



UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

QUIRERA DE ARROZ EM RAÇÕES DE JUVENIS DE JUNDIÁ  
(*Rhamdia quelen*), COM OU SEM SUPLEMENTAÇÃO DE FITASE

VICTOR VICENTIN BENTES

Dourados - MS  
Outubro – 2016



UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

QUIRERA DE ARROZ EM RAÇÕES DE JUVENIS DE JUNDIÁ  
(*Rhamdia quelen*), COM OU SEM SUPLEMENTAÇÃO DE FITASE

VICTOR VICENTIN BENTES  
ENGENHEIRO AGRÔNOMO

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Cinthia Eyng  
Coorientador: Prof. Dr. Fábio Bittencourt  
Coorientador: Prof. Dr. Dacley Neu

Dissertação apresentada a Universidade Federal da Grande Dourados-UFGD como parte das exigências para obtenção do título de Mestre do programa de Pós Graduação em Zootecnia.

Dourados - MS  
Outubro - 2016

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).**

B476q Bentes, Victor Vicentin

Quirera de arroz em rações de juvenis de jundiá (*Rhamdia quelen*), com ou sem suplementação de fitase / Victor Vicentin Bentes -- Dourados: UFGD, 2016.

52f. : il. ; 30 cm.

Orientadora: Cinthia Eyng

Co-orientador: Fábio Bittencourt

Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Grande Dourados.

Inclui bibliografia

1. Enzima exógena. 2. Fitato. 3. Nutrição. I. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

**©Direitos reservados. Permitido a reprodução parcial desde que citada a fonte.**

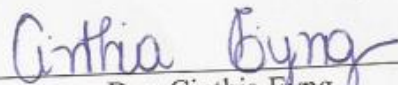
**QUIRERA DE ARROZ EM RAÇÕES DE JUVENIS DE JUNDIÁ (Rhamdia Quelen  
COM OU SEM SUPLEMENTAÇÃO DE FITASE**

por

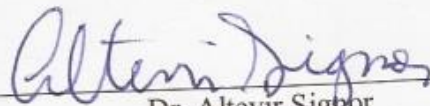
**VICTOR VICENTIN BENTES**

Dissertação apresentada como parte dos requisitos exigidos para obtenção do título  
de MESTRE EM ZOOTECNIA

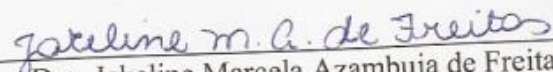
Aprovada em: 10/10/2016



Dra. Cinthia Eyang  
Orientadora – UNIOESTE/CCA



Dr. Altevir Signor  
UNIOESTE/Campus Toledo



Dra. Jakeline Marcela Azambuja de Freitas  
UNIOESTE/Campus Toledo

## **BIOGRAFIA DO AUTOR**

Victor Vicentin Bentes, filho de Olavo Augusto Cunha Bentes e Miriam Cleia Vicentin Bentes, nasceu em Ribeirão Preto no estado de São Paulo, no dia 13 de dezembro de 1988. Em 2008 ingressou no curso de Engenharia Agrônômica da Universidade Federal de Viçosa, onde em dezembro de 2013 cumpriu as exigências para obtenção do título de Bacharelado em Engenheiro Agrônomo. No ano de 2014 foi aprovado no processo de seleção do Programa de Pós-graduação em Zootecnia da Universidade Federal da Grande Dourados, área de concentração Produção Animal, para obtenção do título de Mestre em Zootecnia.

**Dedico**

Aos meus pais Olavo e Miriam

## AGRADECIMENTOS

A Deus por estar presente em minha vida e me dar saúde e força para cumprir minhas responsabilidades e objetivos.

Aos meus pais Olavo e Miriam, por toda atenção e carinho, por estarem sempre ao meu lado e apoiando as minhas decisões.

A Samara por todo carinho e incentivo.

Aos meus irmãos Rodrigo e Joyce por sempre me apoiarem.

A minha tia Maria Aparecida pelo seu carinho e atenção em todos os momentos.

Aos meus amigos de Toledo-PR, Luiz Fernando, Ghessyca Bonfim, Eder e Cristian por me apoiarem e me ajudarem.

Em especial a minha orientadora Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Cinthia Eyng pela orientação, preocupações, profissionalismo, atenção, dedicação e sobre tudo pela amizade.

Ao Prof. Dr. Fábio Bittencourt pelas orientações na condução desse trabalho e principalmente pela pessoa e profissional que é, recebe o meu muito obrigado.

Ao Prof. Dr. Altevir Signor pela oportunidade de realizar esse projeto, pela atenção e pela amizade, recebe meu obrigado.

Ao Prof. Dr. Dacley Neu pelo auxílio para realização desse trabalho, e sobre tudo pela amizade, recebe o meu muito obrigado.

A Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Fabiana Cavichiolo, pela atenção e por permitir a utilização do Laboratório de Morfofisiologia, UFGD, Dourados, recebe meu muito obrigado.

A todos que diretamente ou indiretamente contribuíram para realização desse trabalho, o meu muito obrigado.

A CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior pelo apoio financeiro.

À Universidade Federal da Grande Dourados, em especial ao programa de Pós-Graduação em Zootecnia, pela oportunidade de realização deste curso.

## SUMÁRIO

Lista de Figuras .....	v
Lista de Tabelas .....	vi
Lista de Abreviaturas .....	vii
Resumo .....	viii
Abstract .....	ix
Considerações iniciais .....	x
1 REVISÃO DE LITERATURA .....	1
1.1 Jundiá ( <i>Rhamdia quelen</i> ).....	1
1.2 Nutrição e alimentação de peixes .....	2
1.3 Quirera de Arroz .....	5
1.4 Fitato e Fitase na Alimentação de Peixes.....	6
1.5. Efeito da Dieta sobre Parâmetros Morfológicos dos Peixes .....	9
1.5.1 Fibra muscular .....	9
1.5.2 Pregas intestinais.....	11
2 OBJETIVOS.....	13
2.1 Objetivo Geral .....	13
2.2 Objetivos Específicos.....	13
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	14
CAPÍTULO 1. Quirera de arroz em rações para juvenis de jundiá ( <i>Rhamdia quelen</i> ), com ou sem suplementação de fitase.....	21
Introdução.....	22
Material e Métodos .....	23
Resultados e discussão .....	25
Conclusão .....	28
Referências Bibliográficas .....	29





