

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ
CENTRO DE ENGENHARIAS E CIÊNCIAS EXATAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS PESQUEIROS E
ENGENHARIA DE PESCA

MARIANA LINS RODRIGUES

Sorgo em dietas para juvenis de *Rhamdia quelen* suplementadas com fitase

Toledo

2017

MARIANA LINS RODRIGUES

Sorgo em dietas para juvenis de *Rhamdia quelen* suplementadas com fitase

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca – Mestrado e Doutorado, do Centro de Engenharias e Ciências Exatas, da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca.

Área de concentração: Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca.

Orientador: Prof. Dr. Altevir Signor

Co-orientador: Prof. Dr. Fábio Bittencourt

Toledo

2017



Universidade Estadual do Oeste do Paraná
CAMPUS DE TOLEDO - CNPJ 78.680.337/0005-08
Rua da Faculdade, 645 - Jardim Santa Maria - Fone: (45) 3379-7000 - Fax: (45) 3379-7002 - CEP 85.903-000 Toledo - PR
www.unioeste.br



Programa de Pós-Graduação em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca

ATA DA DEFESA PÚBLICA DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DE MARIANA LINS RODRIGUES, ALUNO(A) DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS PESQUEIROS E ENGENHARIA DE PESCA DA UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ - UNIOESTE, E DE ACORDO COM A RESOLUÇÃO DO PROGRAMA E O REGIMENTO GERAL DA UNIOESTE.

Ao(s) 13 dia(s) do mês de fevereiro de 2017 às 14h00min, no(a) Sala de Treinamentos do GEMaQ - Unioeste/Campus de Toledo, realizou-se a sessão pública da Defesa de Dissertação do(a) candidato(a) Mariana Lins Rodrigues, aluno(a) do Programa de Pós-Graduação em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca - Mestrado, na área de concentração em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca. A comissão examinadora da Defesa Pública foi aprovada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca. Integraram a referida Comissão os(as) Professores(as) Doutores(as): Altevir Signor, Wilson Rogério Boscolo, Micheli Zaminhan Hassemer. Os trabalhos foram presididos pelo(a) Altevir Signor, orientador(a) do(a) candidato(a). Tendo satisfeito todos os requisitos exigidos pela legislação em vigor, o(a) candidato(a) foi admitido(a) à Defesa de DISSERTAÇÃO DE MESTRADO, intitulada: "Sorgo em dietas para juvenis de *Rhamdia quelen* suplementadas com fitase". O(a) Senhor(a) Presidente declarou abertos os trabalhos, e em seguida, convidou o(a) candidato(a) a discorrer, em linhas gerais, sobre o conteúdo da Dissertação. Feita a explanação, o(a) candidato(a) foi arguido(a) sucessivamente, pelos(as) professores(as) doutores(as): Wilson Rogério Boscolo, Micheli Zaminhan Hassemer. Findas as arguições, o(a) Senhor(a) Presidente suspendeu os trabalhos da sessão pública, a fim de que, em sessão secreta, a Comissão expressasse o seu julgamento sobre a Dissertação. Efetuado o julgamento, o(a) candidato(a) foi Aprovada (a). A seguir, o(a) Senhor(a) Presidente reabriu os trabalhos da sessão pública e deu conhecimento do resultado. E, para constar, o(a) Coordenador(a) do Programa de Pós-Graduação em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca, da Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE - Campus de , lavra a presente ata, e assina juntamente com os membros da Comissão Examinadora e o(a) candidato(a).

Em tempo, _____

Altevir Signor
Orientador(a) - Altevir Signor

Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Campus de Toledo (UNIOESTE)

Wilson Rogério Boscolo
Wilson Rogério Boscolo

Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Campus de Toledo (UNIOESTE)

Micheli Zaminhan Hassemer
Micheli Zaminhan Hassemer

Universidade de Mogi Das Cruzes (UMC)

Mariana Lins Rodrigues
Mariana Lins Rodrigues

Candidato(a)

Altevir Signor
Coordenador(a) do Programa de Pós-Graduação em
Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca

Homologação do Colegiado do PREP:

Parecer do Colegiado do PREP: favorável, Ata 001 de 23/02/2017.

A minha *família* que sempre será o meu maior exemplo de força de vontade, dedicação, honestidade e todos os sábios ensinamentos sobre a vida! E o apoio de sempre em todos os momentos, valorizando minhas decisões.

Dedico!

AGRADECIMENTOS

À *Deus*, por ser essencial em minha vida e o autor do meu destino.

A minha amada mãe *Lica* que representa tudo em minha vida, maior fonte de força e luta. Obrigada por tudo!

Aos meus irmãos *César, Janilma, Paula* e *Aninha* pelo incentivo, apoio constante e o amor que nos uni. A minha cunhada *Marivone* pela amizade. Aos meus queridos sobrinhos *Sophya, Júlia, Allan* e *Laura* por todo amor apesar da distância.

Ao meu orientador Prof. Dr. *Altevir Signor* pela oportunidade, incentivo, confiança e amizade!

Ao Co-orientador Prof. Dr. *Fábio Bittencourt* pela contribuição e incentivos a pesquisa. Além dos conselhos e amizade!

Aos professores *Wilson Boscolo* e *Aldi Feiden* por ensinar que a simplicidade e a troca de experiências são fundamentais para formação de bons profissionais!

Universidade Estadual do Oeste do Paraná pelo programa de Pós-graduação em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca, em especial a *Carla Regina Meurer* e *Uilian Simões* assistentes do programa e a *Capes* pela bolsa de mestrado concedida.

Grupo de Estudos em Manejo na Aquicultura – *GEMAQ* pelo acolhimento e oportunidade de vivenciar grandes momentos, além de compartilhar conhecimentos.

Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" através dos professores *Luiz Edivaldo Pezzato* e *Pedro de Magalhães Padilha* pela disponibilidade do laboratório para realização de análises essenciais ao trabalho.

A Fundação Araucária através do apoio financeiro para desenvolvimento desta pesquisa.

Aos grandes amigos de sempre *Hélia Camilo, Mirelli Bruno e Robson Batista* que compartilho angústias, alegrias, conquistas e tantos momentos! Obrigada!

Aos grandes amigos que fizeram parte desta etapa tão especial da minha vida *Evandro Billa, Danielle Zanerato, Glaucia Rorato, Jhonis Pessini, Lara Genovez, Kátia Weiler, Micheli Zaminhan e Milena Sanchez*, guardarei sempre com carinho as lembranças de momentos únicos compartilhados! Muito obrigada!

Aos queridos alunos de iniciação científica *Grace Kelly Goudinho, Robson Araújo e Maycon Lechescki*, que além da troca de experiências em períodos experimentais e atividades em laboratório incrementamos esperança, alegria, sorrisos e muito companheirismo.

Aos amigos *Devanir Pereira, Evelin Teixeira, Fábio Manz, Felipe Betta, Gabriela Amorim, Lores Benvenuti e Saulo Henrique* por tornarem meus dias mais leve e alegres!

E aqueles que contribuíram direta ou indiretamente nesta etapa de crescimento profissional e pessoal.

A todos, os meus agradecimentos!

