieta prática prontos para secagem em estufa.

Etapa 3 – O terceiro trabalho foi intitulado avaliação das exigências de fósforo para juvenis de jundiá (*Rhamdia quelen*) alimentados com uma dieta purificada;

Semelhante ao trabalho com o peixe-rei formulou-se uma dieta purificada sendo que a dieta basal (controle) apresentava 0,04% de fósforo total sendo que nas demais foi acrescentado fosfato de sódio monobásico. O delineamento experimental foi o completamente casualizado com quatro tratamentos e quatro repetições. Foram utilizados 160 juvenis de jundiá com peso médio de $1,20 \pm 0,53$ g. O período experimental foi de 33 dias, sendo que ao término realizou-se a biometria dos animais com pesagem e medição.



Figura 6. Pesagem dos juvenis de jundiá (*Rhamdia quelen*)

Etapa 4 – O quarto trabalho foi a determinação das exigências de fósforo para juvenis de jundiá alimentados com uma dieta prática.

Neste trabalho utilizou-se uma dieta prática formulada com ingredientes tradicionais em rações comerciais para peixes como farelo de soja e a farinha de peixe. A dieta basal (controle) foi formulada para atender as necessidades proteicas e energéticas do jundiá, entretanto sem a suplementação de fosfato inorgânico. As demais dietas foram acrescentadas de fosfato bicálcico em níveis para avaliar a necessidade ou não deste suplemento. Neste experimento foram utilizados 160 juvenis de jundiá com peso médio de $0,53 \pm 0,03$ g, distribuídos aleatoriamente em 16 caixas de polipropileno com 200L de volume útil. O período experimental foi de 60 dias, sendo que ao término realizou-se a biometria dos animais com pesagem e medição.



Figura 7. Aquários utilizados para realização do estudo com jundiá alimentados com dieta prática.

4 ARTIGO 1

**(Normas da Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira - ISSN 1678-3921 -
versão online)**

1 **Exigência de fósforo para juvenis de peixe-rei (*Odontesthes bonariensis*)**

2 Cleber Bastos Rocha e Juvêncio Luís Osório Fernandes Pouey

3 Laboratório de Ictiologia, Departamento de Zootecnia, Universidade Federal de Pelotas, Campus
4 Universitário, s/n°, CEP 96010-900, Pelotas-RS, Brasil. E-mail: cbr.vet@gmail.com,
5 juvenicio@ufpel.edu.br.

6 Resumo – Foram realizados dois experimentos para determinar a exigência de fósforo total na
7 alimentação de juvenis de peixe-rei (*Odontesthes bonariensis*). No primeiro, quatro dietas semi-
8 purificadas foram formuladas para conter níveis crescentes de fósforo (0,09, 0,27, 0,57 e 0,83%). No
9 segundo, foram formuladas dietas práticas com suplementação de diferentes concentrações de fosfato
10 bicálcico resultando em níveis de 0,76, 0,90, 1,20 e 1,97% de fósforo total. Cada dieta foi atribuída a
11 grupos de 10 peixes com peso médio de 1,26±0,17g no experimento I e 3,91±0,02g no experimento II.
12 Utilizou-se um delineamento completamente casualizado com quatro tratamentos e quatro repetições.
13 Os peixes foram alimentados quatro vezes ao dia na taxa de 10% da biomassa, durante 60 e 45 dias
14 respectivamente nos experimentos I e II. Foram avaliados parâmetros de desempenho produtivo,
15 composição química corporal e no experimento I foi avaliada a composição mineral dos ossos e
16 escamas. No experimento I o melhor desempenho produtivo dos juvenis foi da dieta contendo 0,43%
17 de fósforo total. O nível médio de 0,63% de fósforo total proporcionou melhor mineralização das
18 escamas e ossos dos juvenis alimentados com dieta purificada. Dietas práticas com 0,76% de fósforo
19 total não necessitam suplementação de fosfato bicálcico.

20 Termos para indexação: mineral, crescimento, alimento, nutrição.

21 **Dietary phosphorus requirement of pejerrey (*Odontesthes bonariensis*) juveniles**

22 Abstract – Two experiments were conducted to determine the requirement of total
23 phosphorus in the diet of juvenile pejerrey (*Odontesthes bonariensis*). In the first
24 experiment four purified diets were formulated to contain increasing levels of

25 phosphorus (0.09, 0.27, 0.57 and 0.83%). In the second experiment were formulated practical
26 diets supplemented with different concentrations of inorganic phosphate resulted in levels
27 of 0.76, 0.90, 1.20 and 1.97% total phosphorus. Each diet was attributed to groups of
28 10 fish with average weight of 1.26 ± 0.17 g experiment I and 3.91 ± 0.02 g in
29 experiment II. We used a completely randomized design with four treatments and four
30 replications. The fish were fed four times a day in a 10% biomass, for 60 days and 45
31 days respectively in experiments I and II. We evaluated performance parameters, chemical
32 composition and in the first experiment evaluated the mineral composition of bones
33 and scales. In experiment I the best growth performance of juveniles was estimated by linear
34 regression analysis at 0.43% of total phosphorus. The average level of 0.63% of total
35 phosphorus provided better mineralization of bones and scales of fish fed with purified
36 diet. Practical diets with 0.76% of total phosphorus do not require supplementation
37 of inorganic phosphate.

38 Index terms: Mineral, growth, food, nutrition.

39

Introdução

40 De todos os minerais necessários pelos peixes, o fósforo é um dos mais importantes,
41 pois é essencial no crescimento, na mineralização óssea, no metabolismo de lipídios e
42 carboidratos, sendo necessário na dieta, devido ao baixo teor em água natural (Sales e
43 Janssens, 2003; NRC, 1993). A deformidade da coluna vertebral em peixes é associada a
44 vários fatores, entre os nutricionais, a carência de fósforo na dieta (Fjelldal et al., 2012).

45 Um dos principais fatores que leva aos problemas de poluição ambiental é a liberação de
46 nitrogênio e fósforo nos efluentes da aquicultura, resultando na eutrofização (Overturf et al.,
47 2003). De acordo com Coloso et. al (2001) o fósforo dos efluentes da aquicultura se origina

48 dos resíduos fecais e metabólicos, visto que a assimilação do fósforo da dieta é relativamente
49 baixa. O aproveitamento do fósforo de fontes vegetais é geralmente baixo, ao passo que o das
50 fontes inorgânicas é alto e o de fontes de origem animal varia conforme a espécie de peixe
51 (Boscolo et al., 2005). Este fato ocorre porque a maior parte do fósforo nos grãos encontra-se
52 na forma de ácido fítico, indisponível para monogástricos (Raboy, 2009; Vielma et al., 2002).
53 Os peixes na natureza suprem com facilidade suas exigências nutricionais com base nos
54 alimentos disponíveis no meio. Entretanto, quando criados de forma intensiva, suas
55 necessidades têm que ser fornecidas através da ração (Miranda et al., 2000). O crescimento
56 dos sistemas intensivos e superintensivos de criação vêm exigindo a formulação de dietas
57 balanceadas, uma vez que a ração é o único alimento disponível aos peixes (Pezzato et al.,
58 2006). Os níveis de fósforo nos efluentes da aquicultura podem ser reduzidos por métodos
59 nutricionais, diminuindo os resíduos metabólicos, ou métodos de engenharia, melhorando a
60 gestão dos efluentes (Coloso et al., 2003). O peixe-rei *Odontesthes bonariensis* Valenciennes
61 (Atheriniformes, Atherinopsidae) é um peixe nativo do lago pampa e foi distribuído em
62 numerosos corpos d'água ao redor do mundo, particularmente para aquicultura no Japão
63 (Koppryo et al., 2010).

64 Para a maioria dos peixes cultiváveis, as exigências de fósforo variam de 0,5 a 0,8%
65 da dieta (NRC, 1993). Entretanto para o peixe-rei *Odontesthes bonariensis*, as exigências de
66 fósforo ainda não foram determinadas. Desta forma, o objetivo do presente trabalho foi
67 determinar as exigências de fósforo total para juvenis de peixe-rei alimentados com uma dieta
68 purificada e prática.

69 **Material e Métodos**

70 Os experimentos foram realizados no Laboratório de Ictiologia do Departamento de
71 Zootecnia da Universidade Federal de Pelotas. Foram formuladas duas dietas experimentais

72 para determinação das exigências de fósforo total para juvenis de peixe-rei (*Odontesthes*
73 *bonariensis*). As dietas experimentais foram formuladas segundo a recomendação para a
74 espécie (Piedras et al., 2004) para conter 55% de proteína bruta e 3200 kcal/kg de energia
75 digestível. Para obtenção de uma dieta basal com baixos níveis de fósforo, utilizou-se como
76 fonte proteica a albumina (80% de proteína bruta), contendo 1,72 g/kg de fósforo total e
77 somente ingredientes purificados. Os tratamentos foram diferentes níveis de fósforo total
78 (0,09, 0,27, 0,57 e 0,83%), obtidos através da inclusão de fosfato de sódio monobásico P.A.
79 na proporção de zero (controle), 0,90, 2,20 e 3,5%. Em relação ao cálcio, manteve-se nível
80 fixo de 0,7% da dieta (NRC, 1993), adicionando-se carbonato de cálcio P.A. (Tabela 1).

81 A segunda dieta experimental (dieta prática) foi formulada com ingredientes vegetais,
82 tendo como principal fonte proteica o farelo de soja e em menor proporção a farinha de peixe
83 (Tabela 2).

84 Na dieta prática utilizou-se como fonte de fósforo o fosfato bicálcico e como fonte de
85 cálcio a farinha de ostra, obtendo-se níveis 0,76, 0,90, 1,20 e 1,97% de fósforo total da dieta e
86 4,77% de cálcio. Os ingredientes foram pesados e misturados gradualmente do menor para o
87 maior volume. Após estes processos foram novamente misturados em liquidificar, com adição
88 de água morna (10% do peso) para facilitar a homogeneização dos ingredientes. Ao término
89 deste processo, a mistura foi distribuída em bandejas e secas em estufa a 50°C durante 14
90 horas. Estas dietas foram embaladas e armazenadas em freezer (-18C) para posterior utilização.

91 Para obtenção dos juvenis, realizou-se reprodução artificial de exemplares de peixe-rei
92 coletadas na Lagoa Mangueira/RS através da extrusão, sendo os ovos incubados em
93 laboratório. Estes peixes, após a eclosão, foram alimentados com zooplankton e ração
94 comercial (55% de proteína bruta) e mantidos em caixa de polipropileno de 500L com
95 recirculação, até o início do experimento. Uma amostragem de 30 animais foram eutanasiados

96 através de aprofundamento anestésico (solução de benzocaína 200mg/L), pesado e medidos,
97 obtendo-se uma média de $1,26 \pm 0,17\text{g}$ para o experimento I (dieta purificada) e $3,91 \pm 0,02\text{g}$
98 para o experimento II (dieta prática). A partir destas médias, coletou-se 160 peixes para o
99 experimento I e 112 para o experimento II, que foram distribuídos aleatoriamente em 16
100 caixas de polipropileno, com volume útil de 200L para cada experimento. Estas unidades
101 experimentais apresentavam sistema de biofiltro, aeração artificial com soprador central,
102 recirculação de água e sala climatizada para manutenção da temperatura da água.

103 Foi utilizado delineamento completamente casualizado com quatro tratamentos e
104 quatro repetições. Os peixes foram aclimatados com dieta comercial durante 10 dias, para
105 posterior introdução das dietas experimentais. A taxa de arraçoamento foi de 10% da
106 biomassa, em quatro porções ao dia (8:00, 10:00, 14:00 e 17:00 horas) sendo que as sobras de
107 alimentos eram sifonadas 1 vez ao dia. O período experimental foi de 60 dias para o
108 experimento I e 45 dias para o experimento II, sendo que ao término realizou-se a biometria
109 dos animais com pesagem e medição. Durante o período experimental realizavam-se
110 observações para verificar possíveis alterações corporais, causadas pela deficiência de fósforo
111 na dieta.

112 A composição química das dietas experimentais foi obtida através de análise
113 bromatológica (AOAC, 1995) e análise mineral, através de fotolorímetro de absorção
114 atômica. No início do período experimental 30 peixes foram congelados (freezer -18°C) para
115 avaliação da composição química corporal no experimento I. Ao término deste período
116 realizou-se o mesmo processo, porém com todos os peixes. Para determinação da retenção
117 mineral das escamas no experimento I três animais de cada repetição foram descamados
118 através de raspagem com lâmina de bisturi e as escamas secas em estufa 50°C . Para extrair
119 aos ossos da coluna vertebral, as carcaças dos peixes descamados foram mantidas em água

120 aquecida (80°C) durante dois minutos e, logo em seguida, dissecadas com auxílio de uma
121 pinça (Furuya et al., 2001). Estas amostras foram digeridas em solução ácida (Silva et al.,
122 2004) e determinadas as concentrações de P, Ca, K e Mg em triplicata no Laboratório de
123 Análises Químicas do Departamento de Solos da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel da
124 Universidade Federal de Pelotas, através de espectrofotometria de absorção atômica (Tedesco
125 et al., 1995).