**LISTA DE FIGURA**

Figura 1- Estrutura do mio-inositol .....	7
---	---

**LISTA DE TABELAS**

Tabela 1. Composição centesimal e nutricional das dietas experimentais com diferentes níveis de substituição do milho por quirera de arroz, suplementada ou não com fitase.	34
Tabela 2. Valores de sobrevivência (S), ganho em peso (GP), conversão alimentar (CA), comprimento específico (CE), fator de condição (FC) e taxa de crescimento específico (TCE) de juvenis de jundiá alimentados com rações contendo diferentes níveis de quirera de arroz, suplementadas ou não com fitase.	35
Tabela 3. Composição corporal (%) (matéria natural) de juvenis de jundiá alimentados com rações contendo diferentes níveis de quirera de arroz, suplementadas ou não com fitase.	35
Tabela 4. Frequência de distribuição das fibras musculares em três classes de diâmetros (<20 $\mu\text{m}$ , entre 20 e 50 $\mu\text{m}$ e >50 $\mu\text{m}$ ) em juvenis de jundiá alimentados com rações contendo diferentes níveis de quirera de arroz, suplementados ou não com fitase.	35
Tabela 5. Altura ( $\mu\text{m}$ ) das pregas intestinais de juvenis de jundiá alimentados com rações contendo diferentes níveis de quirera de arroz, suplementadas ou não com fitase.	36

**LISTA DE ABREVIATURAS**

% - porcentagem

dL - decilitro

FTU - quantidade de enzima que libera 1 micromol de fósforo inorgânico por minuto desde 0,0015 mol/L fitato sódio a pH 5.5 e 37 °C.

g - gramas

h - hora

kg- quilograma

m<sup>3</sup> - metros cúbicos

mg - miligrama

min - minuto

ml - mililitro

°C - graus Celsius

µm - micrômetro

## RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar diferentes níveis de quirera de arroz em substituição ao milho em dietas para juvenis de jundiá (*Rhamdia quelen*), com ou sem suplementação de fitase. Foram utilizados 360 juvenis, distribuídos em um delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 2 x 5 (com e sem suplementação da enzima fitase e cinco diferentes níveis de substituição do milho por quirera de arroz (0; 25; 50; 75 e 100%) com três repetições, sendo a unidade experimental composta por hapa com 12 peixes. Ao final do período experimental (50 dias) foram analisados os dados de desempenho produtivo (ganho em peso, conversão alimentar aparente, sobrevivência, comprimento específico, fator de condição e taxa de crescimento específico), composição corporal (umidade, cinza, lipídeo e proteína), crescimento muscular e morfometria das pregas intestinais. Não houve interação ( $p>0,05$ ) entre o nível de substituição do milho por quirera de arroz e a suplementação ou não de fitase para as variáveis de desempenho, composição corporal, frequência de distribuição das fibras musculares e altura das pregas intestinais. No entanto, independentemente da suplementação ou não de fitase houve redução linear ( $p<0,05$ ) da altura das pregas intestinais conforme aumento dos níveis de substituição do milho por quirera de arroz. Conclui-se que a quirera de arroz pode substituir em 100% o milho em dietas para jundiá, sem alterar o desempenho dos animais. A inclusão da enzima fitase às dietas não foi capaz de melhorar o desempenho dos animais.

**Palavra-chave:** Enzima exógena, Fitato, Nutrição.

## ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate different levels of broken rice in substitution of corn diets for juvenile silver catfish (*Rhamdia quelen*) with or without phytase supplementation. There were 360 silver catfish juveniles distributed in a completely randomized factorial design (2x5) (with or without phytase supplementation and with different levels of broken rice replacing corn (0, 25, 50, 75 and 100%) with three repetitions. Each experimental unit is composed by 12 fishes. At the end of the experiment (50 days), productive performance (weight gain, feed conversion, survival, specific length, condition factor and specific growth rate) body compositions (moisture, ash, lipid and protein), morphometry of intestinal folds and muscle growth were analyzed. There were no significant difference ( $p>0,05$ ) between the levels of broken rice replaced by corn with or without supplementation for productive performance, body composition variables, distribution frequency of fiber muscle and height of intestinal folds. However, regardless phytase supplementation or not, a linear reduction ( $p<0,05$ ) of the intestinal folds was observed as the increase of the levels of corn substituted by broken rice. It is concluded that, the broken rice can replace up to 100% of corn in diets for *R. quelen*.

**Key-words:** Exogenous enzyme, Phytase, Nutrition.

## CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O Brasil é considerado um país promissor para a piscicultura devido à demanda interna do pescado, produção elevada de grãos (ingredientes das rações), grande parte do território sob um clima tropical, excelente disponibilidade hídrica, além de reservatórios e áreas favoráveis para construção de tanques e açudes (KUBITZA, 2015).

De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2014) a piscicultura brasileira apresentou um crescimento anual de 31,2 % no período de 2008 a 2010, produzindo cerca de 500 mil toneladas/ano, crescimento este embasado por investimentos no setor e a criação de novos polos produtores.

Dentre as espécies nativas que são exploradas comercialmente, o jundiá apresenta boa aceitabilidade pelo consumidor, sendo que atualmente a maior produção está presente nos estados da região sul do Brasil, onde se concentra o maior consumo da espécie. Devido ao crescente interesse comercial pela espécie, diversos trabalhos envolvendo áreas da produção e nutrição vem sendo desenvolvidos (ULIANA et al., 2001). No entanto, ainda são escassas as informações a respeito da nutrição e o uso de alimentos alternativos na alimentação do jundiá.

O desenvolvimento apresentado pelo setor é acompanhado por um aumento na produção de ração, sendo que no ano de 2015, 800 mil toneladas de ração foram destinadas a piscicultura (SINDIRAÇÕES, 2015). Em adição, a produção de ração de qualidade estabeleceu-se em função de avanços tecnológicos em termos de equipamentos, disponibilidade e conhecimento nutricional das matérias-primas comumente utilizadas na formulação.