*“Tenha fé em si mesmo, porque Deus habita dentro de você.
Portanto, ter fé em si mesmo é ter fé em Deus.
Tenha confiança em suas capacidades, e caminhe sem temer os obstáculos.
Você pode vencer!
Você vai vencer!
Corresponda a confiança que Deus depositou em você, quando lhe entregou as
capacidades que dispõe, para que você devolvesse e pusesse em prática”.*

Lista de figuras

Figura 1. Parede do intestino medial do jundiá *Rhamdia quelen* coradas em H.E. Objetiva de 20x., mensurados:(a) altura dos vilos; (b) largura dos vilos; (c) espessura da túnica..... 27

Figura 2. Vilosidades intestinais de jundiás *Rhamdia quelen* alimentados: (a, b e c) dietas 0, 50 e 100% sem fitase; (d, e e f) dietas 0, 50 e 100% com fitase. Presença de células caliciformes (letra “a” com seta indicativa)..... 28

Lista de tabelas

Tabela 1. Composição percentual e nutricional das dietas com substituição do milho pelo sorgo, suplementadas com a enzima fitase para juvenis de jundiá criados em tanques-rede.....	29
Tabela 2. Desempenho produtivo e índices somáticos de jundiás alimentados com dietas com substituição do milho pelo sorgo, suplementadas ou não com a enzima fitase.....	30
Tabela 3. Composição bioquímica plasmática de jundiás alimentados com dietas com substituição do milho pelo sorgo, suplementadas ou não com a enzima fitase.....	31
Tabela 4. Histomorfometria do intestino de jundiás alimentados com dietas com substituição do milho pelo sorgo, suplementadas ou não com a enzima fitase.....	32
Tabela 5. Composição centesimal da carcaça de jundiás alimentados com dietas com substituição do milho pelo sorgo, suplementadas ou não com a enzima fitase.....	33
Tabela 6. Composição mineral óssea de jundiás alimentados com dietas com substituição do milho pelo sorgo, suplementadas ou não com a enzima fitase.....	34

SORGO EM DIETAS PARA JUVENIS DE *Rhamdia quelen* SUPLEMENTADAS COM FITASE

RESUMO

O presente estudo objetivou avaliar o desempenho produtivo de juvenis de jundiá alimentados com dietas contendo níveis de inclusão de sorgo em substituição ao milho, suplementadas ou não com a enzima fitase. As dietas foram compostas por milho, milho/sorgo e sorgo, com e sem suplementação da enzima fitase (1500 UFA/kg⁻¹). Os resultados para conversão alimentar aparente e taxa de crescimento específico foram melhores em dietas suplementadas (P<0,05). A maior taxa de eficiência proteica foi obtida para a dieta milho suplementada (P<0,05). O índice visceros-somático foi menor quando utilizada a dieta milho/sorgo (P<0,05), o índice hepato-somático foi menor nas dietas milho e milho/sorgo independente da suplementação (P<0,05). Os componentes bioquímicos plasmáticos apresentaram variações (P<0,05) mas mantiveram-se dentro os limites para espécie. As variáveis histomorfométricas apresentaram variações nos peixes alimentados com as dietas sorgo e sorgo/milho suplementadas ou não (P<0,05). A composição centesimal da carcaça variou em relação a deposição de extrato etéreo e matéria mineral para dietas suplementadas (P<0,05). Na mineralização óssea houve variação do Ca (P<0,05) quando utilizado milho e sorgo na mesma proporção. Portanto, o sorgo pode ser uma alternativa viável para substituir o milho e a suplementação com fitase melhora o desempenho produtivo dos peixes.

Termos para indexação: aquicultura, nutrição, alimento alternativo, tanques-rede.

SORGHUM IN DIETS SUPPLEMENTED WITH PHYTASE FOR *Rhamdia quelen* JUVENILES

ABSTRACT

The present study aimed to evaluate the productive performance of silver catfish juveniles fed with diets containing different sorghum inclusion levels as a substitute of maize, and supplemented or not with the phytase enzyme. The diets were composed of maize, maize/sorghum and sorghum, supplemented or not with phytase enzyme (1500 UFA/kg⁻¹). Apparent feed conversion and specific growth rate were better for supplemented diets (P<0.05). The larger protein efficiency rate was obtained for maize diet supplemented (P<0.05). The viscerosomal fat index was lower when maize/sorghum diet was used (P<0.05), whereas the hepatosomatic index was smaller for maize and maize/sorghum diets, regardless of supplementation (P <0.05). The plasmatic biochemical components presented variation (P <0.05), but they remained within the limits of the species. The histomorphometric variables presented variations for sorghum and sorghum/maize diets, supplemented or not (P<0.05). The chemical composition of the carcass presented variations related to ethereal extract and mineral matter deposition for supplemented diets (P<0.05). In bone mineralization there was a variation of Ca (P<0.05) when maize and sorghum were used in the same proportion. Therefore, sorghum may be a viable alternative to maize substitution, and phytase supplementation improves the productive performance of fish.

Index terms: aquaculture, nutrition, alternative food, net cages.

Dissertação elaborada e formatada conforme as normas da publicação científica *Pesquisa Agropecuária Brasileira (PAB)*. Disponível em: <<https://seer.sct.embrapa.br/index.php/pab/about/submissions#authorGuidelines>>*

SUMÁRIO

1. Introdução	14
2. Material e Métodos	15
3. Resultados e Discussão	17
4. Conclusão	20
5. Referências	21

Introdução

Os avanços na produção animal exigem que tecnologias sejam direcionadas para elaboração de dietas nutricionalmente balanceadas, que possibilitem um melhor desempenho das espécies, maximizem o uso dos alimentos das formulações e que reflitam positivamente nos custos de produção.

A elaboração de dietas para peixes vem utilizando cada vez mais alimentos de origem vegetal, que em alguns casos são os únicos constituintes. Tais condições, ocorrem principalmente pelo baixo custo, elevada disponibilidade, facilidade de obtenção e processamento (Guimarães et al., 2008). Consequentemente, a indústria alimentícia vem testando processos que promovam melhor disponibilidade dos nutrientes constituintes dos alimentos vegetais, que pela presença de ácido fítico, tanino, gossipol e outros inibem a ação de enzimas, indisponibilizam vários minerais e comprometem a absorção proteica das dietas (Maenz et al., 2001), sendo necessário otimizar a utilização desses alimentos.

Dentre os cinco cereais mais cultivados mundialmente o sorgo tem por finalidade suprir as necessidades nutricionais humanas, agrícolas e econômicas, entretanto sua produção na América direciona-se principalmente a alimentação animal, como substituto do milho na fabricação de rações para suínos, aves e bovinos, reduzindo o custo de produção e mantendo as propriedades nutritivas essenciais ao desempenho dos animais criados (Duarte, 2010; Goes et al., 2013; FAO, 2014). No Brasil, a produção do cereal ocorre na segunda safra ou “safrinha” apresentando produtividade expressiva, estando também destinada a agroindústria e a fabricação de ração (Duarte, 2008; Richetti e Ceccon, 2014).

O sorgo (*Sorghum bicolor*) é um potencial ingrediente nas dietas, porém apresenta fatores antinutricionais como o ácido fítico, formando complexos estáveis *in vitro* com muitos minerais, prejudicando sua absorção (Silva e Silva, 1999).

Contudo, atualmente a suplementação enzimática é amplamente utilizada na alimentação animal como catalisadores biológicos, a fim de minimizar os fatores antinutricionais nos alimentos. A adição de fitase em dietas à base de ingredientes vegetais para peixes auxilia na digestão e absorção dos nutrientes e, consequentemente, melhora o desempenho produtivo, a disponibilidade de nutrientes, principalmente do fósforo e a saúde dos animais (Gonçalves et al., 2007; Fontagné et al., 2009).

O jundiá *Rhamdia* sp. apresenta adaptação às oscilações climáticas e crescimento rápido mesmo nos períodos mais frios do ano (Fracalossi et al., 2004) e elevado potencial produtivo quando em temperaturas ótimas (18,0° a 28,0°C) (Carneiro et al., 2002). Além disso, devido a inserção da sua carne no mercado consumidor, vem sendo pesquisado com fins de

proporcionar e intensificar sua criação em sistemas intensivos (Marchioro e Baldisserotto, 1999).

Desta forma, o presente estudo teve por objetivo avaliar diferentes níveis de substituição do milho pelo sorgo baixo tanino, e a influência da suplementação da fitase em dietas para juvenis jundiá sobre o desempenho produtivo e saúde dos peixes.

Material e métodos

Os procedimentos experimentais adotados neste estudo foram aprovados pelo Comitê de Ética no Uso de Animais (CEUA) sob o protocolo de N° 63/14.