126 A análise da composição química corporal foi realizada com três peixes de cada
127 repetição, determinando-se a proteína bruta (PB), o extrato etéreo (EE), as cinzas (CZ) e a
128 matéria seca (MS). Utilizou-se a metodologia descrita pela AOAC (1995) onde: a umidade foi
129 obtida através da secagem em estufa a 105°C até peso constante. Após este processo,
130 alíquotas dessas amostras destinaram-se às análises de extrato etéreo (extrator de Soxhlet),
131 proteína bruta (N x 6,25), pelo método Microkjeldahl, e cinzas (mufla a 550°C por 6 horas).

132 A qualidade da água foi monitorada três vezes por semana, controlando-se os níveis de
133 oxigênio dissolvido e temperatura (oxímetro digital modelo 55 da YSI), pH (potenciômetro
134 modelo AT 310), fósforo total (fotocolorímetro AT-100PB), alcalinidade e amônia total,
135 seguindo metodologia sugerida por APHA (1998).

136 A influência dos níveis de fósforo total foi avaliada pelas variáveis: peso final, PF (g);
137 ganho de peso médio, [GP (g) = peso final-inicial]; comprimento total, CT (cm); taxa de
138 crescimento específico, TCE (%) = $[(\ln \text{ peso final} - \ln \text{ peso inicial})/\text{dias de experimento}] \times$
139 100 ; conversão alimentar aparente, $CAA = (\text{alimento consumido/ganho em peso}) \times 100$ e
140 sobrevivência S (%) = $[\text{sobreviventes/população inicial}] \times 100$. Os dados foram submetidos à
141 análise de variância (ANOVA) e análise de regressão (STATÍSTICA®, 1995).

142

143

144

Resultados e Discussão

145

146

147

148

149

150

151

Os parâmetros físico-químicos da água se mantiveram dentro dos limites adequados para a espécie (Miranda et al., 2006) não demonstrando diferença entre os tratamentos, com os seguintes resultados médios: temperatura $24,78 \pm 2,2^\circ\text{C}$, oxigênio dissolvido $4,85 \pm 0,58$ mg/L, pH $7,8 \pm 0,20$, amônia $0,03 \pm 0,0$ mg/L, fósforo total $0,30 \pm 0,12$ mg/L e alcalinidade 45 ± 5 mg/L. No experimento II as médias foram temperatura de $21,3 \pm 2,2^\circ\text{C}$, oxigênio dissolvido $5,35 \pm 0,24$ mg/L, pH $7,5 \pm 0,23$, amônia $0,02 \pm 0,0$ mg/L, fósforo total $0,30 \pm 0,13$ mg/L e alcalinidade 45 ± 5 mg/L.

152

153

154

155

156

157

No experimento I (dieta purificada) o peso final e o ganho de peso demonstraram efeito quadrático com o aumento nos níveis de fósforo na dieta (Tabela 3). Pelo ajuste polinomial observa-se que 0,43% de fósforo resultam em maior ganho de peso (Figura 1). Semelhante ao recomendado por Wilson et al. (1982) para o catfish de canal (*Ictalurus punctatus*). Para juvenis de Black seabream (*Sparus macrocephalus*) as exigências de fósforo para maior ganho de peso foram de 0,55% (Shao et al., 2008).

158

159

160

161

162

163

Também se observou efeito quadrático dos níveis de fósforo sobre o comprimento total, a taxa de crescimento específico e conversão alimentar aparente, que foram melhores até os níveis de 0,43% de fósforo na dieta. Para juvenis de tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*), Furuya et. al. (2008) observaram efeito quadrático dos níveis de fósforo sobre a conversão alimentar, com melhor nível até 0,48%. Kim et al. (1998) recomendam 0,7% de fósforo disponível para maior ganho de peso da carpa espelho (*Cyprinus carpio*).

164

165

166

167

Ye et al. (2006) avaliaram o efeito da suplementação de cálcio e fósforo em uma dieta purificada (0,3% Ca e 0,4% P) para juvenis de garoupa (*Epinephelus coioides*), verificando que somente a suplementação de fósforo (6 g/kg) influenciou no ganho de peso. A sobrevivência não foi afetada pelos níveis de fósforo na dieta ($p \geq 0,05$).

168

169 No experimento II não se observou efeito dos níveis de fósforo na dieta sobre o
170 desempenho produtivo dos juvenis de peixe-rei (Tabela 4.). Como a dieta controle
171 apresentava 0,76% de fósforo total pode-se inferir que em dietas práticas utilizando-se farelo
172 de soja e 5% de farinha de peixe não há necessidade de suplementação de fosfato para esta
173 espécie.

174 Durante o período experimental e coleta de amostras para análise, não foi observada
175 nenhuma alteração macroscópica compatível com deficiência de fósforo. Fontagné et al.
176 (2009) constataram em um estudo radiográfico que, alevinos de truta arco-íris (*Oncorhynchus*
177 *mykiss*), alimentados com dieta deficiente em fósforo (0,5% fósforo total ou 0% de fósforo
178 disponível apresentaram alta incidência de anormalidades vertebrais.

179 A proteína bruta corporal e a matéria seca não foram afetadas ($p \geq 0,05$) pelos níveis de
180 fósforo na dieta (Tabela 5), este resultado foi observado por Lellis et al. (2004) para truta
181 arco-íris. Entretanto, o aumento nos níveis de fósforo na dieta reduziu linearmente o extrato
182 etéreo corporal (Figura 2). O mesmo foi observado por Mai et al. (2006) que avaliaram as
183 exigências de fósforo disponível para corvina amarela (*Pseudosciaena crocea*) e Zhang et al.
184 (2006) para o robalo japonês (*Lateolabrax japonicus*). Provavelmente a maior disponibilidade
185 de fósforo favoreceu o metabolismo energético dos ácidos graxos (β -oxidação), pois esse
186 mineral participa como constituinte da molécula de adenosina trifosfato (ATP). Esta redução
187 na gordura corporal é um efeito benéfico, possibilitando a produção de carcaças mais magras.

188 Este resultado difere do observado por Ribeiro et al. (2006), que não encontraram
189 diferença dos níveis de fósforo total sobre a deposição de gordura, cálcio e fósforo em
190 alevinos de tilápia-do-nilo. As cinzas corporais aumentaram linearmente com aumento nos

191 níveis de fósforo na dieta, este fato evidencia a maior deposição mineral nos ossos e escamas,
192 o mesmo foi constatado por Ye et al., (2006) para juvenis de garoupa (*Epinephelus coioides*).

193 No experimento II não foram observados efeito dos níveis de fósforo sobre a proteína
194 bruta, extrato etéreo, cinzas e matéria seca (Tabela 6). Furuya et al. (2008) também não
195 observaram efeito significativo dos níveis de fósforo disponível sobre a proteína corporal e
196 umidade em tilápias-do-nilo (*Oreochromis niloticus*).

197 Os peixes alimentados com a dieta inicial (comercial) provavelmente estavam com
198 deficiência de fósforo, visto que a mineralização óssea foi semelhante à dieta basal (0,09% P)
199 (Tabela 7). O mesmo foi observado nas cinzas corporais, onde a taxa foi inferior à dieta
200 basal. Este fato pode estar relacionado com a utilização de uma dieta não específica para a
201 espécie, visto as diferentes exigências nutricionais entre os peixes.

202 Os níveis de Ca e P nas vértebras aumentaram de forma quadrática com o aumento dos
203 níveis de fósforo na dieta, já os níveis de K e Mg de forma linear decrescente e crescente,
204 respectivamente (Tabela 7 e Figura 3). Esses resultados são semelhantes aos obtidos para
205 outras espécies (Vielma & Lall, 1998; Bureau & Cho, 1999; Mai et al., 2006). De acordo com
206 Lall & Lewis-McCrea (2007), o cálcio e o fósforo estão intimamente relacionados com o
207 desenvolvimento, manutenção do sistema esquelético e para a estabilidade das vértebras,
208 sendo mantida por uma fase sólida de fosfato de cálcio.

209 A exigência de fósforo na dieta, baseada na composição de Ca e P nas vértebras foram
210 de 0,63. Yang et al. (2006) observaram efeito semelhante para alevinos de perca-
211 prateada (*Bidyanus bidyanus*), sendo que os minerais aumentaram gradualmente até o nível de
212 0,72%.

213 A composição de Ca, P, K e Mg nas escamas teve efeito semelhante ao das vértebras,
214 com efeito quadrático para o Ca e P e linear decrescente para o K e crescente para o Mg

215 (Figura 4). A exigência de fósforo na dieta, baseada na composição de Ca e P nas escamas
216 foram de 0,64, e 0,61 respectivamente. Para juvenis de arinca (*Melanogrammus aeglefinus*)
217 0,82% de fósforo total na dieta foi suficiente para máxima deposição de fósforo nas vértebras,
218 entretanto não afetou a deposição de K (Roy & Lall, 2003).

219 PODE-SE verificar no presente estudo, diferentes respostas para os diferentes critérios
220 de determinação das exigências de fósforo. Zhang et al. (2006) observaram efeito semelhante
221 para juvenis de robalo japonês (*Lateolabrax japonicus*), onde a exigência foi de 0,68%
222 para o ganho de peso e 0,86-0,90% para mineralização óssea. De acordo com Eya & Lovell
223 (1997), deve-se considerar fatores importantes como econômicos, fisiológicos e ambientais
224 para determinar as exigências de fósforo na dieta.

225

226

Conclusões

227 A utilização de 0,43% de fósforo total na dieta resulta em um bom desempenho
228 produtivo e 0,63% uma melhor mineralização em juvenis de peixe-rei. A utilização de uma
229 dieta prática, com ingredientes utilizados no presente trabalho, não necessita a suplementação
230 de fosfato para juvenis de peixe-rei (*Odontesthes bonariensis*).

231

232

Referências

233 American Public Health Association (APHA), American Water Works Association
234 (AWWA), Water Environment Federation (WEF) (1998). Standard Methods for the
235 Examination of Water and Waste water 20th ed. American Public Health Association,
236 Washington, D.C.

237

238 ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC. 1995. Official
239 Methods of Analysis. 16.ed. AOAC, Washington, DC.

240

241 BOSCOLO, W.R.; HAYASHI, C.; FEIDEN, A.; MEURER, F.; SIGNOR, A. Farinha de
242 Resíduos da indústria de filetagem de tilápias como fonte de proteína e minerais para alevinos
243 de tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.5,
244 p.1425-1432, 2005.

245

246 BUREAU, D.P.; CHO, C.Y. Phosphorus utilization by rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*):
247 estimation of dissolved phosphorus waste output. **Aquaculture**, v.179, p.127-140, 1999.

248

249 COLOSO, R.M.; BASANTES, S.P.; KING, K.; HENDRIX, M. A. Effect of dietary
250 phosphorus and vitamin D 3 on phosphorus levels in effluent from the experimental culture of
251 rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Aquaculture**, v.202, p.145-161, 2001.

252

253 COLOSO, R.M.; KING, K.; FLETCHER, J.W.; HENDRIX, M.A.; SUBRAMANYAM, M.;
254 WEIS, P.; FERRARIS, R.P. Phosphorus utilization in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*)
255 fed practical diets and its consequences on effluent phosphorus levels. **Aquaculture**, v.220,
256 p.801-820, 2003.

257

258 EYA, J.C.; LOVELL, R.T. Available phosphorus requirements of food-size channel catfish
259 (*Ictalurus punctatus*) fed practical diets in ponds. **Aquaculture**, v.154, p.283-291, 1997.

260

261 FJELLDAL, P.G.; HANSEN, T.; ALBREKTSSEN, S. Inadequate phosphorus nutrition in
262 juvenile Atlantic salmon has a negative effect on long-term bone health. *Aquaculture*, v.334-
263 337, p.117-123, 2012.

264

265 FONTAGNÉ, S.; SILVA, N.; BAZIN, D.; RAMOS, A.; AGUIRRE, P.; SURGET, A.;
266 ABRANTES, A.; KAUSHIK, S.J.; POWER, D.M. Effects of dietary phosphorus and calcium
267 level on growth and skeletal development in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fry.
268 **Aquaculture**, v.297, p.141-150, 2009.

269

270 FURUYA, W.M.; GONÇALVES, G.S.; FURUYA, V.R.B.; HAYASHI, C. Fitase na
271 alimentação da tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*). Desempenho e digestibilidade.
272 **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30 (3), p.924-929, 2001.

273

274 FURUYA, W.M.; FUJII, K.M.; SANTOS, L.D.; SILVA, T.S.C.; SILVA, L.C.R.;
275 MICHELATO, M. Exigência de fósforo disponível para tilápia-do-nilo (35 a 100 g). **Revista**
276 **Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.6, p.961-966, 2008.

277

278 KIM, J.D.; KIM, K.S.; SONG, J.S.; LEE, J.Y.; JEONG, K.S. Optimum level of dietary
279 monocalcium phosphate based on growth and phosphorus excretion of mirror carp, *Cyprinus*
280 *carpio*. **Aquaculture**, v.161, p.337-344, 1998.