Neste contexto, com os avanços tecnológicos na produção de ração houve o interesse em pesquisar a composição nutricional, digestibilidade, palatabilidade, qualidade física e granulometria tanto dos ingredientes convencionais quanto dos possíveis alternativos. O maior conhecimento sobre os ingredientes disponíveis para a formulação reflete em um menor custo de produção e maior aproveitamento dos nutrientes com consequente redução dos impactos ambientais, ocasionados pela excreção de nutrientes não digeridos e/ou absorvidos no trato gastrointestinal dos animais (CYRINO et al., 2010).

Dentre os ingredientes energéticos utilizados na fabricação das rações o milho é

o mais utilizado, apresentando em média 3.037 kcal kg<sup>-1</sup> de energia digestível para tilápia do Nilo (BOSCOLO et al., 2002), devido principalmente, ao seu componente em maior proporção, o amido. No entanto, esse cereal apresenta demanda variável ao longo do ano podendo haver alterações nos preços, elevando o custo de produção. Assim, tem-se intensificado a busca por alimentos alternativos que possam substituir parcial ou totalmente o milho nas rações de peixes, reduzindo os custos de produção, porém sem ocasionar redução no desempenho do animal.

A quirera de arroz, constituída principalmente de grãos quebrados, sendo um coproduto do beneficiamento deste cereal, tem despertado o interesse dos nutricionistas por possuir características nutricionais semelhantes a do milho (SALEH & MEULLENET, 2013). Sua composição química é principalmente de carboidrato, 74,45 % de amido, possuindo níveis de lisina de 0,29% e metionina + cistina de 0,39%, sendo esses respectivamente superiores à do milho, e apresentando níveis semelhantes de proteína bruta (8,50%) (ROSTAGNO et al., 2011).

No entanto, apesar da composição nutricional atrativa, os alimentos de origem vegetal, de uma maneira geral, possuem um sal denominado fitato (mio-inositol) que retém cátions indisponibilizando nutrientes para os animais não ruminantes, devido à falta endógena da enzima fitase que hidrolisa esta molécula (GREPPI et al., 2015). Uma das maneiras de viabilizar a utilização de coprodutos com altos níveis de fitato nas rações de não ruminantes é a adição da enzima fitase às rações. Esta enzima ao provocar a hidrólise de ligações químicas da molécula de fitato disponibiliza nutrientes como cálcio, fósforo e zinco, e assim reduz os custos com macro e micro nutrientes na ração (BRUFAU et al., 2006).

A dissertação encontra-se dividida em uma revisão de literatura sobre os aspectos da biologia da espécie estudada, características nutricionais dos ingredientes alternativos, bem como sobre a utilização da enzima fitase nas rações e seus efeitos sobre a fisiologia dos peixes. O Capítulo I, intitulado “Quirera de arroz em rações de juvenis de jundiá (*Rhamdia quelen*), com e sem suplementação de fitase” foi redigido nas normas da Revista Brasileira de Zootecnia e teve como objetivo verificar o efeito da substituição parcial e total do milho por quirera de arroz, com e sem adição de enzima fitase, nas rações de juvenis de jundiá sobre o desempenho, composição corporal, morfometria intestinal e o crescimento muscular.



## 1 REVISÃO DE LITERATURA

### 1.1 Jundiá (*Rhamdia quelen*)

No território brasileiro o *Rhamdia* sp. está distribuído em todas as bacias hidrográficas. As espécies que habitam o Brasil são: *R. fonia*, *R. itacaiunas*, *R. laukidi*, *R. muekkeri*, *R. poeyi* (encontradas ao Norte do país), *R. jequitinhonha* (encontradas somente na bacia do rio Jequitinhonha, Sudeste do Brasil) e *R. quelen* (predominante na região Sul do país e nos territórios argentino e uruguaio) (SILFVERGRIP, 1996). No Brasil, o *Rhamdia* sp. é popularmente conhecido como: jundiá, jundiá-tinga, mandi e sapipoca. Em inglês, o nome comum é *silver catfish* (GOMES et al., 2000).

Pela diversidade da espécie, o *R. quelen* apresenta uma coloração que varia desde marrom-avermelhado claro a cinza ardósio. Esse peixe habita a profundidade de rios e lagos, de preferência nas águas mais calmas, abrigando-se na vegetação nativa e em locais de fundo de areia ou lama. Em seu ambiente natural possui hábito alimentar onívoro (PEDRON et al., 2011) se alimentando de peixes, insetos, restos de vegetais e detritos orgânicos. A preferência alimentar ocorre no período noturno, e utilizam seus barbilhões, localizados junto à boca, para auxiliar na busca por alimentos, bem como em aspectos sensoriais (MEURER & ZANIBONI FILHO, 1997).

O jundiá tem despertado interesse do setor produtivo na região sul do Brasil, por ser uma espécie que suporta temperaturas a 5°C e apresenta um rápido crescimento ao longo do ano (FRACALOSSO, 2002). Além disso, fatores como, alta resistência, reprodução facilitada em cativeiros, ausência de espinhas intramusculares e aceitabilidade de alimentos artificiais (MEYER & FRACALOSSO, 2004; ULIANA et al., 2001), potencializam a produção em larga escala (SALHI et al., 2004).

Embora apresentem características que permitem seu cultivo em cativeiro, informações relacionadas à sua nutrição e alimentação ainda estão sendo pesquisadas, exigindo esforços nesse sentido para alavancar sua produção. Nesse contexto, institutos e universidades estão desenvolvendo pesquisas no intuito de aprimorar a produção dessa espécie. Tyska e colaboradores (2013) estudaram a substituição de farelo de soja por diferentes fontes vegetais (folha de mandioca, farelo de girassol, linhaça e crambe) e

concluíram que a utilização de crambe + linhaça proporcionou maior crescimento, porém obteve maior teor de gordura no filé e no peixe inteiro. Lewandowski e colaboradores (2016) avaliando a digestibilidade de ingredientes energéticos vegetais com ou sem suplementação de fitase em jundiá (*Rhamdia voulezi*) concluíram que os grãos de arroz e os grãos de trigo apresentaram altos valores de digestibilidade, sendo os ingredientes com melhor eficiência para a alimentação da espécie. Quanto a utilização da fitase os autores relatam que a eficiência varia conforme os alimentos utilizados na ração quando se pretende maior utilização de nutrientes presentes nos fatores antinutricionais dos ingredientes vegetais.