Foram utilizados 360 juvenis de jundiá com peso médio inicial de $16,02 \pm 0,58$ g, acondicionados em 24 tanques-rede com volume útil de $1,0 \text{ m}^3$ na densidade de 15 peixes por tanque, distribuídos em um tanque de alvenaria de 200 m^2 , inteiramente ao acaso em esquema fatorial com seis tratamentos e quatro repetições. Considerou-se para o delineamento adotado a substituição do milho pelo sorgo em três diferentes combinações (0, 50 e 100%) suplementadas ou não com enzima fitase (0 e 1500 UFA kg^{-1}).

Os peixes foram alimentados quatro vezes ao dia às 8h00, 12h00, 14h00 e 17h00 até apresentarem saciedade aparente durante um período de 90 dias, com rações isoproteicas (34% de Proteína Bruta) e isoenergéticas ($3565 \text{ kcal de Energia Digestível kg}^{-1}$) (Tabela 1). Para a confecção das rações os ingredientes foram moídos em triturador tipo martelo, pesados, homogeneizados manualmente e posteriormente extrusados (Ex-Micro®). A fitase utilizada apresentava-se em forma de grânulos sendo adicionada as dietas durante o processo de mistura dos ingredientes (Rocha et al, 2007). Os peletes foram secos em estufa de circulação de ar forçada por 24h à 55°C e armazenados a -20°C para utilização posterior utilização.

Durante o período experimental os valores médios dos parâmetros físico-químicos de qualidade de água foram: Temperatura ($25,50 \pm 0,72^\circ\text{C}$), pH ($8,27 \pm 0,31$), oxigênio dissolvido ($7,99 \pm 1,15 \text{ mg L}^{-1}$), condutividade elétrica ($41,95 \pm 3,28 \mu\text{S cm}^{-1}$), estes permaneceram dentro dos limites toleráveis para espécie em cativeiro (Souza et al, 2005), sendo monitorados por meio de potenciômetros digitais portáteis com mensurações semanais.

Ao final do experimento os exemplares foram mantidos em jejum por 24h, posteriormente anestesiados em solução de benzocaína 100 mg L^{-1} (Gomes et al., 2001), pesados e medidos para avaliação dos seguintes parâmetros de desempenho produtivo: ganho em peso (GP (g) = peso final (g) – peso inicial (g)); conversão alimentar aparente (CAA = alimento fornecido (g) / ganho em peso (g)); taxa de crescimento específico (TCE ($\% \text{ dia}^{-1}$) = $100 \times [(\ln \text{ peso final (g)} - \ln \text{ peso inicial (g)}) / \text{período experimental}]$); taxa de eficiência proteica

(TEP (%) = $100 \times (\text{ganho em peso (g)} / \text{proteína bruta consumida (g)})$); e sobrevivência (SO (%)) = $n^\circ \text{ final de peixes} / n^\circ \text{ inicial de peixes} \times 100$).

Três animais de cada unidade experimental foram submetidos a colheita de sangue por punção do vaso caudal, utilizando seringas descartáveis contendo EDTA (ácido etilenodiamino tetra-acético) à 10%. Foi realizada análise bioquímica plasmática utilizando amostras do plasma obtido por centrifugação a 2.500 rpm durante 5 minutos para a determinação quantitativa da glicose (mg.dL^{-1}), triglicerídeos (mg.dL^{-1}) e colesterol HDL (mg.dL^{-1}) através de kits comerciais (Gold analisa Diagnostica[®]) e posterior leitura em espectrofotômetro.

Em seguida os três animais foram eutanasiados em solução de benzocaína 200 mg L^{-1} (Gomes et al., 2001) e realizada a coleta de material da cavidade celomática para os cálculos dos índices de gordura viscero-somático (IVS (%) = $100 \times [\text{peso da gordura visceral (g)} / \text{peso corporal (g)}]$) e hepato-somático (IHS (%) = $100 \times [\text{peso do tecido (g)} / \text{peso corporal (g)}]$). Para as análises histomorfométrica das vilosidades intestinais foi retirado segmento transversal da porção medial dos intestinos dos peixes, posteriormente foram fixados em solução de Alfac durante 6 horas, em seguida foram conservadas em álcool 70° para retirada do fixador até serem processadas. Os tecidos foram desidratados em concentrações crescentes de álcoois, clarificados em xilol e incluídos em parafina. Os cortes histológicos foram obtidos por secções seriadas de $7\mu\text{m}$ e coradas em Hematoxilia-Eosina e ácido periódico e reativo de Schiff (PAS) e *alcian blue* (AB) pH 2,5, em seguida as lâminas foram analisadas em microscopia de luz mensurando segundo a altura dos vilos (distância do topo das vilosidades ao início da camada muscular), largura dos vilos (distância do topo de um enterócito ao topo do enterócito do lado oposto), espessura da túnica (distância total da camada muscular circular e longitudinal), número de células caliciformes e número total de vilos (Figuras 1 e 2), na objetiva de 20X, pelo software cellSens Standard 1.15[®].

Para a determinação centesimal, a carcaça eviscerada dos exemplares sacrificados foi congelada em freezer a -20°C para posteriores análises de composição corporal (AOAC, 2005). Outros três animais de cada unidade experimental foram sacrificados para determinação da composição mineral óssea (Furuya et al, 2001) por Espectrofotometria de Absorção Atômica em Chama (FAAS).

Os dados de desempenho produtivo, fisiológicos e composição mineral atendendo os pressupostos de normalidade e homocedasticidade, foram submetidos à Análise de variância fatorial para verificar a interação entre os níveis de inclusão do sorgo e suplementação com fitase, quando significativas as médias foram comparadas pelo teste de Duncan a 5% com o auxílio do *software* Statistica 7.0[®].

Resultados e discussão

Os níveis de inclusão do sorgo e a suplementação da fitase demonstraram efeito de interação ($P < 0,05$) para o desempenho produtivo dos jundiás. Os parâmetros CAA e TEP, apresentaram melhores resultados quando os peixes foram submetidos à alimentação com dieta a base de milho suplementadas com fitase. Foi observado efeito da fitase sobre a TCE, sendo superiores nos peixes alimentados com as dietas suplementadas ($P < 0,05$) (Tabela 2).

A maior parcela de proteína no grão do sorgo é composta pela kafirina caracterizada pela sua configuração estrutural mais rígida na matriz proteica que envolve o amido, possuindo baixa solubilidade, além de apresentar desbalanceamento de aminoácidos, fatores estes responsáveis pela baixa digestibilidade do alimento (Belton, 2006; WONG et al., 2010). O aumento na CAA dos jundiás alimentados com as dietas milho/sorgo e sorgo possivelmente está associada a sua influência negativa na absorção dos nutrientes pelos peixes.

A presença da fitase possivelmente promoveu a quebra da molécula de fitato, disponibilizando maior quantidade de fósforo, possibilitando maior absorção dos nutrientes que estão presentes nos alimentos de origem vegetal (Vielma et al., 1998; Gonçalves et al., 2005).

Segundo Rocha et al. (2007) a suplementação da fitase em dietas para jundiá promovem uma maior eficiência quanto a digestibilidade proteica e na disponibilidade dos minerais consequentemente, uma melhor absorção intestinal dos nutrientes, proporcionando um aumento linear no ganho de peso e crescimento específico. A suplementação das dietas com a fitase não influenciou as variáveis diferindo dos autores.

Observou-se efeito de interação ($P < 0,05$) dos alimentos e suplementação sobre o índice IGVS, sendo o melhor resultado nos peixes alimentados com a dieta milho/sorgo sem suplementação de fitase (Tabela 2).

As dietas à base de sorgo quando suplementada com fitase proporcionaram uma maior quantidade de gordura visceral. Este fato pode ter ocorrido devido uma maior disponibilidade energética do sorgo ao jundiá, resultando assim em um maior acúmulo de gordura visceral (Sá e Fracalossi, 2002; Signor et al., 2016).

O IHS apresentou efeito quanto ao alimento presente nas dietas ($P < 0,05$), os menores valores ocorreram com a utilização da dieta milho/sorgo independente da suplementação da fitase (Tabela 2).