281

282 KOPPRIO, G.A.; FREIJE, R.H.; STRÜSSMANN, C.A.; KATTNER, G.; HOFFMEYER,
283 M.S.; POPOVICH, C.A.; LARA, R. J. Vulnerability of pejerrey *Odontesthes bonariensis*

284 populations to climate change in pampean lakes of Argentina. **Journal of Fish Biology**, v.77,
285 p.1856-1866, 2010.

286

287 LALL, S.P.; LEWIS-MCCREA, L.M. Role of nutrients in skeletal metabolism and pathology
288 in fish - An overview. **Aquaculture**, v.267, p.3-19, 2007.

289

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

293

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

297

298 MIRANDA, E.C.; PEZZATO, A.C.; PEZZATO, L.E.; FURUYA, W.M. Disponibilidade
299 aparente de fósforo em ingredientes pela tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*). **Acta**
300 **Scientiarum**, v.22, n.3, p.669-675, 2000.

301

302 MIRANDA, L. A.; BERSAIN, G. E.; VELASCO, C. A. M.; SHIROJO, Y.; SOMOZA, G.
303 M. Natural spawning and intensive culture of pejerrey *Odontesthes bonariensis* juveniles.
304 **Biocell**, v.30, n.1, p. 157-162, 2006.

305

306 NRC (National Research Council) (1993) Nutrient Requirements of Fish. National Academy
307 Press, Washington, DC, USA. 114 pp.

308

309 OVERTURE, K.; RABOY, V.; CHENG Z.J.; RHARDY R.W. 2003 Mineral availability from
310 barley low phytic acid grains in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) diets. **Aquaculture**
311 **Nutrition**, v.9, p.239-246, 2003.

312

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

315

316 PIEDRAS, S.R.N.; POUHEY, J.L.O.F.; RUTZ, F. Efeitos de diferentes níveis de protein bruta
317 e de energia digestível na dieta sobre o desempenho de alevinos de peixe-rei. **Revista**
318 **Brasileira de Agrociência**, v.10, n.1, 97-101, 2004.

319

320 RABOY, V. Approaches and challenges to engineering seed phytate and total phosphorus.
321 **Plant Science**, v.177, n.4, p.281-296, 2009.

322

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

326

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

329

330 SALES, J.; JANSSENS, G.P.J. Nutrient requirements of ornamental fish. **Aquatic Living**
331 **Resources**, v.16, n.6, p.533-540, 2003.

332

333 SHAO, Q.; MA, J.; XU, Z.; HU, W.; XU, J.; XIE, S. Dietary phosphorus requirement of
334 juvenile black seabream, *Sparus macrocephalus*, **Aquaculture**, v.277, p.92-100, 2008.

335

336 SILVA, O.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3. ed.
337 viçosa: universidade Federal de viçosa.2004. 235pp.

338

339 TEDESCO, J.N.; GIANELLO, C.; BIASSINI, C.A.; BOHNEN, H.I.; VOLKWEISS, S.
340 **Análises de solos, plantas e outros materiais**. Porto Alegre: Departamento de Solos da
341 Faculdade de Agronomia da universidade Federal do Rio Grande do Sul.1995. 174pp.

342

343 VIELMA, J.; LALL, S.P. Phosphorus utilization by Atlantic salmon (*Salmo salar*) reared in
344 freshwater is not influenced by higher dietary calcium intake. **Aquaculture**, v.160, p.117-
345 128, 1998.

346

347 VIELMA, J.; RUOHONEN, K.; PEISKER, M. Dephytinization of two soy proteins increases
348 phosphorus and protein utilization by rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. **Aquaculture**,
349 v.204, p.145-156, 2002.

350

351 WILSON, R.P.; ROBINSON, E.H.; GLATIN III, D.M.; POE, W.E. Dietary phosphorus
352 requirement of channel catfish. **Journal of Nutrition**, v.112, p.1197-1202, 1982.

353

354 YANG, S.D.; LIN, T.S.; LIU, F.G.; LIOU, C.H. Influence of dietary phosphorus levels on
355 growth, metabolic response and body composition of juvenile silver perch (*Bidyanus*
356 *bidyanus*). **Fisheries Research**, v.253, p.592-601, 2006.

357

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

361

362 ZHANG, C.; MAI, K.; AI, Q.; ZHANG, W.; DUAN, Q.; TAN, B.; MA, H.; WEI, X.;
363 ZHIGUO L.; XIAOJIE, W. Dietary phosphorus requirement of juvenile Japanese seabass,
364 *Lateolabrax japonicus*. **Aquaculture**, v.255, p.201-209, 2006.

365

366

367

368

369

370

371

372

373

374

375

376 **Tabela 1.** Formulação e composição química das dietas semi-purificadas

	Dietas experimentais (níveis de fósforo %)			
	0,09	0,27	0,57	0,83
Ingredientes				
Albumina ¹	61,00	61,00	61,00	61,00
Celulose	20,80	19,90	18,60	17,30
Óleo de canola	3,50	3,50	3,50	3,50
Óleo de fígado de bacalhau	3,50	3,50	3,50	3,50
Dextrina	3,00	3,00	3,00	3,00
Premix vitamínico/micromineral ²	3,00	3,00	3,00	3,00
Gelatina	2,00	2,00	2,00	2,00
Carboximetilcelulose (CMC)	2,00	2,00	2,00	2,00
Carbonato de cálcio	1,20	1,20	1,20	1,20
Fosfato de sódio monobásico	-	0,90	2,20	3,5
Total	100	100	100	100
Composição bromatológica (%) (base seca)				
Proteína bruta	56,02	56,06	57,07	57,13
Extrato etéreo	16,27	16,18	15,69	16,70
Matéria seca	85,96	86,76	86,76	87,66
Cinzas	6,51	7,18	7,78	8,63
Cálcio	0,70	0,73	0,74	0,73
Energia digestível (kcal/kg) ³	3.246	3.246	3.256	3.256
Fósforo total analisado	0,09	0,27	0,57	0,83
Fósforo disponível ⁴	0,07	0,23	0,50	0,74

377 ¹Albumina da marca Neonutri®, com 80% de proteína bruta e 0,17% de fósforo total378 ²Composição do suplemento vitamínico e mineral para peixes: Manganês 15.000mg, Cobre
379 3.000mg, Ferro 25.000mg, Ác. Fólico 1.500mcg, Zinco 30.000mg, Vit. B12
380 10.000mcg, Ác. Nicotínico 37.500mg, Vit. A 2.500UI/g, Vit. C 25.000mg, Ac. Pantoténico
381 20.000mg, Vit. D3 500UI/g, Vit. E 20.000mg, Biotina 50.00mcg, Vit. K33.500mg, Vit. B
382 17.000mg, Vit. B2 7.425mg, Vit. B6 7.250mg, Iodo 660mg, Selênio 110 mg;383 ³Baseado nos valores de energia digestível proposto por NRC 1993 para peixes (software
384 Super Crac Master 5.0®).385 ⁴Baseado na disponibilidade do fósforo da albumina (71%) e do fosfato de sódio (90%),
386 para channel catfish (*Ictalurus punctatus*) Wilson et al. (1982).
387

388

389

390

391 **Tabela 2.** Formulação e composição química das dietas práticas

	Dietas experimentais (níveis de fósforo %)			
	0,76	0,90	1,20	1,97
Ingredientes				
Farelo de soja	76,00	76,00	76,00	76,00
Farelo de trigo	8,00	7,50	7,00	6,00
Farinha de peixe	5,00	5,00	5,00	5,00
Óleo de canola	2,50	2,50	2,50	2,50
Óleo de fígado de bacalhau	2,50	2,50	2,50	2,50
Premix vitamínico/micromineral ¹	1,00	1,00	1,00	1,00
Sal comum (NaCl)	1,00	1,00	1,00	1,00
Farinha de Ostra	4,00	3,50	2,50	1,00
Fosfato bicálcico	0,00	1,00	2,50	5,00
Total	100	100	100	100
Composição bromatológica (%) (base seca)				
Proteína bruta	42,00	39,44	42,11	40,08
Extrato etéreo	6,45	6,23	7,00	6,99
Matéria seca	87,82	87,63	88,45	88,98
Cinzas	7,23	7,65	7,89	8,1
Cálcio calculado	2,02	2,08	2,09	2,16
Cálcio analisado	4,55	4,59	4,51	5,46
Energia digestível (kcal/kg) ²	3.196	3.183	3.169	3.141
Fósforo total calculado	0,71	0,89	1,16	1,61
Fósforo total analisado	0,76	0,90	1,20	1,97

392 ¹Composição do suplemento vitamínico e mineral para peixes: Manganês 15.000mg, Cobre
393 3.000mg, Ferro 25.000mg, Ác. Fólico 1.500mcg, Zinco 30.000mg, Vit. B12 10.000mcg,
394 Ác. Nicotínico 37.500mg, Vit. A 2.500UI/g, Vit. C 25.000mg, Ac. Pantoténico
395 20.000mg, Vit. D3 500UI/g, Vit. E 20.000mg, Biotina 50.00mcg, Vit. K33.500mg, Vit. B
396 17.000mg, Vit. B2 7.425mg, Vit. B6 7.250mg, Iodo 660mg, Selênio 110 mg;

397 ²Baseado nos valores de energia digestível proposto por NRC 1993 para peixes (software
398 Super Crac Master 5.0®).
399

400

401

402

403 **Tabela 3.** Desempenho produtivo de juvenis de peixe-rei (*Odontesthes bonariensis*)
 404 alimentados com diferentes níveis de fósforo em dieta purificada

Variáveis	Tratamentos (níveis de fósforo %)				P	EEF(%)
	0,09	0,27	0,57	0,83		
PI (g)	1,26 ± 0,17	1,26 ± 0,17	1,26 ± 0,17	1,26 ± 0,17	-	-
PF (g)	1,74 ± 0,06	2,00 ± 0,08	1,91 ± 0,06	1,73 ± 0,11	0,002*	0,43
GP (g)	0,48 ± 0,06	0,74 ± 0,08	0,65 ± 0,06	0,47 ± 0,11	0,002*	0,43
CT (cm)	6,75 ± 0,15	6,99 ± 0,10	7,09 ± 0,12	6,59 ± 0,04	0,001*	0,43
TCE (%)	0,54 ± 0,06	0,77 ± 0,07	0,69 ± 0,05	0,53 ± 0,11	0,002*	0,43
CAA	4,71 ± 0,61	3,06 ± 0,32	3,51 ± 0,37	5,03 ± 1,37	0,012*	0,43
SOB	70 ± 21,60	85 ± 12,90	92 ± 9,57	92 ± 9,57	0,140	-

405 PI = peso inicial, PF = peso final, CT = comprimento total, GP = ganho de peso, TCE = taxa de
 406 crescimento específico, CAA = conversão alimentar aparente, SOB = sobrevivência. EEF =
 407 estimativa da exigência de fósforo (% da dieta) obtida através de análise de regressão quadrática
 408 ($p \leq 0,05$).