A produção de alevinos de jundiá ainda apresenta entraves nutricionais, impossibilitando a expansão do setor. Sendo assim, pesquisadores estudam ingredientes que possam atender as exigências nutricionais da espécie. Borges e colaboradores (2014) estudaram o crescimento e a sobrevivência de larvas de jundiá alimentadas com organismos vivos e dietas artificiais, e concluíram que a utilização de *Artemia salina* nos estádios de desenvolvimento e o enriquecimento da alimentação são eficientes no crescimento e na sobrevivência na fase inicial da larvicultura. Além disso, o uso de dietas inertes comerciais na fase inicial de larvicultura não é recomendado por alterar a qualidade da água, o crescimento e a sobrevivência da espécie.

Neste sentido, embora o jundiá apresente características que permitem sua produção em cativeiro, informações relacionadas à sua nutrição e alimentação ainda são escassas, exigindo esforços nestas áreas para alavancar sua produção.

## **1.2 Nutrição e alimentação de peixes**

A pesquisa no âmbito nutricional de peixes foi impulsionada na década de 70. Desde então, pesquisadores estudam a eficiência dos ingredientes que compõem as rações, testando sua digestibilidade, saldo energético e o ganho em peso dos animais (BELAL, 2005). A nutrição e a alimentação influenciam não somente no desempenho do animal, mas também na reprodução, saúde, nas respostas fisiológicas e na prevenção de patógenos (LALL & TIBBETS, 2009).

A área da nutrição tem se desenvolvido, principalmente, visando o

conhecimento e o atendimento das exigências nutricionais necessárias para o máximo desempenho das espécies de peixes que apresentam potencial aquícola (NRC, 2011), levando em conta o custo benefício dos ingredientes utilizados. Entretanto, devido às diferenças anatômicas e digestivas das espécies com potencial de criação, as exigências nutricionais variam, dificultando a sua determinação (KIRON, 2012).

O conhecimento das exigências nutricionais para uma determinada espécie de peixe é importante devido os nutrientes estarem correlacionados a diversas funções biológicas como a formação dos esqueletos, manutenção de sistemas coloidais, regulação do equilíbrio ácido-base e dos compostos biologicamente importantes, tais como hormônios e enzimas (WATANABE et al., 1997).

A deficiência de nutrientes pode ocasionar patologias bioquímicas funcionais e estruturais, dentre outros problemas, dependendo do grau de privação (WATANABE et al., 1997). Neste sentido, os peixes necessitam de dietas que atendam suas necessidades protéicas e energéticas, bem como os micronutrientes limitados no ambiente de cultivo.

A proteína é um importante componente na dieta dos peixes. De acordo com Boscolo (2005) cada espécie necessita de níveis adequados para o crescimento. O aumento nos teores dietéticos de proteína geralmente resulta em melhor taxa de ganho em peso, pois está diretamente relacionada com o aumento do metabolismo oxidativo e com a síntese de proteínas e o aumento dos efeitos hormonais (MELO et al., 2006).

A adição de ingredientes energéticos, como lipídeos e carboidratos, contribui na economia calórica do animal, pois estes são os principais componentes das células, sendo eles os responsáveis pela manutenção e o funcionamento da integridade da membrana plasmática (COWEY & SARGENT, 1977). Além disso, proporcionar níveis adequados de energia nas dietas é importante devido ao fato de sua deficiência no balanceamento resultar na utilização da proteína para obtenção de energia, em detrimento da proteína ser utilizada para a síntese protéica, elevando o custo da ração (SALHI et al., 2004), dentre outros problemas.

As dietas ricas em lipídeos tem a função de produzir energia nos tecidos dos animais através das fontes de ácidos graxos, além de, possuírem outras funções importantes como transportadores de nutrientes, como as vitaminas A, D e K, no entanto, a falta de lipídeo na dieta pode afetar a composição corporal, a produção de ovos (WATANABE et al., 1982), além de afetar no crescimento e diminuir a conversão

da taxa alimentar do peixe (TAKEUCHI & WATANABE, 1979). Nesse contexto, Dong et al. (2014) ao estudarem o ácido linoleico conjugado (CLA) em carpa capim (*Ctenopharyngodon idella*) concluíram que ao adicionar níveis de CLA maiores de 3% nas dietas melhor taxa de crescimento foi obtida, além de que a adição de 1,5%, 2 % e 2,5% de CLA melhoraram a deposição de lipídeos na carcaça.

Dentre os minerais essenciais, o fósforo está presente nos ácidos nucleicos e na membrana celular, sendo essencial no crescimento, desenvolvimento do esqueleto animal e atuando principalmente nas reações energéticas das células (CAO et al., 2007). No entanto, a maior parte do fósforo presente nos ingredientes de origem vegetal está armazenada na forma da molécula fitato (POULSEN et al., 2007). Sendo que, a adição da enzima fitase tem proporcionado melhor absorção do fósforo (GUGGENBUHL et al., 2007) e reduzido a excreção deste nutriente no meio ambiente (CAO et al., 2007).

A disponibilidade biológica do mineral a partir de uma dieta está relacionada com a eficiência com que o corpo utiliza o mineral dietético, dependendo do alimento utilizado e a composição da dieta. Contudo, a utilização desse mineral pode estar relacionada com diversos fatores que pode biodisponibilizar a forma do nutriente, devido ao tamanho de partícula ou digestibilidade da dieta, assim podendo ocorrer uma interação que consiste no sinergismo ou antagonismo, fisiológico e patológico do peixe (WATANABE et al., 1978).

As suplementações das vitaminas nas dietas balanceadas são necessárias para a formação dos tecidos conjuntivos, cicatrização e matriz óssea, além da síntese de corticosteróides assim facilitando a absorção de ferro. No entanto, quando as rações apresentam deficiências de vitaminas os principais sinais clínicos são a redução da taxa de crescimento, aumento da taxa de mortalidade, lordose e escoliose, má formação do colágeno, exoftalmia, hemorragias intramusculares e externas, edemas, anemia, perda de apetite e redução da resistência imunológica (MELLO et al., 1999).