A síntese de fontes lipídicas, em particular os fosfolipídios no fígado, é responsável na produção de energia a ser utilizada em diferentes funções corporais ou no armazenamento e quando não direcionada é convertida em gordura nas células hepáticas (Hall, 2011). Fatores

como oferta do alimento, o balanceamento e qualidade dos nutrientes influenciam no metabolismo adequado dos peixes, um destes é o efeito das concentrações de fósforo nos alimentos (Huntingford et al., 2001; Du et al., 2006). Em condições adequadas de nutrição o fósforo promove a disponibilidade de nutrientes e estes são mobilizados para a síntese proteica, conseqüentemente há um menor acúmulo de gordura no fígado, devido ao aumento na disponibilidade do mineral pelos alimentos sorgo e milho quando utilizados na mesma proporção (Guimarães et al., 2005; Dicko et al., 2006; Silva et al., 2012).

Os valores encontrados nos componentes bioquímicos plasmáticos (Tabela 3) demonstram que as dietas quando suplementadas com a fitase proporcionaram variações nos teores de glicose, enquanto que os triglicerídeos e colesterol HDL sofreram influência da interação da fitase e do sorgo quando utilizado nas dietas.

Os níveis de glicose relacionam-se com a mobilização de fósforo que atua no estímulo do aproveitamento do íon fosfato, participando da fosforilação das vias glicolíticas intermediárias como moderador no controle e estímulo das enzimas glicolíticas (Bernes, 1980). A suplementação da fitase, por disponibilizar o fósforo e outros nutrientes da dieta, pode ter influenciado positivamente no metabolismo dos peixes reduzindo as concentrações de colesterol e triglicerídeos plasmáticos.

Quando ocorre a utilização do fósforo disponível nas dietas a partir da ação da enzima fitase para os peixes há uma melhora no aproveitamento proteico dos alimentos utilizados (Bomfim, 2013). O sorgo apresenta influência da proteína kafirina que pertence às prolaminas que atuam prejudicando sua digestibilidade e conseqüentemente o retardamento no processo de digestão (Belton et al., 2006). Com a redução dos níveis de glicose promovida pela suplementação da fitase e a diminuição da disponibilidade da proteína quando utilizados os alimentos milho e sorgo na dieta, sugere-se que houve a indução a síntese de glicogênio como pode ser observado redução do tecido hepático nos peixes alimentados com a dieta que milho/sorgo suplementado com fitase, com resultados semelhantes as dietas que continham apenas milho em sua composição.

Mesmo ocorrendo diferenças significativas entre as variáveis bioquímicas, estas mantiveram-se dentro dos limites esperados para juvenis de jundiá (*Rhamdia quelen*) segundo (Borges et al, 2004).

O efeito do ácido fítico presente nos alimentos milho e sorgo como limitante de fósforo disponível promove variações no equilíbrio extracelular com ênfase nos eletrólitos de fosfatos envolvidos nos processos químicos sanguíneos e no metabolismo energético refletindo na funcionalidade dos tecidos (Vieites et al., 2004; Motta, 2007).

Nas análises histomorfométricas avaliadas neste estudo apresentaram-se efeito de interação dos alimento e suplementação para altura dos vilos, espessura da túnica e número de células caliciformes ($P<0,05$). Em contrapartida para a largura e número dos vilos foram influenciados pelo alimento utilizado ($P<0,05$) (Tabela 4).

Na presença de dieta contendo apenas milho sem a suplementação da fitase em sua composição os animais apresentaram vilos mais altos e espessos, quando comparado aos demais tratamentos, o que pode explicar o maior número de células caliciformes nesses animais (Figura 1), provavelmente devido a maior presença de ácido fítico, ou seja, acúmulo do fósforo no grão, no qual o milho possui uma maior quantidade quando comparado ao sorgo (Garcia-Esteva et al., 1999).

A musculatura intestinal atua como indicativo de desempenho nutricional e sanidade do animal, como resposta a alterações no tecido ocorre o aumento de sua atividade (Junqueira e Carneiro, 2005). A presença da fitase nas dietas provavelmente promoveu a redução da atividade na túnica muscular atuando nos movimentos peristálticos exercido e a motilidade da mucosa intestinal (Mello *et al.*, 2013).

Além disso, podem influenciar a absorção e digestão dos nutrientes como observado pela melhor CAA apresentada pelos animais alimentados com as dietas contendo apenas milho. Quando ocorrem interferências no processo fisiológico digestivo conseqüentemente eleva-se a secreção de mucinas e a atividade celular, direcionando sua produção ao longo do trato gastrointestinal para a proteção do epitélio (Macari, 1999). A elevada incidência de células caliciformes pode ainda ser resultado de alterações no tecido desencadeado por distintas condições de alimentação, pois quando há processo de agressão conseqüentemente há uma maior produção de muco (Schwarz et al., 2010; Honorato, 2011).

Quando a dieta contendo milho foi suplementada com fitase, houve um melhor aproveitamento do fósforo, este que faz parte do processo de homeostase dos peixes, proporciona um desenvolvimento celular equilibrado no tecido (Schamber, 2008) e conseqüentemente diferenciações na altura dos vilos, espessura da túnica e as células caliciformes dos jundiás.

Entretanto, não houve comprometimento no desenvolvimento dos peixes, visto que os animais alimentados com as dietas contendo sorgo com e sem a suplementação de fitase apresentaram os melhores resultados para o desempenho zootécnico.

Os parâmetros de composição centesimal da carcaça apresentaram diferenças para os teores de extrato etéreo e matéria mineral dos peixes quanto a suplementação das dietas ($P<0,05$) (Tabela 5).

Os peixes alimentados com a suplementação de fitase apresentaram aumento em relação a deposição de lipídeos na carcaça, aumento que permaneceu nos peixes alimentados com as dietas milho/sorgo e sorgo na presença de fitase. Pode-se observar também que a enzima reduziu a deposição de lipídeos em peixes alimentados com ração contendo apenas milho.

A enzima fitase catalisa a hidrólise do ácido fítico, inositol e ácido ortofosfórico (Liu et al., 1998), elevando a disponibilidade das proteínas e lipídeos de origem vegetal aos animais (Debnath et al., 2005; Baruah et al., 2007) diminuindo a energia de ativação da reação catalítica e acelerando seu processo reativo (Nokes, 1999).

A suplementação da fitase nas dietas proporcionou uma melhor deposição de mineral nos peixes quando utilizado em sua dieta somente o alimento milho em sua composição. As dietas contendo milho/sorgo e sorgo sem a suplementação da fitase apresentaram maior deposição mineral nos peixes. O aumento de fósforo disponível aos animais, proveniente da atividade enzimática nas rações suplementadas, provavelmente torna inadequada a disponibilidade de outros minerais resultando na diminuição da composição mineral da carcaça (Hardy e Seheared, 1985; Satoh et al, 1992).

Quanto a composição mineral óssea dos peixes ocorreu efeito dos alimentos utilizados nas dietas para o mineral Ca ($P < 0,05$) (Tabela 6).

Quando utilizado proporcionalmente milho e sorgo nas dietas houve influência ($P < 0,05$) na deposição de Ca em relação aos alimentos, milho ou sorgo, quando ingeridos em dietas isoladamente, porém, ainda mantiveram-se dentro da relação 1:1 para os minerais Ca e P, responsáveis pela mineralização e o crescimento dos animais (Furuya, 2010; Rocha, 2016).

A concentração dos minerais presentes na composição óssea dos peixes varia de acordo com o seu potencial genético e metabolismo, além da composição da água e as interações dos alimentos que compõe a ração (McDowell, 1992; Sutle, 2010), esta última via promove diretamente a disponibilidade dos minerais para o organismo. A relação dos níveis de Ca e P utilizados na manutenção dos tecidos estão atreladas a fatores como a disponibilidade na dieta, ambiente, fases de vida do animal e a absorção do trato gastrointestinal (Betechini, 2006; NRC, 2011).

Conclusão

O sorgo baixo tanino pode substituir integralmente o milho em dietas para o jundiá *Rhamdia quelen* e a suplementação da fitase melhora sua CAA.