409 PF, Regressão polinomial ($y=1,65 + 1,56x - 1,78x^2$, $R^2=0,64$)

410 GP, Regressão polinomial ($y=0,39 + 1,56x - 1,789x^2$, $R^2=0,58$)

411 CT, Regressão polinomial ($y=6,49 + 2,86x - 3,29x^2$, $R^2=0,78$)

412 TCE, Regressão polinomial ($y=0,45 + 1,41x - 1,62x^2$, $R^2=0,59$)

413 CAA, Regressão polinomial ($y=5,49 - 11,45x - 13,25x^2$, $R^2=0,54$)

414

415

416

417

418

419

420

421

422

423

424

425

426 **Tabela 4.** Desempenho produtivo de juvenis de peixe-rei (*Odontesthes*
 427 *bonariensis*) alimentados com diferentes níveis de fósforo em dieta prática

Variáveis	Tratamentos (níveis de fósforo %)				
	0,76	0,90	1,20	1,97	P
PI (g)	3,91 ± 0,02	3,91 ± 0,02	3,91 ± 0,02	3,91 ± 0,02	-
PF (g)	5,01 ± 0,25	5,03 ± 0,22	4,99 ± 0,30	5,02 ± 0,52	0,998
GP (g)	1,10 ± 0,25	1,12 ± 0,22	1,08 ± 0,30	1,11 ± 0,52	0,998
CT (cm)	9,10 ± 0,17	9,10 ± 0,10	9,04 ± 0,29	9,06 ± 0,35	0,981
TCE (%)	0,54 ± 0,11	0,56 ± 0,10	0,53 ± 0,13	0,55 ± 0,23	0,997
CAA	16,69 ± 4,06	14,33 ± 2,86	17,11 ± 5,48	19,19 ± 10,18	0,775
SOB	67,85 ± 31,67	96,42 ± 7,14	89,28 ± 13,67	82,14 ± 21,42	0,290

428 PI = peso inicial, PF = peso final, CT = comprimento total, GP = ganho de peso,
 429 TCE = taxa de crescimento específico, CAA = conversão alimentar aparente, SOB
 430 = sobrevivência. ($P \leq 0,05$, significativo)

431

432

433

434

435

436

437

438

439

440

441

442

443

444

445

446 **Tabela 5.** Composição corporal de juvenis de peixe-rei (*Odontesthes bonariensis*)
 447 alimentados com diferentes níveis de fósforo em uma dieta semi-purificada (base seca)

Tratamentos	Composição química corporal (%)			
	Proteína bruta	Extrato etéreo	Matéria seca	Cinzas
Inicial	62,83 ± 1,49	15,02 ± 3,00	25,49 ± 1,29	11,82 ± 0,01
0,09	57,60 ± 3,58	18,43 ± 2,12	28,00 ± 2,87	13,82 ± 0,01
0,27	58,77 ± 1,79	15,96 ± 0,36	27,12 ± 1,15	14,16 ± 0,05
0,57	58,19 ± 5,80	15,16 ± 1,27	26,89 ± 1,25	15,83 ± 0,12
0,83	59,16 ± 1,66	12,62 ± 1,68	27,51 ± 1,41	15,62 ± 0,06
P	0,384	0,009*	0,498	0,001*

448 Número de amostras (n=3), * (P≤0,05), Extrato etéreo - Regressão linear ($y = 18,56 - 7,8365x$, $R^2 =$
 449 $0,6988$), Cinzas - Regressão linear ($y = 13,61 + 2,8304x$, $R^2 = 0,82$)

450

451

452

453

454

455

456

457

458

459

460

461

462

463

464

465

466

467

468 **Tabela 6.** Composição corporal de juvenis de peixe-rei (*Odontesthes bonariensis*)
 469 alimentados com diferentes níveis de fósforo em uma dieta prática (base seca)

Tratamentos	Composição química corporal (%)			
	Proteína bruta	Extrato etéreo	Matéria seca	Cinzas
0,76	58,25 ± 2,93	19,61 ± 0,87	26,86 ± 0,89	7,31 ± 0,99
0,90	57,45 ± 2,56	17,27 ± 1,21	27,32 ± 0,27	6,94 ± 1,05
1,20	59,15 ± 2,70	17,75 ± 1,03	26,91 ± 0,94	6,60 ± 0,74
1,97	60,16 ± 1,45	18,93 ± 0,78	26,58 ± 0,25	6,33 ± 0,27
P	0,481	0,765	0,622	0,535

470

471

472

473

474

475

476

477

478

479

480

481

482

483

484

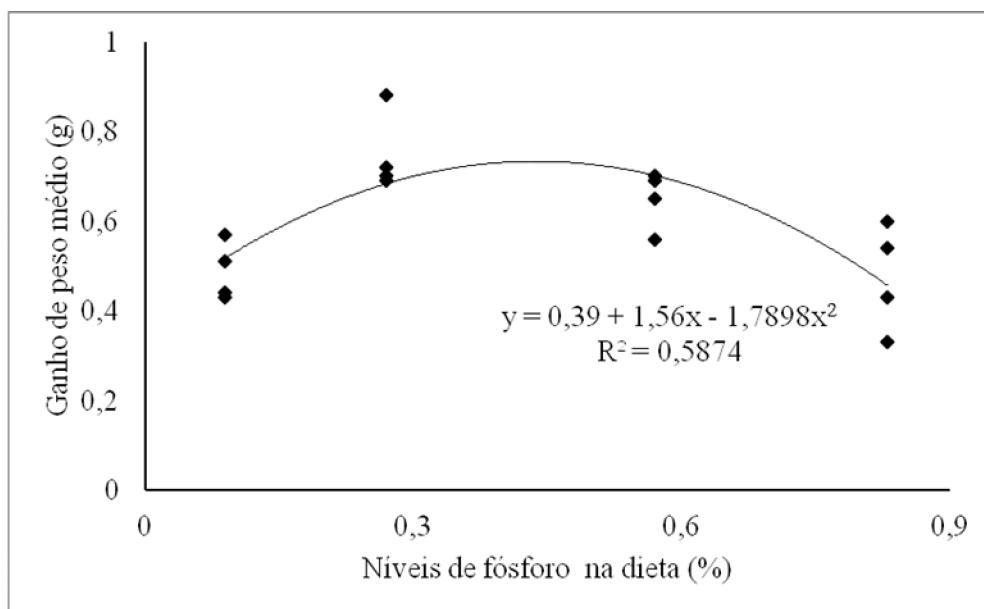
485

486

487

488

489



490

491 **Figura 1.** Ganho de peso médio de juvenis de peixe-rei (*Odontesthes bonariensis*)

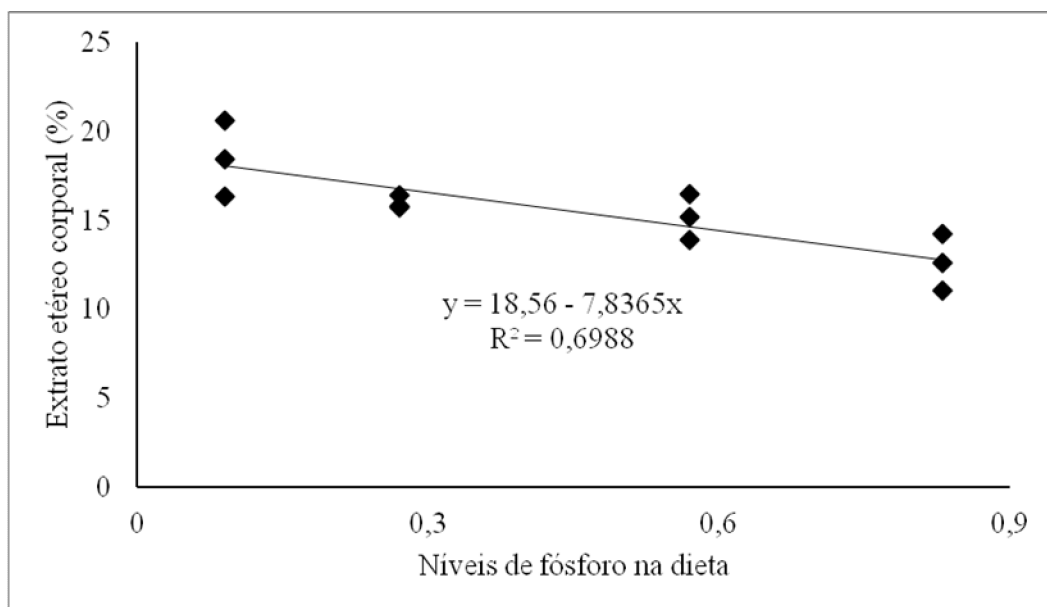
492 alimentados com níveis crescentes de fósforo na dieta.

493

494

495

496

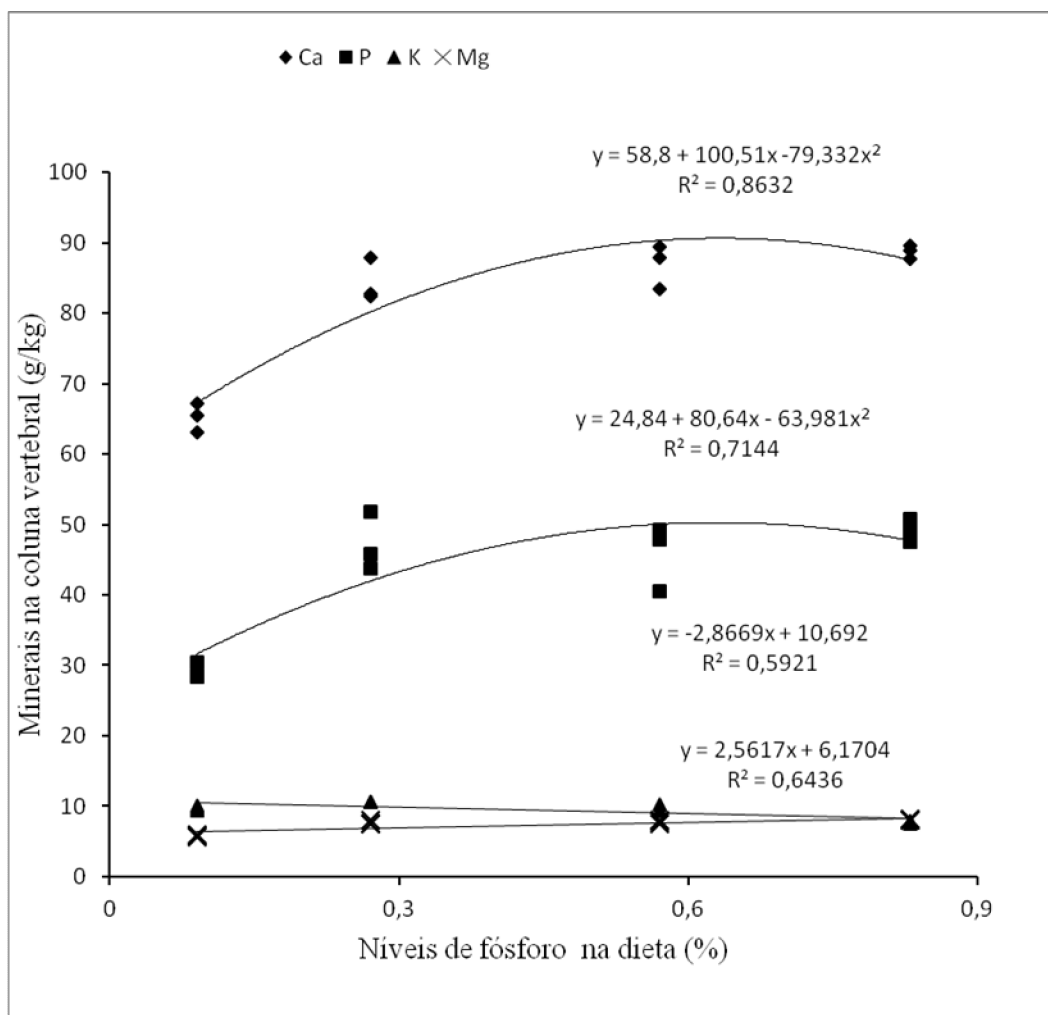


497

498 **Figura 2.** Extrato etéreo corporal de juvenis de peixe-rei (*Odontesthes bonariensis*)

499 alimentados com níveis crescentes de fósforo na dieta semi-purificada.

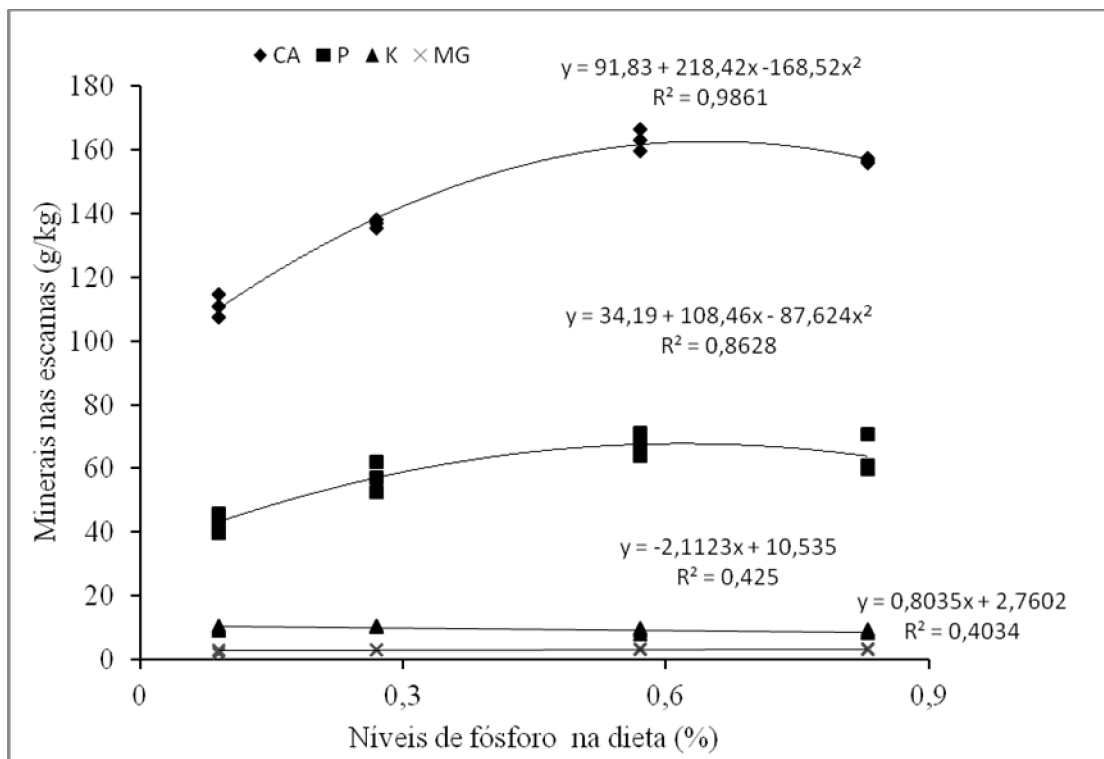
500



501

502 **Figura 3.** Composição de cálcio (Ca), fósforo (P), potássio (K) e magnésio (Mg) nos ossos
 503 das vértebras de juvenis de peixe-rei (*Odontesthes bonariensis*) alimentados com diferentes
 504 níveis de fósforo total na dieta semi-purificada.