Para se obter desempenho produtivo satisfatório dos animais é necessário a determinação dos níveis de nutrientes exigidos, assim, é de suma importância o conhecimento dos ingredientes utilizados nas formulações das rações, para que os animais aproveitem ao máximo a fração nutritiva.

### 1.3 Quirera de Arroz

O milho é a fonte energética mais utilizada nas rações de suínos, aves e peixes onívoros e herbívoros (AGUSTINI et al., 2015), devido ao alto nível de carboidrato (BERGOT & BREQUE, 1983). Sua composição química é rica em amido (62,66%) e possui energia bruta de 3.940 kcal kg<sup>-1</sup> (ROSTAGNO et al., 2011).

Apesar das características nutricionais do milho, constantemente vem sendo estudado possíveis substitutos para este ingrediente visto que compete com a alimentação humana além de apresentar um alto custo. Sendo assim, os coprodutos do processamento do arroz tem despertado interesse dos pesquisadores em virtude de sua atrativa composição bromatológica (LANSING & KREMER, 2011).

O arroz é um dos alimentos mais consumidos no mundo. No Brasil, segundo a CONAB (2015), na safra de 2014/2015 foram colhidas cerca de 327 milhões de toneladas. Com essa produção o Brasil é o 9º maior produtor de arroz do mundo, sendo o país que se destaca como um não asiático entre os 10 maiores produtores desse alimento (FAO, 2016).

A quirera de arroz é um coproduto do beneficiamento deste cereal, resultado da separação da fração íntegra, destinada a alimentação humana, dos grãos quebrados e mal formados (aproximadamente 14%). Esta separação é obtida através da peneiragem após a retirada da casca do grão (SALEH & MEULLENET, 2013).

A composição química e valor energético da quirera de arroz são semelhantes ao milho. A quirera de arroz apresenta uma concentração média de amido de 74,45%, proteína bruta de 8,50%, gordura de 1,14%, além de apresentar teores de 0,40% de arginina, 0,69% de leucina, 0,39% de fenilalanina, 0,45% de valina, 0,21% de metionina+cistina, 0,29% de lisina, 0,28% de treonina e 0,50% de fibra bruta (ROSTAGNO et al., 2011).

Segundo Conci e colaboradores (1995) a quirera de arroz pode substituir o milho em dietas para peixes caso o seu preço esteja igual ou inferior a 85% do valor comercial do milho.

Os autores Oliveira Filho & Fracalossi (2006) ao estudarem a suplementação de quirera de arroz para o jundiá verificaram que a digestibilidade da matéria seca e da energia bruta foi de 60,5 e 64,8%, respectivamente, valores estes superiores aos

encontrados para o milho, quando se refere à mesma espécie.

Conforme Kiefer & Quadros (2006) a substituição do milho em 100% pela quirera de arroz em dietas para suínos nas fases de crescimento e terminação, proporcionou melhores resultados econômicos. Estudos realizados por Nepomuceno e colaboradores (2011) com suínos na fase de creche alimentados com dietas com inclusão de quirera de arroz em diferentes níveis (0, 14, 28, 42, 56%), demonstraram que a inclusão deste ingrediente foi tecnicamente e economicamente viável até o nível máximo estudado.

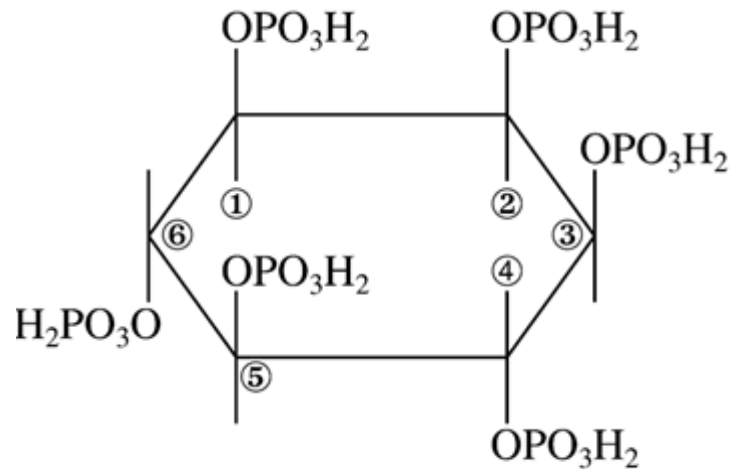
Estudos com a utilização de quirera de arroz para peixes ainda são escassos, sendo assim, pesquisas sobre o ingrediente em questão devem ser realizadas considerando a sua qualidade energética e proteica, além de não competir com a nutrição humana e possuir menor custo.

#### **1.4 Fitato e Fitase na Alimentação de Peixes**

Devido ao alto preço, a baixa disponibilidade e a busca pela sustentabilidade dos ingredientes utilizados nas rações de peixes, a indústria aquícola busca ingredientes alternativos aos comumente utilizados na fabricação das dietas (DENSTADLI et al., 2007). Portanto, pesquisas são desenvolvidas com diferentes ingredientes vegetais com potencial protéico e energético, e que possuem disponibilidade no mercado. Entretanto, as fontes vegetais de nutrientes são conhecidas por conterem uma ampla variedade de substâncias antinutricionais (FRANCIS et al., 2001).

Os fatores antinutricionais são substâncias que por si, ou através dos seus produtos metabólicos, interferem na digestão dos alimentos e afetam a saúde e, conseqüentemente a produção dos animais (MAKKAR, 1993).

Dentre os compostos antinutricionais encontra-se a molécula de fitato (Figura 1) também conhecida como: ácido fítico, hexafosfato de mio-inositol, IP6, InsP6 ou Ins (1,2,3,4,5,6) P6 (ALMEIDA et al., 2003).



**Figura 1-** Estrutura do mio-inositol

Fonte: KUMAR et al., (2012)

O ácido fítico é um antinutriente estável ao calor, constituído por seis moléculas de fosfato (DENSTADLI et al., 2006).

Segundo Kumar e colaboradores (2012) este composto é formado durante a maturação da semente e grãos dos vegetais, e se caracteriza por armazenar uma grande quantidade de fósforo e cátions, como ferro, zinco, cobre, manganês e cálcio (PAPATRYPHON et al., 1999). O complexo fitato-cátions nos não ruminantes é formado em pH intestinal próximo de 6,5 (alcalino), geralmente na ordem de cobre >zinco >cobalto >manganês >ferro >cálcio, tornando estes metais indisponíveis para absorção (OBERLEAS, 1973).