Referências

- AOAC. Official methods of analysis of the Association Analytical Chemists. 18. ed. Gaithersburg, Maryland, 2005.
- BELTON, P. S. et al. Kafirin structure and functionality. **Journal of Cereal Science**, v.44, p.272-286, 2006.
- BARUAH, K., SAHU, N.P., PAL, A.K., JAIN, K.K., DEBNATH, D., MUKHERJEE, S.C. Dietary microbial phytase and citric acid synergistically enhances nutrient digestibility and growth performance of *Labeo rohita* (Hamilton) juveniles at sub-optimal protein level. **Aquaculture Research**. V.36, p.803–812, 2007.
- BERTECHINI, A. G. **Metabolismo dos Minerais**. Nutrição de Monogástricos. Lavras: Editora UFLA – MG, 169 – 211, 2006.
- BORGES, A.; SCOTTI, L. V.; SIQUEIRA, D. R.; JURINITZ, D. F.; WASSERMANN, G. F. Hematologic and serum biochemical values for jundiá (*Rhamdia quelen*). Fishy physiology and biochemistry. v30, p 21-25, 2004.
- CARNEIRO, P.C.F.; BENDHACK, F.; MIKOS, J.D.; SCHORER, M.; OLIVEIRA-FILHO, P.R.C. Resultados preliminares sobre o jundiá, *Rhamdia quelen*, como espécie importante para a piscicultura na região Sul do Brasil. **Anais...** In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AQUICULTURA, 12, 2002, Goiânia. Goiânia: CAUNESP/ESALQ, 403, p.11, 2002.
- DEBNATH D, PAL AK, SAHU NP. Effect of dietary microbial phytase supplementation on growth and nutrient digestibility of *Pangasius pangasius* (Hamilton) fingerlings. **Aquaculture Research**. v.36, n.2, p.180–187, 2005.
- DICKO, M. H.; GRUPPEN, H.; TRAORÉ, A. S.; VORAGEN, A. G. J.; BERKEL, W. J. H. V. Sorghum grain as human food in Africa: relevance of content of starch and amylase activities. **African Journal of Biotechnology** Vol. 5 (5), pp. 384-395, 2006.

DUARTE, J. de O. Mercado e comercialização: a produção do sorgo granífero no Brasil. In: RODRIGUES, J. A. S. (Ed.). **Cultivo do sorgo. 6. ed., (Embrapa Milho e Sorgo. Sistema de produção, 2)**, Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2010.

DUARTE, J. O.; CRUZ, J. C.; GARCIA, J. C.; MATTOSO, M. J. Economia da produção. In: CRUZ, J. C. (Ed.). **Cultivo do milho. 4. ed. (Embrapa Milho e Sorgo. Sistemas de produção, 2)**, Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2008.

DU, Z.Y.; LIU, Y.J.; TIAN, L.X; HE, J.G; CAO, J.M.; LIANG, G.Y. The influence of feeding rate on growth feed efficiency and body composition of juvenile Nile grass carp (*Ctenopharyngodon idella*). **Aquaculture International**, v.14, p. 247- 57, 2006.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations 2014 - SOFIA: **The State of World Fisheries and Aquaculture**. Roma. 243p. 2014.

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

FRACALOSSO, D. M.; MEYER, G.; SANTAMARIA, F.M.; WEINGARTNER, M.; ZANIBONI FILHO, E. Performance of jundiá, *Rhamdia quelen*, and dourado, *Salminus brasiliensis*, in earth ponds of southern Brazil. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 26(3), p. 345-352, 2004.

FREITAS, J. M. A.; SARY, C.; LUCHESI, J. D.; FEIDEN, A.; BOSCOLO, W. Proteína e energia na dieta de jundiás criados em tanques-rede. **R. Bras. Zootec.**, v.40, n.12, p.2628-2633, 2011.

FURUYA, W. M. **Tabelas Brasileiras para a Nutrição de Tilápias**. GFM, Toledo, Paraná, 100p., 2010.

FURUYA, W. M.; GONÇALVES, G. S.; FURUYA, H. C. Fitase na Alimentação da Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) desempenho e digestibilidade. **Rev. bras. zootec.**, 30(3):924-929, 2001.

GARCÍA-ESTEPA, R. M.; GUERRA-HERNÁNDEZ, E.; GARCÍA-VILLANOVA, B. Phytic acid content in milled cereal products and breads. **Food Research International** 32, 217-221, 1999.

GUIMARÃES, P. E. O.; ROBEIRO, P. E. A.; PAES, M. C. D.; SCHAFFERT, R. E.; ALVES, V. M. C.; COELHO, A. M.; NUTTI, M.; VIANA, J. L. C.; NOGUEIRA, A. R. A.; SOUZA, G. B. Caracterização de Linhagens de Milho Quanto aos Teores de Minerais nos Grãos. **MAPA, Circular Técnica**, 64. Embrapa Milho e Sorgo. Minas Gerais, 2005.

GUIMARÃES, I.G.; PEZZATO, L.E.; BARROS, M.M.; TACHIBANA, L. Nutrient digestibility of cereal grain products and by-products in extruded diets for Nile tilapia. **Journal of the World Aquaculture Society**, 39(6): 781–789, 2008.

GOMES, L. C.; CHIPARI-GOMES, A. R.; LOPES, N. P.; ROUBACH, R.; ARAUJO-LIMA, C. A. R. M. Efficacy benzocaine as anesthetic in Juvenile tambaqui *Colossoma macropomum*. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 32, n. 4, p. 426-431, 2001.

GONÇALVES, G.S.; PEZZATO, L.E.; BARROS, M.M.; KLEEMAN, G.K.; ROCHA, D.F. Efeitos da suplementação de fitase sobre a disponibilidade aparente de Mg, Ca, Zn, Cu, Mn e Fe em alimentos vegetais para a tilápia do Nilo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.6, p.2155-2163, 2005.

GONÇALVES, G.S.; PEZZATO, L.E.; PADILHA, P. et al. Disponibilidade aparente do fósforo em alimentos vegetais e suplementação da enzima fitase para tilápia-do-nilo. **Rev. Bras. Zootec.**, v.36, p.1473-1480, 2007.

GOES, R. H. T. B.; SILVA, L. H. X.; SOUZA, K. A. **Alimentos e alimentação animal**. Grande Dourados: UFGD, 79p. 2013.

HALL, J. E. **Tratado de Fisiologia Médica**. - 12.ed. Editora Elsevier, Rio de Janeiro, 2011.

HONORATO, C. A.; CRUZ, C.; CARNEIRO, D. J.; MACHADO, M. R. F. Histologia e histoquímica do intestino anterior de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) alimentadas com dietas contendo silagem de peixe. **Braz. J. Vet. Res. Anim. Sci.**, São Paulo, v. 48, n. 4, p. 281-288, 2011.

HUNTINGFORD, F. A.; CHELLAPPA, S.; TAYLOR, A. C.; STRANG, R. H. C. Energy reserves and reproductive investment in male three spined sticklebacks, *Gasterosteus aculeatus*. **Ecology of Freshwater Fish**, v. 10, n. 2, p. 111-117, 2001.

JUNQUEIRA L.C.U.; CARNEIRO J. **Biologia Celular e Molecular**. 8ª. Edição. Editora Guanabara Koogan, Rio de Janeiro, 2005, 352p.

LIU, B-L., A. RAFIQ, Y-M. Tzeng, and A. Rob. The induction and characterization of phytase and beyond. **Enzyme and Microbial Technology** 22:415-424, 1998.

MACARI, M. A. **Fisiologia do sistema digestivo das aves (I)**. Aves e Ovos, São Paulo, 8/9:12-21, 1999.

MARCHIORO, M.I. e BALDISSEROTTO, B. Sobrevivência de alevinos de jundiá (*Rhamdia quelen* Quoy & Gaimard, 1824) à variação de salinidade da água. **Ciência Rural**, 29(2): 315-318. 1999.

MAENZ, D. D. Enzymatic characteristics of phytases as they relate to their use in animals feeds. In: Bedford, M. R.; Partridge, G. G. (Eds.). **Enzymes in farm animal nutrition**. Wallingford: Cab Publishing, 406p, 2001.