505



506

507 **Figura 4.** Composição de cálcio (Ca), fósforo (P), potássio (K) e magnésio (Mg) nas escamas
 508 de juvenis de peixe-rei (*Odontesthes bonariensis*) alimentados com diferentes níveis de
 509 fósforo total na dieta semi-purificada

5 ARTIGO 2

**(Normas da Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira - ISSN 1678-3921 -
versão online)**

1 **Exigência de fósforo para juvenis de jundiá (*Rhamdia quelen*)**

2 Cleber Bastos Rocha e Juvêncio Luís Osório Fernandes Pouey

3 Laboratório de Ictiologia, Departamento de Zootecnia, Universidade Federal de Pelotas,
4 Campus Universitário, s/n°, CEP 96010-900, Pelotas-RS, Brasil. E-mail: cbr.vet@gmail.com,
5 juvencio@ufpel.edu.br.

6

7 Resumo – Dois experimentos foram realizados para determinação das exigências de fósforo
8 total na dieta de juvenis de jundiá. No primeiro utilizou-se como fonte proteica a albumina
9 desidratada, sendo que os níveis de fósforo foram obtidos com a suplementação de fosfato de
10 sódio monobásico resultando em níveis de 0,04; 0,30; 0,47 e 0,70%. No segundo experimento
11 foram formuladas dietas práticas com fonte proteica principal o farelo de soja e a farinha de
12 peixe (5%) e suplementadas com fosfato bicálcico resultando em níveis de 0,76, 0,90, 1,20,
13 1,97% de fósforo total. Foram utilizados 160 peixes com peso médio de $1,20 \pm 0,53$ g e
14 $0,53 \pm 0,03$ g respectivamente nos experimentos I e II. O delineamento experimental foi o
15 completamente casualizado com quatro tratamentos e quatro repetições. O primeiro
16 experimento teve duração de 33 dias e o segundo 60 dias. Em ambos os experimentos foram
17 avaliados parâmetros de desempenho produtivo e composição química corporal. No
18 experimento com dieta purificada foi avaliada ainda a composição mineral óssea. Os níveis de
19 P, K e Mg nos ossos aumentam linear crescente com aumento dos níveis de P na dieta.
20 Baseado no desempenho produtivo a exigência de fósforo total para juvenis de jundiá é de
21 0,53% em uma dieta purificada. Dietas práticas com pelo menos 0,76% de fósforo total não
22 necessitam de suplementação de fosfato, pois não melhoram o crescimento dos juvenis.
23 Termos para indexação: mineral, crescimento, alimento, nutrição, peixe.

24

25

Dietary phosphorus requirement of jundiá juveniles

26 Abstract – Two experiments were conducted to determine a dietary phosphorus requirement
27 of the silver catfish juveniles. On the first was used as the protein source dried egg albumen,
28 and phosphorus levels were obtained with the addition of sodium phosphate
29 monobasic resulted in levels of 0.04, 0.30, 0.47 and 0.70%. In the second experiment were
30 formulated practical diets, the main protein source with soybean meal and fishmeal (5%)
31 and supplemented with dicalcium phosphate resulted in levels of 0.76, 0.90, 1.20, 1.97% of
32 total phosphorus. We used 160 fish with average weight of 1.20 ± 0.53 g and 0.53 ± 0.03 g
33 respectively in experiments I and II. The experimental design was completely randomized
34 with four treatments and four replications. The first experiment lasted 33 days and the
35 second 60 days. In both experiments were evaluated performance parameters and body
36 composition. In the experiment with the purified diet was also evaluated bone mineral
37 composition. The levels of P, K and Mg in the bones increased linearly increase with
38 increasing levels of dietary P. Based on growth performance requirement of phosphorus for
39 juveniles silver catfish is 0.53% in a purified diet. Practical diets with at least 0.76% of total
40 phosphorus did not need phosphate supplementation, because it does not improve the
41 growth of juveniles.

42 Index terms: Mineral, growth, food, nutrition, fish.

43

Introdução

44 A aquicultura apresenta-se como uma excelente opção para a crescente demanda de
45 proteínas de origem animal. Atualmente, a produção de alimentos dessa atividade vem
46 gerando profunda atenção da sociedade, levando ao desenvolvimento de pesquisas sobre a
47 qualidade sanitária do alimento, o sistema de produção utilizado e o impacto causado no

48 ambiente (Suárez-Mahecha et al., 2002). O fósforo e o nitrogênio são fundamentais na
 49 eutrofização de água doce, sendo considerados os principais nutrientes que poluem os
 50 ambientes aquaculturais (Bock et al., 2006). A utilização de uma dieta equilibrada para as
 51 diferentes espécies cultivadas além de favorecer o crescimento reduz os níveis de poluentes
 52 ambientais e custos de produção. De acordo com Fontagné et al. (2009) com a tendência de
 53 substituição de farinha de peixe, por ingredientes de origem vegetal, em rações para peixes a
 54 disponibilidade de fósforo torna-se altamente variável e algumas deficiências desse mineral
 55 podem ocorrer.

56 Devido ao reduzido número de estudos nutricionais muitas vezes são utilizadas
 57 exigências de espécies exóticas como, por exemplo, do bagre de canal (*Ictalurus punctatus*)
 58 para o cálculo da dieta para o jundiá, levando ao excesso ou falta de nutrientes nas rações. O
 59 jundiá (*Rhamdia quelen*) é uma espécie da família Siluridae amplamente difundida em rios e
 60 lagoas naturais ou artificiais, na parte sul da América do Sul está bem adaptada ao frio do
 61 inverno e tem uma taxa de crescimento rápido durante os meses mais quentes do ano (Soso et
 62 al., 2007). Os minerais podem interagir entre si, com outros nutrientes e também com alguns
 63 fatores não nutritivos da dieta, podendo ser sinérgica ou antagônica na própria dieta ou
 64 durante o metabolismo no trato digestório (Moraes et al., 2009) . O objetivo do presente
 65 trabalho foi determinar as exigências de fósforo para juvenis de jundiá em dieta semi-
 66 purificada e dieta prática.

67

68 **Material e Métodos**

69 Duas dietas experimentais foram formuladas para determinar os níveis ideais de
 70 fósforo total para juvenis de jundiá (*Rhamdia quelen*). A dieta basal foi formulada com
 71 ingredientes semi-purificados utilizando-se como fonte proteica a albumina (1,72 g/kg de

72 fósforo total). Para obtenção dos diferentes níveis de fósforo total nas dietas (0,04; 0,30; 0,47
73 e 0,70%) incluiu-se o fosfato de sódio. Em relação ao cálcio, manteve-se nível fixo de 0,7%
74 da dieta (NRC, 1993), adicionando-se carbonato de cálcio P.A. (Tabela 1).

75 A segunda dieta experimental (dieta prática) foi formulada com ingredientes vegetais,
76 tendo como principal fonte proteica o farelo de soja e em menor proporção a farinha de peixe
77 (Tabela 2). Para dieta prática utilizou-se como fonte de fósforo o fosfato bicálcico e como
78 fonte de cálcio a farinha de ostra em diferentes níveis, obtendo-se níveis de cálcio médio de
79 4,77% da dieta e fósforo nos níveis de 0,76, 0,90, 1,20 e 1,97% do total da dieta.

80 Em ambas as dietas os ingredientes foram pesados e misturados gradualmente do
81 menor para o maior volume. Após estes processos foram novamente misturados em
82 liquidificador, com adição de água morna (10%) para facilitar a homogeneização dos
83 ingredientes. Ao término deste processo, a mistura foi distribuída em bandejas e secas em
84 estufa 50°C durante 14 horas. Estas dietas foram embaladas e armazenadas em freezer (-18C)
85 para posterior utilização. A composição química das dietas experimentais foi obtida através
86 de análise bromatológica (AOAC, 1995). Para a análise mineral, realizou-se o processo de
87 digestão ácida e determinação em espectrofotometria de absorção atômica (Tedesco et al.,
88 1995).

89 Os juvenis de jundiá foram obtidos através de reprodução induzida de matrizes do
90 laboratório de ictiologia da UFPEl. Estes peixes, após a eclosão, foram alimentados com
91 zooplâncton e ração comercial (55% de proteína bruta) e mantidos em caixa de polipropileno
92 de 500L com recirculação de água, até o início do experimento. No primeiro experimento
93 foram utilizados juvenis de jundiá com peso médio de $1,20 \pm 0,53$ g e $5,38 \pm 0,26$ cm de
94 comprimento total, no experimento II o peso médio de peixes foi de $0,53 \pm 0,03$ g e $4,06 \pm$
95 $0,17$ cm de comprimento total. Os peixes foram distribuídos aleatoriamente em 16 caixas de

96 polipropileno, com volume útil de 200L para o experimento I e 16 aquários com volume útil
97 de 50L para o experimento II. Estas unidades experimentais apresentavam sistema de
98 biofiltro, aeração artificial com soprador central e sala climatizada para manutenção da
99 temperatura da água.

100 Foi utilizado delineamento completamente casualizado com quatro tratamentos e
101 quatro repetições. Os peixes foram aclimatados com dieta comercial durante 10 dias, para
102 posterior introdução das dietas experimentais. O período experimental foi de 33 dias para o
103 experimento I (dieta purificada) e de 60 dias para o experimento II (dieta prática) com taxa de
104 arraçoamento de 10% da biomassa, em quatro porções ao dia (8:00, 10:00, 14:00 e 17:00
105 horas). Ao término do experimento realizou-se a biometria dos animais com pesagem e
106 medição.

107 No início do período experimental 20 peixes foram eutanasiados através de
108 aprofundamento anestésico (solução de benzocaína 200 mg/L) e congelados (freezer -18°C)
109 para avaliação da composição química corporal e mineral dos ossos. Ao término deste período
110 realizou-se o mesmo processo, porém com todos os peixes. Para obtenção dos ossos da coluna
111 vertebral no experimento I, as carcaças dos peixes foram mantidas em água aquecida (80°C)
112 por aproximadamente dois minutos e, logo em seguida, dissecadas com auxílio de uma pinça
113 (Furuya et al., 2001). Estas amostras foram digeridas em solução ácida (Silva et al., 2004) e
114 determinadas as concentrações de P, Ca, K e Mg em triplicata no Laboratório de Análises
115 Químicas do Departamento de Solos da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel da
116 Universidade Federal de Pelotas, através de espectrofotometria de absorção atômica (Tedesco
117 et al., 1995).

118 Os demais peixes foram submetidos a pré-secagem com circulação de ar forçada à
119 temperatura de 50°C por 72 horas, procedendo-se a moagem, acondicionamento e
120 armazenamento em freezer para posterior análise de composição química corporal.

121 Utilizou-se a metodologia descrita pela Association of Official Analytical Chemists
122 (1995) onde: a umidade foi obtida através da secagem em estufa a 105°C até peso constante.
123 Após este processo, alíquotas dessas amostras destinaram-se às análises de extrato etéreo
124 (extrator de Soxhlet), proteína bruta (N x 6,25), pelo método Microkjeldahl, e cinzas (mufla a
125 550°C por 6 horas).

126 A qualidade da água foi monitorada três vezes por semana, controlando-se os níveis de
127 oxigênio dissolvido e temperatura (oxímetro digital modelo 55 da YSI), pH (potenciômetro
128 modelo AT 310), fósforo total (fotocolorímetro AT-100PB), amônia total, seguindo
129 metodologia sugerida por APHA (1998).

130 A influência dos níveis de fósforo total foi avaliada pelas variáveis: peso final, PF (g);
131 ganho de peso médio, [GP (g) = peso final-inicial]; comprimento total, CT (cm); taxa de
132 crescimento específico, TCE (%) = $[(\ln \text{ peso final} - \ln \text{ peso inicial})/\text{dias de experimento}] \times$
133 100 ; conversão alimentar aparente, $CAA = (\text{alimento consumido}/\text{ganho em peso}) \times 100$ e
134 sobrevivência S (%) = $[\text{sobreviventes}/\text{população inicial}] \times 100$. Os dados foram submetidos à
135 análise de variância (ANOVA), quando constatada diferença entre as médias ($P \leq 0,05$), foi
136 realizada a análise de regressão (STATÍSTICA®, 1995).