Sua função principal nos vegetais é a reserva de grupos fosfatos reativos, atuando como estoque energético e fonte de cátions (CHERYAN & RACKIS, 1980). Nas células animais, o ácido fítico não tem a função de armazenamento de grupos fosfatos reativos, no entanto, atua na sinalização transmembrana e na mobilização do cálcio intracelular para as reservas intracelulares (XU et al., 2005).

A proporção de fósforo ligado à molécula de fitato e ao fósforo total presente na quirera de arroz é de 90,2% e para o milho de 73% (KUMAR et al., 2012). Os não ruminantes não conseguem absorver o fósforo e os cátions complexados, devido esses animais não produzirem endogenamente a enzima fitase, responsável pela hidrólise da molécula de fitato (JACKSON et al., 1996; PAPATRYPHON et al., 1999).

A fitase quimicamente conhecida por mio-inositol (1,2,3,4,5,6)-hexafosfato fosfohidrolases, tem a função de catalisar e hidrolisar o fósforo e os cátions retidos na molécula de fitato e assim disponibilizá-los para serem absorvidos no trato gastrointestinal dos animais. A fitase é originária de microorganismos como o fungo (*Aspergillus niger*) e bactéria (*Escherichia coli*) (KUMAR et al., 2012).

Comercialmente esta enzima está disponível na forma de pó ou líquida, sendo que uma unidade de fitase (FTU) é definida como a quantidade de enzima que libera um micromol de fósforo inorgânico por minuto a partir de 0,0015 mol/L de fitato de sódio em pH 5,5 e 37°C (BARUAH et al., 2004).

Conforme Baruah e colaboradores (2004) a fitase libera os fosfatos dos anéis de inositol. A liberação do fósforo e de outros minerais depende do pH intestinal, pois a ativação da enzima acontece em pH entre 4 e 6. Estudos de Gonçalves e colaboradores (2005) avaliaram a adição de fitase (0, 1.000 e 2.000 FTU/Kg<sup>-1</sup>) nos alimentos energéticos e proteicos e observaram aumento na disponibilidade aparente de magnésio, cálcio, zinco, cobre, manganês e ferro para tilápia do Nilo.

Neste contexto, Rocha e colaboradores (2007) observaram que a inclusão de 1.500 FTU kg<sup>-1</sup> de dieta de origem vegetal para alevinos de jundiá aumentou o ganho em peso e a taxa de crescimento específico e reduziu linearmente o extrato etéreo na carcaça.

Em adição, outros estudos demonstraram a relação direta com o melhor desempenho produtivo, disponibilidade e retenção de minerais nos ossos, proteínas e ácidos graxos com a adição da enzima exógena fitase em dietas para animais (FURUYA et al., 2008; FORTES-SILVA et al., 2011; KAHINDI et al., 2015).

Frente ao exposto, a enzima fitase possibilita melhorar o aproveitamento dos minerais, aminoácidos e energia dos ingredientes, reduzindo o custo da ração e o uso de fontes inorgânicas com consequente melhora no desempenho do animal. Além disso, reduz o impacto ambiental, devido a baixa excreção desses nutrientes no meio evitando a eutrofização do ambiente (SHELTON et al., 2004).



## 1.5. Efeito da Dieta sobre Parâmetros Morfológicos dos Peixes

### 1.5.1 Fibra muscular

As fibras constituintes do músculo esquelético estão distribuídas em compartimentos e são divididas em vermelhas, brancas e intermediárias (rosa) (KOUMANS & AKSTER, 1995). Estas diferenciações quanto à coloração estão relacionadas ao grau de vascularização (SÄNGER & STOIBER, 2001).

A fibra muscular esquelética vermelha possui menor diâmetro entre 25 à 45 micrômetros ( $\mu\text{m}$ ), são caracterizadas pela alta densidade de mioglobinas, alta capilaridade, baixa atividade ATPase miofibrilar, presença de grande quantidade de mitocôndrias, alta atividade enzimática do ácido tricarboxílico e na cadeia transportadora de elétrons. Auxilia na realização de movimentos lentos e de sustentação, como durante a migração (JOHNSTON et al., 1977; JOHNSTON, 1999).

A fibra muscular esquelética branca representa a maior parte da massa corporal do peixe, sendo a principal fração comestível. Possui diâmetro entre 50 a 100  $\mu\text{m}$ . Sua função é a rápida movimentação para natação, como captura de alimentos e fugas de predadores. Suas fibras grandes apresentam alta atividade ATPase miofibrilar, poucas mitocôndrias e lipídeos e baixa densidade capilar (JOHNSTON et al., 1997).

A zona intermediária que separa as fibras vermelhas e brancas é chamada de fibra rosa. Esta possui uma a duas camadas de células que são formadas por fibras que apresentam rápida contração e alto metabolismo oxidativo/glicolítico (JOHNSTON, 1999).

O desenvolvimento e o crescimento do músculo são dependentes da atividade das células do miótomo (KOUMANS & AKSTER, 1995; ZIMMERMAN & LOWERY, 1999). As células do miótomo conhecidas por células laterais pré-somáticas ou mioblasto fast ao se fundirem formam os miotubos dando origem ao músculo (DEVOTO et al., 1996). Porém, o crescimento das fibras musculares em peixes é diferente dos mamíferos devido o músculo continuar crescendo durante a fase adulta, o que não ocorre nos mamíferos (JOHNSTON, 1999).

O crescimento das fibras musculares ocorre através de processos de hiperplasia e hipertrofia, podendo haver variação com a espécie e a fase de desenvolvimento. A

hiperplasia ocorre nas fases iniciais do desenvolvimento do animal, caracterizando-se pela separação dos miotubos originando novas fibras musculares (DAL PAI-SILVA et al., 2003). Este processo ocorre em duas fases. A primeira fase chamada de hiperplasia estratificada é responsável pelo aumento no número de fibras musculares lentas na fase larval. Na segunda fase, a hiperplasia em mosaico resulta na formação de miotubos na superfície dos músculos rápidos originando um mosaico de fibras com diferentes diâmetros (associação de fibras grandes e pequenas) (ALAMI-DURANTE et al., 1997; JOHNSTON, 2006).