MELLO, H. DE; JULIETA R.E. DE M.; NIZA, I.G.; MORAES, F. R. DE; OZÓRIO, R.O.A.; SHIMADA, M.T.; ENGRACIA FILHO, J.R.; CLAUDIANO, G.S. Efeitos benéficos de probióticos no intestino de juvenis de Tilápia-do-Nilo. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, 33(6),724-730, 2013.

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

MOTTA, V.T. **Bioquímica básica**. Autolab Análises Clínicas. 374p. 2007.

National Research Council (NRC). Nutrient Requirements of Fish and Shrimp. National Academic Press, Washington, DC, 2011, 376p.

NOKES,S.E. Enzyme production using surface culture fermentation. Biotechnology in the feed Industry, 1999.

REIS, E. S.; FEIDEN, A.; SIGNOR, A.; ZAMINHAN, M., FINKLER, J. K.; BOSCOLO, W. R. Suplementação de vitamina c na dieta para larvas de jundiá *Rhamdia voulezi*. **Ciê. Anim. Bras.**, Goiânia, v. 12, n. 1, p. 83-89, jan./mar. 2011.

RICHETTI, A. and CECCON, G. Viabilidade econômica da cultura do sorgo granífero na região Centro-Oeste. **Comunicado técnico 195, EMBRAPA**. Dourados, Mato Grosso do Sul, 2014.

ROCHA, P. M. C.; BARROS, M. E. G.; NETO, E. J. Análise morfométrica da parede intestinal e dinâmica de mucinas secretadas no jejuno de frangos suplementados com probiótico *Bacillus subtilis* cepa C31021. **Pesq. Vet. Bras.** 36(4):312-316, 2016.

ROCHA, B. C.; POUHEY, J. L. O. F.; ENKE, D. B. S.; XAVIER, E. G; ALMEIDA, D. B. Suplementação de fitase microbiana na dieta de alevinos de jundiá: efeito sobre o desempenho produtivo e as características de carcaça. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.37, n.6, p.1772-1778, 2007.

SCHAMBER, C. R. Exigência de fósforo para tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Dissertação** (Mestrado em Zootecnia) Universidade Estadual de Maringá. Maringá, Paraná, 33p., 2008.

SÁ, M.V.C.; FRACALOSSO, D.M. Exigência protéica e relação proteína/ energia para alevinos de piracanjuba (*Brycon orbignyanus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, p.1-10, 2002.

SATOH, S.; IZUME, K.; TAKEUCHI, T.; WATANABE. Effect of supplemental tricalcium phosphate on zinc and manganese availability to common carp. *Nippon Suisan Gakkaishi*, v.58, n.3, p.539- 545, 1992.

SIGNOR, A.; LEWANDOWSKI, V.; SILVA, R. A.; FRIES, E. M.; SCHULLER, J. M. Effect of phytase on digestibility of corn, sorghum and wheat bran by silver catfish (*Rhamdia voulezi*). *Acta Sci., Anim. Sci.* [online]. vol.38, n.4, pp.355-359, 2016.

SILVA, M. R.; SILVA, M. A. A. P. Aspectos nutricionais dos fitatos e taninos. **Revista de Nutrição**. Campinas, SP. v.12, n.1, p. 5-19, 1999.

SILVEIRA, U. S.; LOGATO, P. V. R.; PONTES, E. C. Utilização e metabolismo dos carboidratos em peixes. **Revista Eletrônica Nutritime**, v. 1, n. 1, pág. 817-836, 2009.

SILVA, C. S.; QUEIROZ, V. A. V.; SIMEONE, M. L. F.; GUIMARÃES, C. C.; SCHAFFERT, R. E.; RODRIGUES, J. A. S.; MIGUEL, R. A. Teores de Minerais em Linhagens de Sorgo Para Uso na Alimentação Humana. In: XXIX CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO – 2012. **Anais**, São Paulo - Águas de Lindóia -2012.

SOUZA, L.S.; POUHEY, J.L.O.F.; CAMARGO, S.O.; et al. Crescimento e sobrevivência do catfish de canal (*Ictalurus punctatus*) e jundiá (*Rhamdia sp*) no outono-inverno do Rio Grande do Sul. *Ciência Rural*, 35(4):891-896, 2005.

SUTTLE, N.F. Mineral Nutrition of Livestock (Cabi). CABI Publishing.

SCHWARZ, K.S.; FURUYA, W.M; NATALI, M.R.M. et al. Mananoligossacarídeo em dietas para juvenis de tilapia do Nilo. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v.32, n.2, p.197-203, 2010.

HARDY, R. W. and SHEARER, K. D. Effecty of dietary calcium phosphate and zinc supplementation oh whole body zinc concentration of rainbow trout (*Salmo gairdneri*). *Can. J. Fish. Aquat. Sci...* vol. 42, 1985.

VIELMA, J.; LALL, S.P.; KOSKELA, J. Effects of dietary phytase and cholecalciferol on phosphorus bioavailability in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Aquaculture**, 63(3-4): 309-323, 1998.

VIEITES, F.M; MORAES, G.H.K; ALBINO, L.F.T., ROSTAGNO, H.S., RODRIGUES, A.C., SILVA, F.A., ATENCIO, A. Balanço eletrolítico e níveis de proteína bruta sobre o desempenho de pintos de corte de 1 a 21 dias de idade. **Rev. Bras. Zootec.**, v.33, supl. 2, p.2076-2085, 2004.

WONG, J. H. et al. Principal component analysis and biochemical characterization of protein and starch reveal primary targets for improving sorghum grain. **Plant Science**, v.179, p.598-611, 2010.

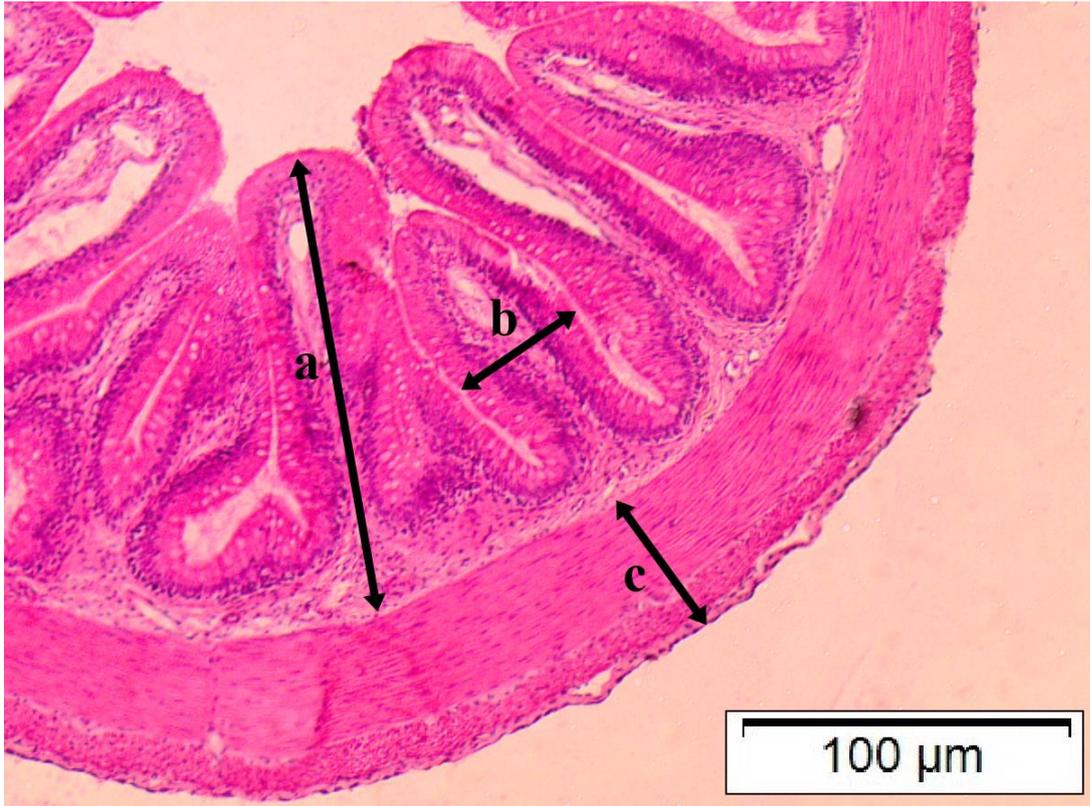


Figura 1: Parede do intestino medial do jundiá *Rhamdia quelen* coradas em H.E. Objetiva de 20x., mensurados:(a) altura dos vilos; (b) largura dos vilos; (c) espessura da túnica.