137

138

Resultados e Discussões

139 Os parâmetros físico-químicos da água se mantiveram dentro dos limites adequados
140 para a espécie (Piedras et al., 2004) não demonstrando diferença entre os tratamentos. No
141 experimento I obteve-se os seguintes resultados médios: temperatura de $23,51 \pm 2,3^\circ\text{C}$,

142 oxigênio dissolvido $5,08 \pm 0,65$ mg/L, pH $7,8 \pm 0,70$, amônia $0,02 \pm 0,0$ mg/L, fósforo total
143 $0,30 \pm 0,13$ mg/L e alcalinidade 45 ± 5 mg/L. No Experimento II temperatura de $23,09 \pm 1,60^\circ\text{C}$,
144 oxigênio dissolvido $5,82 \pm 0,57$ mg/L, pH $7,5 \pm 0,63$, Amônia $0,02 \pm 0,0$ mg/L, fósforo total
145 $0,30 \pm 0,13$ mg/L e alcalinidade 45 ± 5 mg/L.

146 O peso final médio dos juvenis de jundiá demonstrou efeito quadrático com aumento
147 dos níveis de fósforo total na dieta purificada, com estimativa de exigência de fósforo de
148 0,53% na dieta para maior peso final, conforme equação polinomial ($1,70 + 2,52x - 2,35x^2$,
149 $R^2 = 0,81$).

150 Pelo ajuste polinomial observa-se que 0,53% de fósforo total resultam em maior ganho
151 de peso e 0,58% em maior comprimento total (Figuras 1 e 2). Para o peixe branco europeu
152 (*Coregonus lavaretus*) níveis de 0,62% de fósforo disponível foram suficientes para o
153 máximo crescimento (Vielma et al., 2002). Conforme a equação polinomial ($y = 1,06 + 3,01x -$
154 $3,72x^2$, $R^2 = 0,79$) 0,40% de fósforo total foi suficiente para um maior taxa de crescimento
155 específico.

156 Um fator de que ser considerado para avaliação das exigências de fósforo na dieta de
157 peixes é a existência de fatores antinutricionais como o fitato presente em sementes
158 oleaginosas (farelo de soja, milho, etc). De acordo com NRC (1993) as dietas utilizadas para
159 avaliação das exigências nutricionais devem ser altamente definidas quimicamente, sendo a
160 gelatina e a caseína uma boa combinação proteica. Desta forma, a presença de fitato em dietas
161 práticas eleva as exigências de suplementação mineral, não sendo adequada a comparação
162 com dietas purificadas. Por outro lado, é importante o conhecimento dos melhores níveis de
163 fósforo em uma dieta prática ou comercial visando a melhor produtividade em campo. Dias et
164 al. (2010) observaram que a digestibilidade do fósforo para o linguado (*Solea senegalensis*)
165 reduz de 58% para 28% comparando-se a farinha de peixe e ingredientes de origem vegetal. A

166 conversão alimentar aparente reduziu de forma quadrática com o aumento nos níveis de
167 fósforo na dieta, sendo que 0,52% de fósforo na dieta proporcionou melhores resultados
168 (Figura 3). A sobrevivência dos juvenis de jundiá não foi afetada pelos níveis de fósforo na
169 dieta purificada, com $97,5 \pm 5\%$ para dieta controle (0,09%), $95 \pm 5,77\%$ para o nível de
170 0,27% de fósforo na dieta, $92,5 \pm 9,57\%$ para dieta com 0,57% de fósforo e $97,5 \pm 5\%$ para
171 dieta com 0,83% de fósforo total ($P \geq 0,05$).

172 O desempenho produtivo dos juvenis de jundiá alimentados com níveis crescentes
173 de fósforo em uma dieta prática encontram na Tabela 3. Todas as variáveis de desempenho
174 estudadas não demonstraram efeito significativo com aumento dos níveis de fósforo na dieta
175 ($p \geq 0,05$). Desta forma, 0,76% de fósforo total foi suficiente para um bom desempenho
176 produtivo dos peixes. Resultados semelhantes foram observados por Diemer et al. (2011) para
177 juvenis de jundiá (*Rhamdia quelen*) onde 0,80% de fósforo total resultaram em melhor o
178 desempenho produtivo. Boscolo et al. (2005) avaliaram o efeito de diferentes níveis de
179 fósforo total em uma dieta prática para alevinos de tilápia-do-nylo (*Oreochromis niloticus*)
180 observando melhor desempenho com nível de 0,74%, níveis acima de 1% reduziram a
181 sobrevivência dos peixes.

182 A proteína bruta corporal dos juvenis de jundiá no experimento I (dieta purificada) não
183 demonstrou efeito significativo com aumento nos níveis de P dietético ($p \geq 0,05$) (Tabela 4).
184 Entretanto o extrato etéreo reduziu linearmente (Figura 4) e as cinzas corporais aumentaram
185 também linearmente com aumento nos níveis de fósforo na dieta (Figura 5). O aumento nos
186 níveis de fósforo na dieta afetou de forma quadrática a matéria seca corporal dos juvenis.

187 A composição em cálcio das vértebras dos juvenis de jundiá no experimento I
188 não foi afetada pelo níveis de fósforo na dieta ($P \geq 0,05$). Entretanto os níveis de P, K e Mg
189 tiveram efeito linear crescente com aumento dos níveis de P na dieta conforme figuras 6 e 7.

190 A composição em proteína bruta, cinzas e matéria seca corporal não apresentaram
191 efeito significativo ($p \leq 0,05$) com média de 57,61%, 14,15% e 20,26%, respectivamente. O
192 extrato etéreo, entretanto apresentou efeito quadrático com menor deposição de gordura
193 quando o nível de 1,46% de fósforo total (Figura 8). Resultados semelhantes foram
194 encontrados por Uyan et al. (2007) onde o aumento nos níveis de fósforo na dieta reduziram a
195 gordura corporal em juvenis de linguado japonês (*Paralichthys olivaceus*). A proteína
196 bruta corporal assim como no experimento com dieta purificada não foi afetada pelo aumento
197 dos níveis de fósforo. Para o catfish (*Ictalurus punctatus*) o incremento nos níveis de fósforo
198 na dieta aumentaram a matéria seca e proteína muscular (Eya & Lovell, 1997). A redução no
199 extrato etéreo corporal nos juvenis de jundiá no experimento I e II demonstra uma grande
200 sensibilidade deste componente às variações do fósforo alimentar. Entretanto as cinzas
201 corporais somente variaram no experimento I, quando os níveis de fósforo afetaram o
202 crescimento dos peixes ($p \leq 0,05$). Coloso et al. (2003) também não observaram efeito dos
203 níveis de fósforo sobre as cinzas corporais na dieta de truta arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*).

204

205

Conclusões

206 A exigência de fósforo total em uma dieta purificada para juvenis de jundiá é de
207 0,53% para obtenção de melhor desempenho produtivo. A inclusão de níveis crescentes de
208 fósforo na dieta melhoram a composição mineral de P, K e Mg linearmente.

209 Em uma dieta prática com nível basal 0,76% de fósforo total a adição de fosfato
210 bicálcico não afeta o desempenho produtivo mas reduz a taxa de extrato etéreo corporal.

211

212

213

Referências

214

215 American Public Health Association (APHA), American Water Works Association
216 (AWWA), Water Environment Federation (WEF) (1998). Standard Methods for the
217 Examination of Water and Waste water 20th ed. American Public Health Association,
218 Washington, D.C.

219

220 ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC. 1995. Official
221 Methods of Analysis. 16.ed. AOAC, Washington, DC.

222

223 BOCK, C.L.; PEZZATO, L.E.; CANTELMO, O.A.; BARROS, M.M. Fitase e digestibilidade
224 aparente de nutrientes de rações por tilápias-do-nilo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35,
225 n.6, p.2197-2202, 2006.

226

227 BOSCOLO, W.R.; FEIDEN, A.; BOMBARDELLI, R.A.; SIGNOR, A.; GENTELINI, A.I.;
228 SOUZA, B.E. Exigência de fósforo para alevinos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*).
229 **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v.27, n.1, p.87-91, 2005.

230

231 COLOSO, R.M.; KING, K.; FLETCHER, J.W.; HENDRIX, M.A.; SUBRAMANYAM, M.;
232 WEIS, P.; FERRARIS, R.P. Phosphorus utilization in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*)
233 fed practical diets and its consequences on effluent phosphorus levels. **Aquaculture**, v.220,
234 p.801-820, 2003.

235

- 236 DIAS, J.; YÚFERA, M.; VALENTE, L.M.P.; REMA, P. Feed transit and apparent protein,
237 phosphorus and energy digestibility of practical feed ingredients by Senegalese sole (*Solea*
238 *senegalensis*). **Aquaculture**, v. 302 , p.94–99, 2010.
- 239
- 240 DIMER, O.; BOSCOLO, W.R.; SIGNOR, A.A.; SARY, C.; NEU, D.H.; FEIDEN, A. Níveis
241 de fósforo total na alimentação de juvenis de jundiá criados em tanque rede. **Pesquisa**
242 **Agropecuária Tropical**, v.41, n.4, 559-563, 2011.
- 243
- 244 EYA, J.C.; LOVELL, R.T. Available phosphorus requirements of food-size channel catfish
245 (*Ictalurus punctatus*) fed practical diets in ponds. **Aquaculture**, v.154, p.283-291, 1997.
- 246
- 247 FONTAGNÉ, S.; SILVA, N.; BAZIN, D.; RAMOS, A.; AGUIRRE, P.; SURGET, A.;
248 ABRANTES, A.; KAUSHIK, S.J.; POWER, D.M. Effects of dietary phosphorus and calcium
249 level on growth and skeletal development in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fry.
250 **Aquaculture**, v.297, p.141-150, 2009.
- 251
- 252 FURUYA, W.M.; GONÇALVES, G.S.; FURUYA, V.R.B.; HAYASHI, C. Fitase na
253 alimentação da tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*). Desempenho e digestibilidade.
254 **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30 (3), p.924-929, 2001.
- 255
- 256 MORAES, P.M.; VANESSA R. LOUREIRO, V.R.; PADILHA, P.M; NEVES, R.C.F.;
257 SALEH, M.A.D.; SANTOS, F.A.; SILVA, F.A. Determinação de fósforo biodisponível em
258 rações de peixes utilizando extração assistida por ultra-som e espectrofotometria no visível.
259 **Química Nova**, v.32, n.4, p.923-927, 2009.

260

261 NRC (National Research Council) Nutrient Requirements of Fish. National Academy Press,
262 Washington, DC, USA. 1993. 114 pp.

263

264 PIEDRAS, S.R.N.; MORAES, P.R.R.; POUHEY, J.L.O.F. Crescimento de juvenis de jundiá
265 (*Rhamdia quelen*), de acordo com a temperatura da água. **Boletim do Instituto de Pesca**,
266 v.30, n.2, p.177-182, 2004.

267

268 SOSO, A.B.; BARCELLOS, L.J.G.; PAIVA, M.J.R.; KREUTZ, L.C.; QUEVEDO, R.M.;
269 SILVA, T. O.; LIMA, M.R.; SILVA, L.B.; RITTER, F.; BEDIN, A.; FINCO, J. Chronic
270 exposure to sub-lethal concentration of a glyphosate-based herbicide alters hormones profiles
271 and affects reproduction of female Jundiá (*Rhamdia quelen*). **Environmental Toxicology**
272 **and Pharmacology**, v.23, p.308-313, 2007.

273

274 SUÁREZ-MAHECHA, H.; FRANCISCO, A.; BEIRÃO, L.H.; BLOCK, J.M.; SACCOL, A.;
275 PARDO-CARRASCO, S. Importância de ácidos graxos poli-insaturados presentes em peixes
276 de cultivo e de ambiente natural para a nutrição humana. **Boletim do Instituto de Pesca**,
277 v.28, p.101-110, 2002.

278

279 VIELMA, J.; KOSKELA, J.; RUOHONEN, K. Growth, bone mineralization, and heat and
280 low oxygen tolerance in European whitefish (*Coregonus lavaretus* L.) fed with graded levels
281 of phosphorus. **Aquaculture**, v. 212, p.321-333, 2002.

282

283 UYAN, O.; KOSHIO, K.; ISHIKAWA, M.; UYAN, S.; REN, T.; YOKOYAMA, S.;
284 KOMILUS, C. F.; MICHAEL, F. R. Effects of dietary phosphorus and phospholipid level on
285 growth, and phosphorus deficiency signs in juvenile Japanese flounder, *Paralichthys*
286 *olivaceus*. **Aquaculture**, v.267, p.44-54, 2007.