A hipertrofia é a fusão das células do miótomo com as fibras musculares existentes o que ocasiona um aumento no diâmetro e na área das fibras. O crescimento hipertrófico persiste ao longo da vida juvenil até o estágio adulto dos peixes (ROWLERSON & VEGGETTI, 2001).

As diferentes fases do crescimento muscular em peixes são influenciadas por diferentes fatores externos, como a nutrição (KOUMANS & AKSTER, 1995). O fornecimento de nutrientes adequados aumenta a taxa anabólica e a massa muscular (HOULIHAN et al., 1995), com isso, estudos demonstraram que a suplementação de aminoácidos nas dietas e a presença de maior quantidade de aminoácidos livres no organismo melhoram o crescimento muscular. Fernandes e colaboradores (2009) avaliaram a suplementação de arginina em frangos de corte de 1 a 21 dias e observaram que a inclusão de arginina as dietas promoveu um maior diâmetro das fibras musculares e peso no peito de filé. Aguiar e colaboradores (2005) concluíram que a suplementação de diferentes níveis de lisina aumentou a taxa de hiperplasia em larvas de tilápia do Nilo. A utilização da enzima fitase nas dietas poderia hidrolisar a molécula de fitato liberando os aminoácidos a ela complexadas, aumentando a disponibilidade de aminoácidos para a síntese de proteínas aumentando a taxa anabólica e consequentemente promovendo maior crescimento muscular (SELLE & RAVINDRAN, 2008).

Portanto, estudos são necessários para avaliar o crescimento muscular dos peixes quando acrescido em suas dietas aditivos capazes de interferir na disponibilidade de aminoácidos utilizados na síntese proteica.

### 1.5.2 Pregas intestinais

O estudo do sistema digestório dos peixes possui certa flexibilidade fenotípica em resposta a alterações na dieta (LEENHOUWERS *et. al.*, 2008). O jundiá é uma espécie que apresenta um pequeno intestino e a ausência de cecos pilóricos, apresentando pouca capacidade de digestão de amido, utilização de proteína de origem animal, e de moléculas antinutricionais presentes nos ingredientes (RODRIGUES *et. al.*, 2012).

O intestino tem a função de completar o processo de digestão iniciado no estômago e absorver os nutrientes. Este órgão contém pregas intestinais que aumentam a superfície de absorção (WILSON & CASTRO, 2011), sendo assim, quanto maior for à altura da prega intestinal, maior será a capacidade de aproveitamento dos nutrientes (BUDDINGTON *et al.*, 1987).

A conservação da altura das pregas intestinais ocorre através da renovação e a perda celular. A renovação ocorre através da proliferação e diferenciação celular, envolvendo divisões mitóticas ocorridas pelas células totipotentes, localizadas na cripta e ao longo das pregas. A perda celular (extrusão) ocorre geralmente no ápice das pregas (PLUSKE *et al.*, 1997; UNI *et al.*, 1998). No entanto, quando ocorre um desequilíbrio nesse processo (*turnover* celular) pode haver alteração na altura das pregas intestinais comprometendo a absorção de nutrientes (KROGDAHL *et al.*, 2005).

A presença de fatores antinutricionais nos ingredientes vegetais, utilizados nas dietas dos animais, pode afetar no equilíbrio do *turnover* celular alterando a altura das pregas intestinais, dificultando o processo de digestão dos ingredientes e absorção de nutrientes (KROGDAHL *et al.*, 2005). Dentre os fatores antinutricionais, o ácido fítico é considerado o mais irritante para mucosa intestinal (COWIESON *et al.*, 2004). Sendo assim, a ingestão de ingredientes com altos níveis de fitato, como a quirera de arroz, pode interferir na altura das pregas intestinais. Além disso, o fitato pode causar inflamação e desencadear respostas imunológicas com aumento da produção de citocininas (MACKAY & BAIRD, 1999).

Neste contexto, pesquisas envolvendo a inclusão de ingredientes alternativos nas dietas devem ser acompanhadas pela mensuração das pregas intestinais para verificar possíveis alterações na área de absorção dos nutrientes, o que poderia comprometer o

crescimento e desenvolvimento dos peixes. Apesar da importância deste parâmetro, ainda são escassos estudos que correlacionem morfometria intestinal à nutrição de peixes.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo Geral**

Avaliar a inclusão de diferentes níveis de quirera de arroz em dietas para juvenis de jundiá, suplementadas ou não com fitase.

### **2.2 Objetivos Específicos**

Determinar o desempenho;

Avaliar a composição centesimal da carcaça;

Avaliar o crescimento muscular;

Efeito das dietas experimentais sobre a morfometria intestinal.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUIAR, D.H. *et al.* Growth characteristics of skeletal muscle tissue in *Oreochromis niloticus* larvae fed on a lysine supplemented diet. **Journal of Fish Biology**, v. 67, n. 5, p. 1287–1298, 2005.
- AGUSTINI, M.A.B. *et al.* Coeficiente de digestibilidade e valores de aminoácidos digestíveis verdadeiros de diferentes cultivares de milho para aves. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 36, n. 2, p. 1091-1098, 2015.
- ALAMI - DURANTE, H. *et al.* Growth and multiplication of white skeletal muscle fibres in carp larvae in relation to somatic growth rate. **Journal of Fish Biology**, v. 50, n. 6, p. 1285-1302, 1997.
- ALMEIDA, M.V. DE. *et al.* A cascata dos fosfoinositídeos. **Química Nova**, v. 26, n. 1, p. 105-111, 2003.
- BARUAH, K. *et al.* Dietary phytase: an ideal approach for a cost effective and low-polluting aquafeed. NAGA, **WorldFish Center Quarterly**, v. 27, n. 3-4, p. 15-19, 2004.
- BELAL, I. E. H. A review of some fish nutrition methodologies. **Bioresource technology**, v. 96, n. 4, p. 395-402, 2005.
- BERGOT, F.; BREQUE, J. Digestibility of starch by rainbow trout: effects of the physical state of starch and of the intake level. **Aquaculture**, v. 34, n. 3-4, p. 203-212, 1983.
- BORGES, P. G. *et al.* Crescimento e sobrevivência de larvas do jundiá, *Rhamdia quelen*, alimentadas com alimento vivo enriquecido e dieta artificial. **Revista Brasileira de Ciência Veterinária**, v. 20, n. 4, p. 216-221, out./dez. 2014.
- BOSCOLO, W. R. *et al.* Farinha de resíduos da filetagem de tilápias na alimentação de tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*) na fase de reversão sexual. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, n. 6, p. 1807-1812, 2005.
- BOSCOLO, W.R.; HAYASHI, C.; MEURER, F. Digestibilidade aparente da energia e nutrientes de alimentos convencionais e alternativos para a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*, L.). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n. 2, p. 539-545, 2002.
- BRASIL. CONAB. **Companhia Nacional de Abastecimento**. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1253&> . Acesso em 20 de mar. de 2016.
- BRUFAU, J.; FRANCESCH, M.; PÉREZ-VENDRELL, A.M. The use of enzymes to improve cereal diets for animal feeding. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 86, n. 11, p. 1705-1713, 2006.