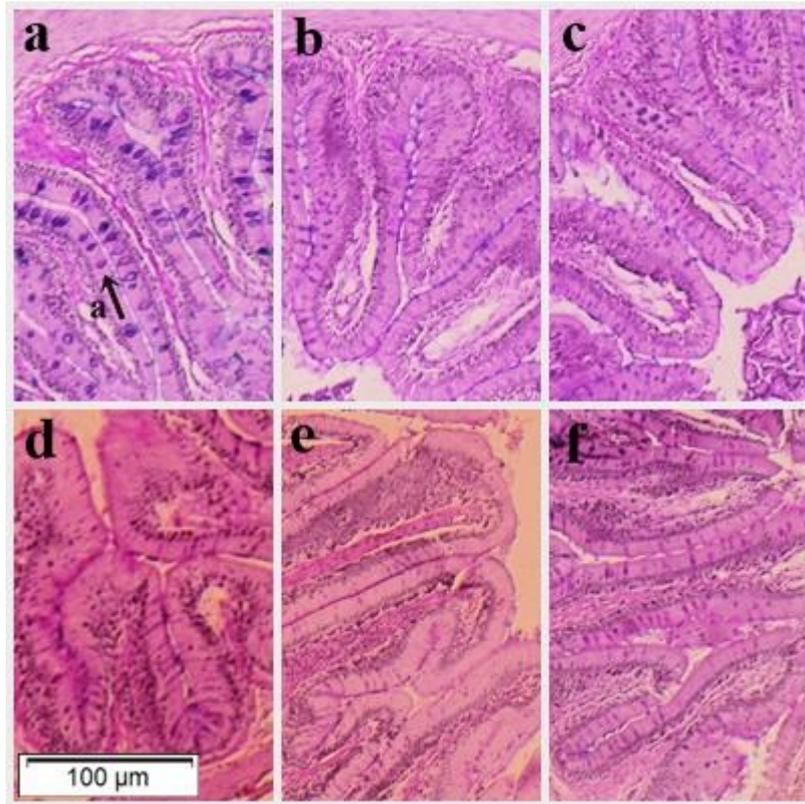


Figura 2: Vilosidades intestinais de jundiás *Rhamdia quelen* alimentados: (a, b e c) dietas 0, 50 e 100% sem fitase; (d, e e f) dietas 0, 50 e 100% com fitase. Presença de células caliciformes (letra “a” com seta indicativa).

Tabela 1. Composição percentual das dietas com substituição do milho pelo sorgo, suplementadas com a enzima fitase para juvenis de jundiá criados em tanques-rede

Ingredientes (%)	Fitase 0 UFA			Fitase 1500 UFA*		
	Milho	Milho/Sorgo	Sorgo	Milho	Milho/Sorgo	Sorgo
Soja, farelo 42%	49,57	49,22	48,88	49,57	49,22	48,88
Sorgo baixo tanino ¹	0,00	17,04	34,07	0,00	17,04	34,07
Milho ¹ , grão	30,62	15,31	0,00	30,62	15,31	0,00
Peixe, farinha 55%	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00
Suplemento mineral e vitamínico ²	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
L-treonina (98,5%)	0,37	0,38	0,38	0,37	0,38	0,38
DL-metionina (99%)	0,34	0,34	0,35	0,34	0,34	0,35
Cloreto de Colina	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Vitamina C ³	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Propionato de cálcio	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Butil-hidroxi-tolueno	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Óleo de soja	2,78	1,40	0,00	2,78	1,40	0,00
Fitase ⁴	0,00	0,00	0,00	0,30	0,30	0,30
Nutrientes (%)						
Amido	25,33	26,46	27,6	25,33	26,46	27,6
Cálcio	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83
Energia digestível (kcal/kg) ⁵	3565	3565	3565	3565	3565	3565
Fosforo disponível	0,48	0,48	0,49	0,48	0,48	0,49
Gordura	7,99	6,57	5,15	7,99	6,57	5,15
Lisina total	2,10	2,09	2,08	2,10	2,09	2,08
Metionina + Cistina	1,46	1,46	1,46	1,46	1,46	1,46
Proteína Digestível	28,29	28,39	28,48	28,29	28,39	28,48
Proteína Bruta ⁵	34,00	34,00	34,00	34,00	34,00	34,00
Treonina	1,73	1,73	1,73	1,73	1,73	1,73
Triptofano	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42

¹Valores de energia digestível e proteína bruta (%) estimados para *Rhamdia voulezi*, segundo Signor, et al. 2016.

²Níveis de garantia por quilograma do produto: Vit. A, 1.750.000UI; Vit. D3, 375.000UI; Vit. E, 20.000UI; Vit. K3, 500mg; Vit. B1, 2.000mg; Vit. B2, 2.500mg; Vit. B6, 2.500mg; Vit. B12, 5.000mg; Ac. Fólico, 625mg; Pantotenato Ca, 7.500mg; Vit. C, 37.500mg; Biotina, 50mg; Inositol, 12.500mg; Niacina, 8.750mg; Co, 50mg; Cu, 1.250mg; Fe, 15.000mg; I, 100mg; Mn, 3.750mg; Se, 75mg; Zn, 17.500mg.

³Valores sugeridos por Reis et al., 2011.

⁴Fitase BASF -Natuphos® produzida a partir do fungo *Aspergillus niger*.

⁵Valores de energia digestível e proteína bruta (%) estimados para *Rhamdia voulezi* proposto por Freitas, et al. (2011).

*Nível de fitase (UFA kg⁻¹) estimado para *Rhamdia quelen* segundo Rocha et al. (2007).

Tabela 2. Desempenho produtivo e índices somáticos de jundiás alimentados com dietas com substituição do milho pelo sorgo, suplementadas ou não com a enzima fitase.

Variáveis*	Fitase	Níveis de inclusão de sorgo			Probabilidade (<i>p</i> -valor)		
		0%	50%	100%	F ¹¹	AI ¹²	I ¹³
GP ¹ (g)	A ⁹	80,20 ± 7,51	82,34 ± 11,53	76,63 ± 14,14	ns	ns	ns
	P ¹⁰	82,34 ± 1,75	88,66 ± 4,66	81,28 ± 9,56			
CAA ²	A	1,87 ± 0,02D	2,03 ± 0,02E	1,87 ± 0,04D	0,000	0,000	0,000
	P	1,45 ± 0,01A	1,61 ± 0,01B	1,71 ± 0,03C			
TCE ⁴ (%)	A	1,97 ± 0,04	2,03 ± 0,11	1,91 ± 0,15	ns	ns	ns
	P	2,03 ± 0,01	2,08 ± 0,02	2,12 ± 0,10			
TEP ⁵ (%)	A	1,57 ± 0,01D	1,45 ± 0,01E	1,56 ± 0,04D	0,000	0,000	0,000
	P	2,01 ± 0,02A	1,82 ± 0,02B	1,72 ± 0,03C			
SOB ⁶ (%)	A	97,78 ± 3,85	95,56 ± 3,85	95,56 ± 7,70	ns	ns	ns
	P	95,56 ± 3,85	97,78 ± 3,85	95,56 ± 7,70			
IGVS ⁷ (%)	A	2,87 ± 0,89AB	2,34 ± 0,83A	3,84 ± 0,44B	ns	0,049	0,038
	P	2,76 ± 0,84AB	3,58 ± 0,80AB	3,43 ± 1,02AB			
IHS ⁸ (%)	A	1,64 ± 0,34A	1,35 ± 0,37AB	1,94 ± 0,39B	ns	0,008	ns
	P	1,44 ± 0,33A	1,39 ± 0,41A	1,64 ± 0,50B			

*O teste de Duncan foi realizado apenas para a interação quando esta foi significativa. ¹Ganho em peso; ²Conversão alimentar aparente; ³ Consumo de Ração; ⁴ Taxa de crescimento específico; ⁵Taxa de eficiência proteica; ⁶ Sobrevivência; ⁷Índice de gordura víscero-somático; ⁸Índice hepato-somático; ⁹Ausente; ¹⁰Presente; ¹¹Fitase; ¹²Alimento; ¹³Interação.