287

288

289

290

291

292

293

294

295

296

297

298

299

300

301

302

303

304

305

306

307

308

309

310 **Tabela 1.** Formulação e composição química das dietas semi-purificadas

	Dietas experimentais (níveis de fósforo %)			
	0,04	0,30	0,47	0,70
Ingredientes				
Albumina ¹	48,00	48,00	48,00	48,00
Celulose	23,80	22,60	22,00	20,20
Óleo de canola	4,00	4,00	4,00	4,00
Óleo de fígado de bacalhau	4,00	4,00	4,00	4,00
Dextrina	13,00	13,00	13,00	13,00
Premix vitamínico/micromineral ²	1,00	1,00	1,00	1,00
Gelatina	2,00	2,00	2,00	2,00
Carboximetilcelulose (CMC)	2,00	2,00	2,00	2,00
Carbonato de cálcio	1,20	1,20	1,20	1,20
Sal (NaCl)	1,00	1,00	1,00	1,00
Fosfato de sódio monobásico	-	1,20	1,80	3,6
Total	100	100	100	100
Composição bromatológica (%) (base seca)				
Proteína bruta	36,62	36,55	36,63	36,34
Extrato etéreo	8,81	8,75	9,17	9,23
Matéria seca	93,81	93,42	93,55	93,23
Cinzas	5,47	6,48	6,66	7,81
Cálcio	0,66	0,58	0,70	0,58
Energia digestível (kcal/kg) ³	2.786	2.786	2.786	2.786
Fósforo total	0,04	0,30	0,47	0,70

311 ¹Albumina da marca Neonutri®, com 80% de proteína bruta e 0,17% de fósforo total

312 ²Composição do suplemento vitamínico e mineral para peixes: Manganês 15.000mg, Cobre
313 3.000mg, Ferro 25.000mg, Ác. Fólico 1.500mcg, Zinco 30.000mg, Vit. B12
314 10.000mcg, Ác. Nicotínico 37.500mg, Vit. A 2.500UI/g, Vit. C 25.000mg, Ac. Pantoténico
315 20.000mg, Vit. D3 500UI/g, Vit. E 20.000mg, Biotina 50.00mcg, Vit. K33.500mg, Vit. B
316 17.000mg, Vit. B2 7.425mg, Vit. B6 7.250mg, Iodo 660mg, Selênio 110 mg;

317 ³Baseado nos valores de energia digestível proposto por NRC 1993 para peixes (software
318 Super Crac Master 5.0®).

319 ⁴Baseado na disponibilidade do fósforo da albumina (71%) e do fosfato de sódio (90%),
320 para channel catfish (*Ictalurus punctatus*) Wilson et al. (1982).

321

322

323

324 **Tabela 2.** Formulação e composição química das dietas práticas

	Dietas experimentais (níveis de fósforo %)			
	0,76	0,90	1,20	1,97
Ingredientes				
Farelo de soja	76,00	76,00	76,00	76,00
Farelo de trigo	8,00	7,50	7,00	6,00
Farinha de peixe	5,00	5,00	5,00	5,00
Óleo de canola	2,50	2,50	2,50	2,50
Óleo de fígado de bacalhau	2,50	2,50	2,50	2,50
Premix vitamínico/micromineral ¹	1,00	1,00	1,00	1,00
Sal comum (NaCl)	1,00	1,00	1,00	1,00
Farinha de Ostra	4,00	3,50	2,50	1,00
Fosfato bicálcico	0,00	1,00	2,50	5,00
Total	100	100	100	100
Composição bromatológica (%) (base seca)				
Proteína bruta	42,00	39,44	42,11	40,08
Extrato etéreo	6,45	6,23	7,00	6,99
Matéria seca	87,82	87,63	88,45	88,98
Cinzas	7,23	7,65	7,89	8,1
Cálcio calculado	2,02	2,08	2,09	2,16
Cálcio analisado	4,55	4,59	4,51	5,46
Energia digestível (kcal/kg) ²	3.196	3.183	3.169	3.141
Fósforo total calculado	0,71	0,89	1,16	1,61
Fósforo total analisado	0,76	0,90	1,20	1,97

325 ¹Composição do suplemento vitamínico e mineral para peixes: Manganês 15.000mg, Cobre
326 3.000mg, Ferro 25.000mg, Ác. Fólico 1.500mcg, Zinco 30.000mg, Vit. B12
327 10.000mcg, Ác. Nicotínico 37.500mg, Vit. A 2.500UI/g, Vit. C 25.000mg, Ac. Pantoténico
328 20.000mg, Vit. D3 500UI/g, Vit. E 20.000mg, Biotina 50.00mcg, Vit. K33.500mg, Vit. B
329 17.000mg, Vit. B2 7.425mg, Vit. B6 7.250mg, Iodo 660mg, Selênio 110 mg;

330 ²Baseado nos valores de energia digestível proposto por NRC 1993 para peixes (software
331 Super Crac Master 5.0®).
332

333

334

335

336

337 **Tabela 3.** Desempenho produtivo de juvenis de jundiá (*Rhamdia quelen*) alimentados
 338 com níveis crescentes de fósforo em uma dieta prática

Variáveis	Tratamentos (níveis de fósforo %)				P
	0,76	0,90	1,20	1,97	
PI (g)	0,51 ± 0,02	0,53 ± 0,02	0,54 ± 0,03	0,53 ± 0,02	-
PF (g)	1,35 ± 0,20	1,68 ± 0,15	1,47 ± 0,17	1,66 ± 0,15	0,060
GP (g)	0,83 ± 0,19	1,14 ± 0,12	0,92 ± 0,14	1,12 ± 0,14	0,148
CT (cm)	5,39 ± 0,21	5,82 ± 0,19	5,57 ± 0,28	5,87 ± 0,14	0,060
TCE (%)	1,59 ± 0,22	1,90 ± 0,07	1,64 ± 0,13	1,88 ± 0,12	0,172
CAA	3,55 ± 0,69	2,53 ± 0,27	3,19 ± 0,60	2,58 ± 0,32	0,114
SOB	100 ± 0,00	100 ± 0,00	100 ± 0,00	100 ± 0,00	-

339 PI = peso inicial, PF = peso final, CT = comprimento total, GP = ganho de peso, TCE = taxa
 340 de crescimento específico, CAA = conversão alimentar aparente, SOB = sobrevivência.

341

342

343

344

345

346

347

348

349

350

351 **Tabela 4.** Composição corporal de juvenis de jundiá (*Rhamdia quelen*) alimentados com
 352 níveis crescentes de fósforo em dieta semi- purificada

Tratamentos	Composição química corporal (%)			
	Proteína bruta	Extrato etéreo	Cinzas	Matéria seca
0,04	61,19±0,59	16,09±2,19	12,65±0,89	22,80±0,36
0,27	63,19±2,96	17,36±0,26	13,19±1,05	23,04±0,62
0,57	62,11±2,54	15,09±0,38	13,88±0,97	23,90±0,36
0,83	62,69±0,74	14,24±0,44	15,98±0,02	22,71±0,26
P	0,664	0,048 ¹	0,001 ²	0,033 ³

353 ¹Efeito linear decrescente $y=16,78 - 2,80x$ ($R^2 = 0,24$), ²Efeito linear crescente $y= 12,24 + 4,59x$
 354 ($R^2=0,66$), ³Efeito quadrático $y= 22,72 + 4,20x - 5,73x^2$ ($R^2=0,32$)

355

356

357

358

359

360

361

362

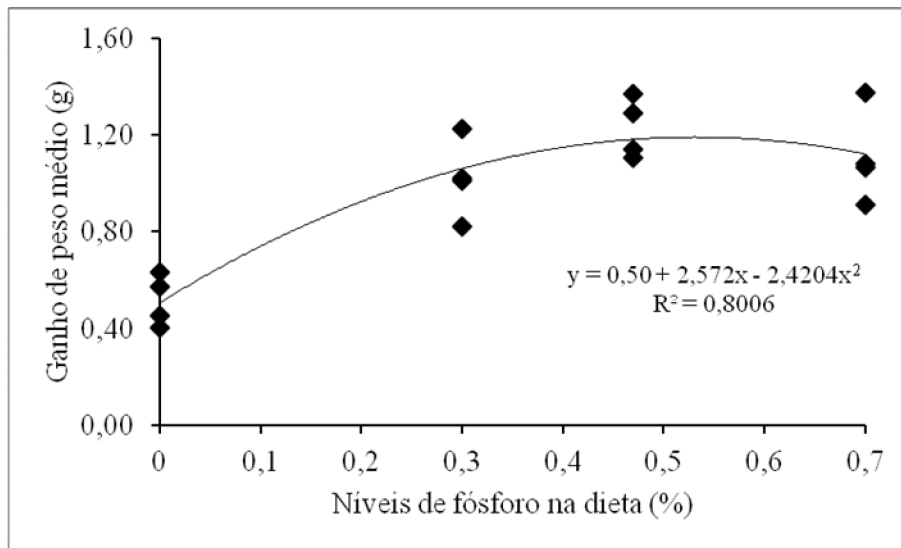
363

364

365

366

367



368

369 **Figura 1.** Ganho de peso de juvenis de jundiá alimentados com diferentes
370 níveis de fósforo em dieta semi-purificada.

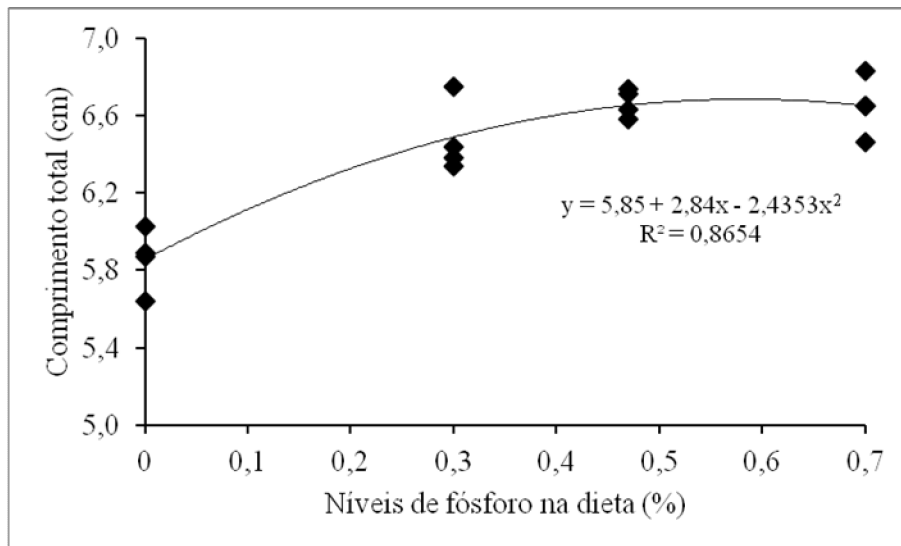
371

372

373

374

375



376

377 **Figura 2.** Comprimento total de juvenis de jundiá alimentados com
378 diferentes níveis de fósforo em uma dieta semi-purificada.

379

380

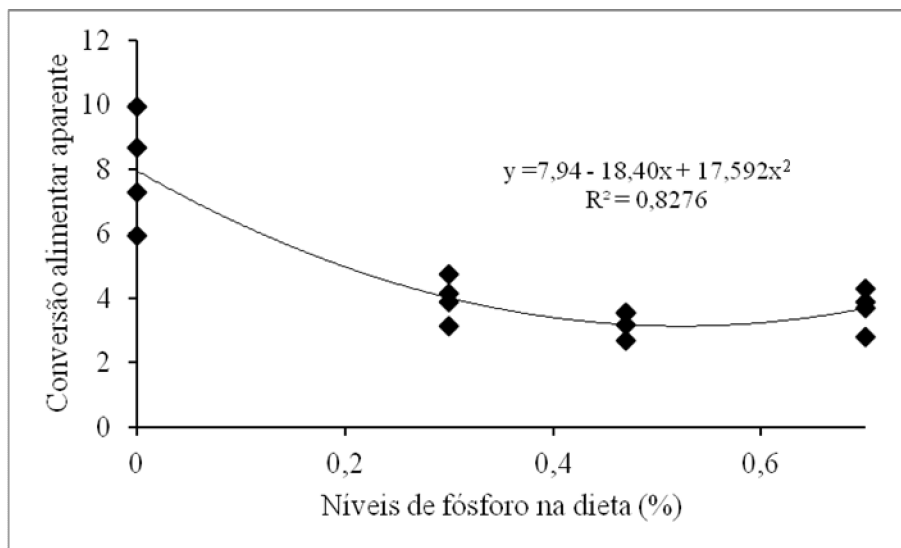
381

382

383

384

385



386

387 **Figura 3.** Conversão alimentar aparente de juvenis de jundiá alimentados
388 com diferentes níveis de fósforo em uma dieta semi-purificada.

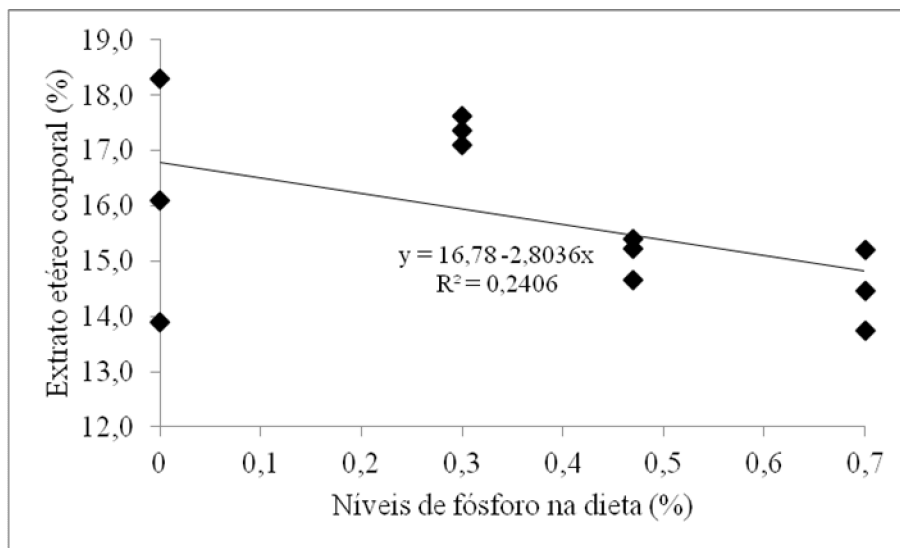
389

390

391

392

393



394

395 **Figura 4.** Extrato etéreo corporal de juvenis de jundiá alimentados com

396 níveis crescentes de fósforo em uma dieta semi-purificada.