Valores (médias±desvio padrão) seguidos por letras maiúsculas distintas na mesma linha significa que houve diferença estatística ($P < 0,05$).

Valores (médias±desvio padrão) seguidos por letras minúsculas distintas na mesma coluna significa que houve diferença estatística ($P < 0,05$).

*Diferença significativa pelo teste de Duncan a 5%

Tabela 3. Composição bioquímica plasmática de jundiás alimentados com dietas com substituição do milho pelo sorgo, suplementadas ou não com a enzima fitase.

Variáveis*	Fitase	Níveis de inclusão de sorgo			Probabilidade (p-valor)		
		0%	50%	100%	F ³	A1 ⁴	I ⁵
	A ¹	55,75±21,59b	41,00±10,54b	66,03±11,04b			
Glicose (mg.dL ⁻¹)	P ²	47,82±10,72a	46,41±7,24a	44,91±11,25a	0,042	ns	ns
Triglicerídeos (mg.dL ⁻¹)	A	550,17±103,75BC	472,75±123,68AB	514,66±95,68B	ns	ns	0,016
	P	413,97±86,31A	432,99±89,63A	551,03±150,84C			
Colesterol HDL (mg.dL ⁻¹)	A	41,99±6,17AB	35,60±6,81A	33,36±7,99A	ns	ns	0,044
	P	44,11±6,31AB	34,34±8,01A	41,55±6,95B			

*O teste de Duncan foi realizado apenas para a interação quando esta foi significativa. ¹Ausência; ²Presente; ³Fitase; ⁴Alimento; ⁵Interação.

Valores (médias±desvio padrão) seguidos por letras maiúsculas distintas na mesma linha significa que houve diferença estatística (P<0,05).

Valores (médias±desvio padrão) seguidos por letras minúsculas distintas na mesma coluna significa que houve diferença estatística (P<0,05).

Tabela 4. Histomorfometria do intestino de jundiás alimentados com dietas com substituição do milho pelo sorgo, suplementadas ou não com a enzima fitase.

Variáveis (μm)*	Fitase	Níveis de inclusão de sorgo			Probabilidade (<i>p</i> -valor)		
		0%	50%	100%	F ³	Al ⁴	I ⁵
Altura dos vilos	A ¹	503,52±73,12B	397,58±77,10A	401,34±57,64A	0,000	0,000	0,028
	P ²	394,95±35,91A	342,15±93,17A	399,17±40,54A			
Largura dos vilos	A	94,76±19,86B	89,77±19,88A	86,82±12,97A	ns	0,000	ns
	P	100,80±17,57B	92,12±17,38A	88,02±15,34A			
Espessura da túnica	A	168,59±66,91D	129,83±49,22C	124,50±39,26BC	0,000	ns	0,000
	P	86,25±35,26A	112,99±31,30BC	99,45±42,47AB			
Nº células caliciformes	A	620,78±44,13E	408,70±36,34CD	451,30±30,02D	0,000	0,000	0,000
	P	368,78±67,11A	433,50±82,15CD	379,22±86,64B			
Nº de vilos	A	23,00±2,27B	19,00±2,80A	21,00±2,36A	ns	0,000	ns
	P	24,00±2,20B	20,00±3,97A	20,00±2,97A			

*O teste de Duncan foi realizado apenas para a interação quando esta foi significativa. ¹Ausência; ²Presente; ³Fitase; ⁴Alimento; ⁵Interação.

Valores (médias±desvio padrão) seguidos por letras maiúsculas distintas na mesma coluna significa que houve diferença estatística ($P<0,05$).

Valores (médias±desvio padrão) seguidos por letras minúsculas distintas na mesma coluna significa que houve diferença estatística ($P<0,05$).

Tabela 5. Composição centesimal da carcaça de jundiás alimentados com dietas com substituição do milho pelo sorgo, suplementadas ou não com a enzima fitase.

Variáveis*	Inicial	Fitase	Níveis de inclusão de sorgo			Probabilidade (<i>p</i> -valor)		
			0%	50%	100%	F ³	Al ⁴	I ⁵
Matéria Seca (%)	72,14±0,65	A ¹	61,03 ± 0,74	60,83 ± 0,55	61,21 ± 0,16	ns	ns	ns
		P ²	60,71 ± 0,86	60,73 ± 0,71	59,98 ± 1,28			
Proteína Bruta (%)	18,12±0,96	A	25,50 ± 0,32	25,50 ± 1,23	25,84 ± 0,83	ns	ns	ns
		P	25,49 ± 1,57	26,56 ± 0,78	27,60 ± 2,05			
Extrato Etéreo (%)	5,65±0,89	A	10,04 ± 1,46a	9,82 ± 0,78a	7,56 ± 0,63a	0,001	ns	ns
		P	7,89 ± 2,16b	11,02 ± 0,81b	10,23 ± 0,96b			
Matéria Mineral (%)	4,31±0,75	A	5,34 ± 0,34b	5,25 ± 0,26b	6,95 ± 1,29b	0,005	ns	ns
		P	6,18 ± 0,46a	5,06 ± 0,14a	5,49 ± 1,57a			

*O teste de Duncan foi realizado apenas para a interação quando esta foi significativa. ¹Ausência; ²Presente; ³Fitase; ⁴Alimento; ⁵Interação.

Valores (médias±desvio padrão) seguidos por letras maiúsculas distintas na mesma coluna significa que houve diferença estatística ($P < 0,05$).

Valores (médias±desvio padrão) seguidos por letras minúsculas distintas na mesma coluna significa que houve diferença estatística ($P < 0,05$).

Tabela 6. Composição mineral óssea de jundiás alimentados com dietas com substituição do milho pelo sorgo, suplementadas ou não com a enzima fitase.

Variáveis*	Inicial	Fitase	Níveis de inclusão de sorgo			Probabilidade (<i>p</i> -valor)		
			0%	50%	100%	F ⁷	Al ⁸	I ⁹
Mg ¹ (mg/g)	1,08	A ⁵	0,94±0,12	0,88±0,07	0,92±0,05	ns	ns	ns
		P ⁶	0,90±0,03	0,88±0,09	0,85±0,07			
Ca ² (mg/g)	133,12	A	115,61±2,42AB	107,81±8,35A	128,44±12,23B	ns	0,013	ns
		P	114,87±8,19AB	99,49±16,19A	119,52±5,92B			
Mn ³ (mg/g)	0,01	A	0,06±0,04	0,09±0,04	0,06±0,05	ns	ns	ns
		P	0,08±0,03	0,08±0,03	0,07±0,04			
P ⁴ (mg/Kg)	104,99	A	108,56±8,75	103,30±2,35	105,54±8,53	ns	ns	ns
		P	102,28±11,14	95,64±10,25	101,31±13,51			

*O teste de Duncan foi realizado apenas para a interação quando esta foi significativa. ¹Magnésio; ²Cálcio; ³Manganês; ⁴Fósforo; ⁵Ausência; ⁶Presente; ⁷Fitase; ⁸Alimento; ⁹Interação.

Valores (médias±desvio padrão) seguidos por letras maiúsculas distintas na mesma linha significa que houve diferença estatística ($P<0,05$).

Valores (médias±desvio padrão) seguidos por letras minúsculas distintas na mesma coluna significa que houve diferença estatística ($P<0,05$).