397

398

399

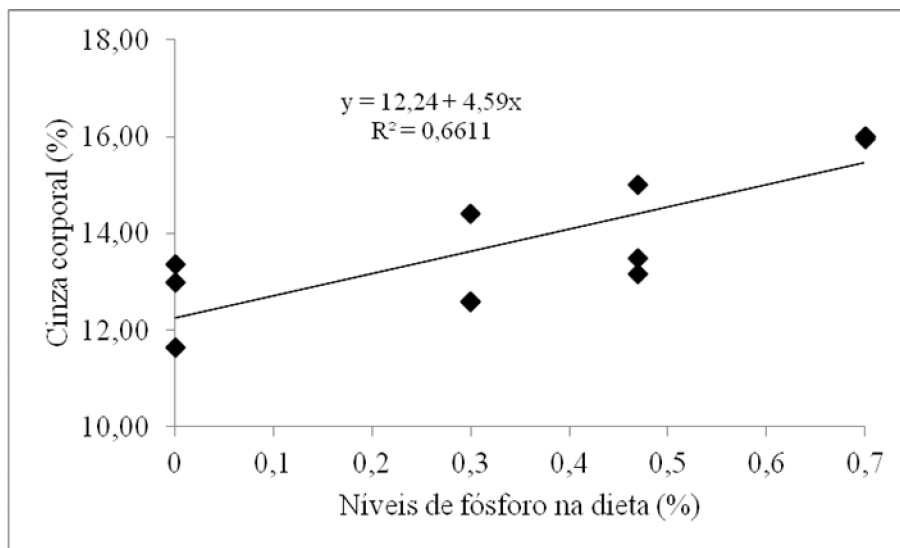
400

401

402

403

404



405

406 **Figura 5.** Cinza corporal de juvenis de jundiá alimentados com níveis

407 crescentes de fósforo em uma dieta semi-purificada.

408

409

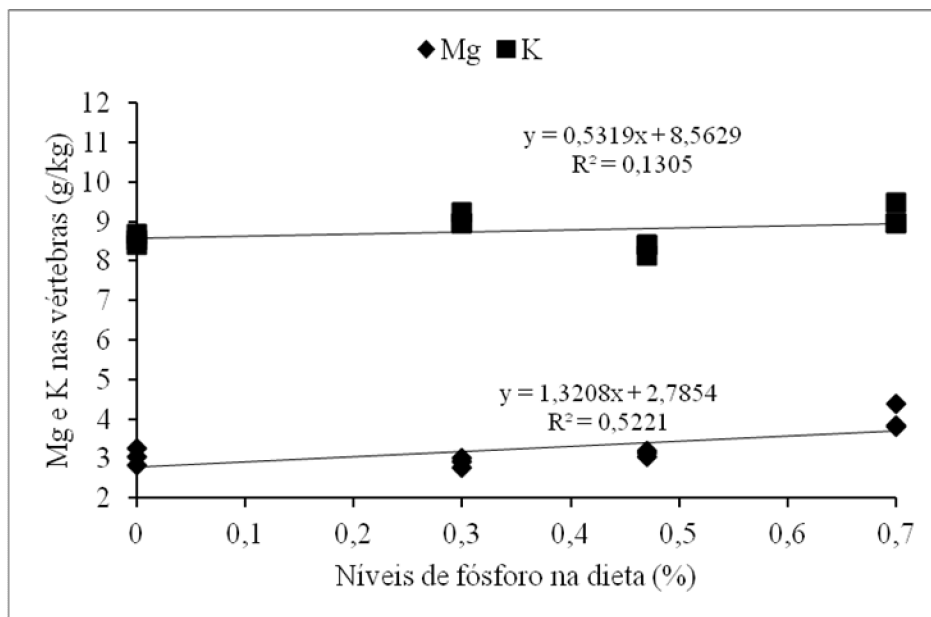
410

411

412

413

414



415

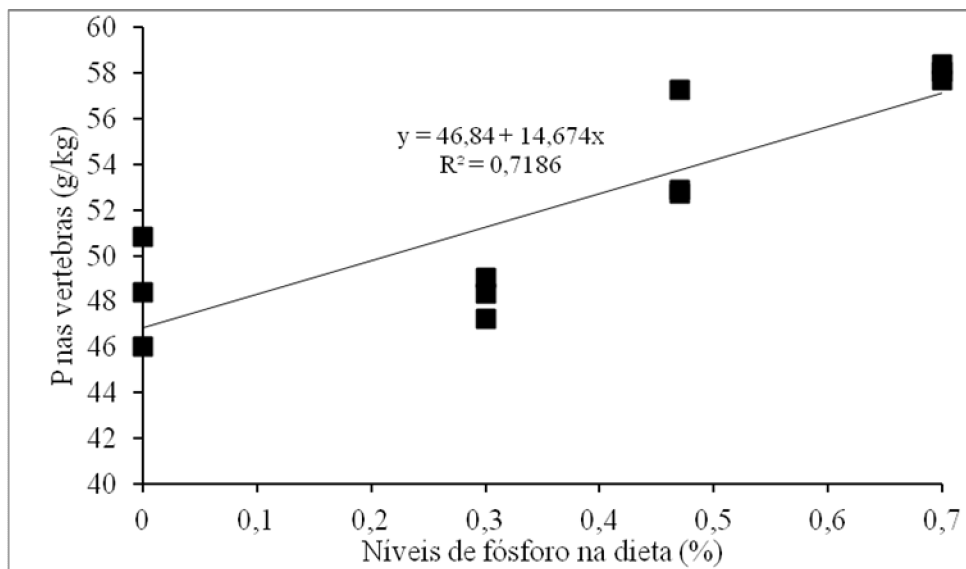
416 **Figura 6.** Composição de magnésio (Mg) e potássio (K) nas vértebras de
417 juvenis de jundiá alimentados com dieta semi-purificada.

418

419

420

421



422

423 **Figura 7.** Composição de fósforo nas vértebras de juvenis de jundiá alimentados
424 com dieta semi-purificada.

425

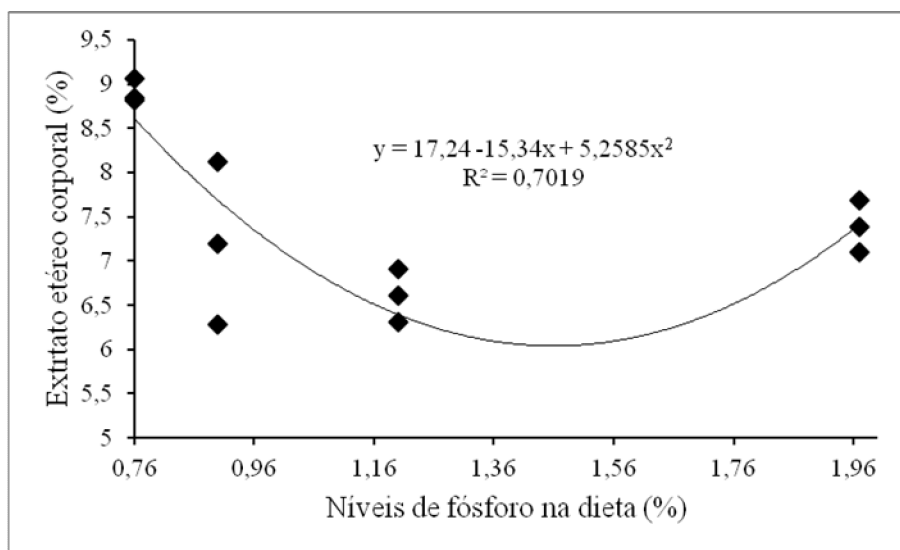
426

427

428

429

430



431

432 **Figura 8.** Extrato etéreo corporal de juvenis de jundiá alimentados com

433 diferentes níveis de fósforo em dieta prática.

6 CONCLUSÃO GERAL

A exigência de fósforo total para juvenis de peixe-rei (*Odontesthes bonariensis*) baseada em uma dieta semi-purificada é de 0,43% para um bom desempenho produtivo e 0,63% para uma boa mineralização óssea. Dietas práticas formuladas com farelo de soja e farinha de peixe (5%) com 0,76% de fósforo total não necessitam suplementação de fosfatos.

Para juvenis de jundiá (*Rhamdia quelen*) a exigência de fósforo total é de 0,53% para um bom desempenho produtivo, dietas práticas com pelo menos 0,76% de fósforo total não necessitam de suplementação de fosfatos, pois não melhoram o crescimento dos peixes.

7 REFERÊNCIAS

ARARIPE, M. N. B. A.; SEGUNDO, L. F. F.; LOPES, J. B.; ARARIPE, H. G. A. Efeito do Cultivo de Peixes em Tanques Rede sobre o Aporte de Fósforo para o Ambiente. **Revista Científica de Produção Animal**, v.8, n.2, 56-65, 2006.

BOSCOLO, W. R.; FEIDEN, A.; BOMBARDELLI, R. A.; SIGNOR, A.; GENTELINI, A. L.; SOUZA, B. E. Exigência de fósforo para alevinos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v.27, n.1, p.87-91, 2005.

COLOSO, R. M.; KING, K.; FLETCHER, J.W.; HENDRIX, M.A.; SUBRAMANYAM, M.; WEIS, P.; FERRARIS, R. P. Phosphorus utilization in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed practical diets and its consequences on effluent phosphorus levels. **Aquaculture**, v.220, p.801-820, 2003.

DEBNATH, D.; PAL, A. K.; SAHU, N. P.; JAIN, K. K.; YENGGOKPAM, S.; MUKHERJEE, S. C. Effect of dietary microbial phytase supplementation on growth and nutrient digestibility of *Pangasius pangasius* (Hamilton) fingerlings. **Aquaculture Research**, v.36, p.180-187, 2005.

EL-SAYED, A. F. M. Alternative dietary protein sources for farmed tilapia, *Oreochromis* spp. **Aquaculture**, v.179, p.149-168, 1999.

FURUYA, W. M.; FUJII, K. K.; 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.

JAHAN, P.; WATANABE, T.; KIRON, V.; SATOH, S. Improved carp diets based in plant protein sources reduce environmental phosphorus loading. **Fisheries Science**, v.69, p. 219-225, 2003.

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

MCDANIEL, N. K.; SUGIURA, S. H.; KEHLER, T.; FLETCHER, J. W.; COLOSO, R. M.; WEIS, P.; FERRARIS, R. P. Dissolved oxygen and dietary phosphorus modulate utilization and effluent partitioning of phosphorus in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) aquaculture. **Environmental Pollution**, v.138, p.350-357, 2005.

MIRANDA, E. C.; PEZZATO, A. C.; PEZZATO, L. E.; GRANER, C. F.; ROSA, G. J.; PINTO, L. G. Q. Relação Cálcio/Fósforo Disponível em Rações para Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.6, p.2162-2171, 2000.

NRC (National Research Council) Nutrient Requirements of Fish. National Academy Press, Washington, DC, USA, 1993. 114 pp.

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.

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

PORRELLO, S.; LENZI, M.; TOMASSETTI, P.; PERSIA, E.; FINOIA, M. G.; MERCATALI, I. Reduction of aquaculture wastewater eutrophication by

phytotreatment ponds system II. Nitrogen and phosphorus content in macroalgae and sediment. **Aquaculture**, v.219, p.531-544, 2003.

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

UYAN, O.; KOSHIO, K.; ISHIKAWA, M.; UYAN, S.; REN, T.; YOKOYAMA, S.; KOMILUS, C. F.; MICHAEL, F. R. Effects of dietary phosphorus and phospholipid level on growth, and phosphorus deficiency signs in juvenile Japanese flounder, *Paralichthys olivaceus*. *Aquaculture*, v.267, p.44-54, 2007.

WILSON, R. P.; ROBINSON, E. H.; GLATIN III, D.M.; POE, W. E. Dietary phosphorus requirement of channel catfish. **The Journal of Nutrition**, v.112, p.1197-1202, 1982.

ZHANG, C.; MAI, K.; AI, Q.; ZHANG, W.; DUAN, Q.; TAN, B.; MA, H.; WEI, X.; ZHIGUO L.; XIAOJIE, W. Dietary phosphorus requirement of juvenile Japanese seabass, *Lateolabrax japonicus*. **Aquaculture**, v. 255, p.201-209, 2006.