BUDDINGTON, R.K.; CHEN, J.W.; DIAMOND, J. Genetic and phenotypic adaptation of intestinal nutrient transport to diet in fish. **Journal Physiology**, v. 393, n. 1, p. 261-281, 1987.

CAO, L. *et al.* Application of microbial phytase in fish feed. **Enzyme and Microbial Technology**, v. 40, n. 4, p. 497-507, 2007.

CHERYAN, M.; RACKIS, J.J. Phytic acid interactions in food systems. **Critical Reviews in Food Science & Nutrition**, v. 13, n. 4, p. 297-335, 1980.

CONCI, V.A. *et al.* Avaliação de subprodutos do arroz na alimentação de suínos. III. O farelo de arroz nas fases de recria e terminação. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, v.1, n. I, p.69-77, 1995.

COWEY, C.B.; SARGENT, J.R. Lipid nutrition in fish. **Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Comparative Biochemistry**, v. 57, n. 4, p. 269-273, 1977.

COWIESON, A.J., ACAMOVIC, T., BEDFORD, M.R.. The effects of phytase and phytic acid on the loss of endogenous amino acids and minerals from broiler chickens. **British Poultry Science**, v. 45, n.1, p. 101-108,2004.

CYRINO, J.E.P. *et al.* A piscicultura e o ambiente: o uso de alimentos ambientalmente corretos em piscicultura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, n. suppl spe, p. 68-87, 2010.

DAL PAI-SILVA, M. *et al.* Morphological and histochemical study of the myotomal muscle in pacu (*Piaractus mesopotamicus* Holmberg, 1887) during the initial growth phases. **Archive of Fishery and Marine Research**, v. 50, n. 2, p. 149-160, 2003.

DENSTADLI, V. *et al.* A comparison of online phytase pre-treatment of vegetable feed ingredients and phytase coating in diets for Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) reared in cold water. **Aquaculture**, v. 269, n. 1, p. 414-426, 2007.

DENSTADLI, V. *et al.* Feed intake, growth, feed conversion, digestibility, enzyme activities and intestinal structure in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) fed graded levels of phytic acid. **Aquaculture**, v. 256, n. 1, p. 365-376, 2006.

DEVOTO, S.H. *et al.* Identification of separate slow and fast muscle precursor cells in vivo, prior to somite formation. **Development**, v. 122, n. 11, p. 3371-3380, 1996.

DONG, G.F. *et al.* Conjugated linoleic acid differentially modulates growth, tissue lipid deposition, and gene expression involved in the lipid metabolism of grass carp. **Aquaculture**, v. 432, p. 181-191, 2014.

FERNANDES, J.I.M. *et al.* Effect of arginine on the development of the pectoralis muscle and the diameter and the protein: deoxyribonucleic acid rate of its skeletal myofibers in broilers. **Poultry Science**, v. 88, n. 7, p. 1399-1406, 2009.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Rice Market Monitor: Production International Trade Rice Utilization and Domestic Prices.** Disponível em: <http://www.fao.org/3/a-i4147e.pdf>. Acesso em 12 de Março de 2016.

FORTES-SILVA, R.; SÁNCHEZ-VÁZQUEZ, F.J.; MARTÍNEZ, F.J. Effects of pretreating a plant-based diet with phytase on diet selection and nutrient utilization in European sea bass. **Aquaculture**, v. 319, n. 3, p. 417-422, 2011.

FORTES-SILVA, R.; SÁNCHEZ-VÁZQUEZ, F.J.; MARTÍNEZ, F.J. Effects of pretreating a plant-based diet with phytase on diet selection and nutrient utilization in European sea bass. **Aquaculture**, v. 319, n. 3, p. 417-422, 2011.

FRACALOSSO, D.M.; ZANIBONI FILHO, E.; MEURER, S. No rastro das espécies nativas. **Panorama da Aqüicultura**, v. 12, n. 74, p. 43-49, 2002.

FRANCIS, G.; HARINDER, P.S.M.; KLAUS, B. Antinutritional factors present in plant-derived alternate fish feed ingredients and their effects in fish. **Aquaculture** v.199, p. 197–227, 2001.

FURUYA, W.M. *et al.* Coeficientes de digestibilidade aparente da energia e nutrientes de alguns ingredientes pela tilápia-do-nilo, *Oreochromis niloticus* (L.)(linhagem tailandesa). **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, v. 23, n. 2, p. 465-469, 2008.

GOMES, L.C. *et al.* Biology of *Rhamdia quelen* (Teleostei, Pemelodidae). **Ciência Rural**, v. 30, n. 1, p. 179-185, 2000.

GONÇALVES, G.S. *et al.* 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.

GREPPI, A. *et al.* Phytase-producing capacity of yeasts isolated from traditional African fermented food products and PHYPk gene expression of *Pichia kudriavzevii* strains. **International journal of food microbiology**, v. 205, p. 81-89, 2015.

GUGGENBUHL, P.; QUINTANA, A.P.; NUNES, C.S. Comparative effects of three phytases on phosphorus and calcium digestibility in the growing pig. **Livestock Science**, v. 109, n. 1, p. 258-260, 2007.

HOULIHAN, D.F. *et al.* Protein synthesis, growth and energetics in larval herring (*Clupea harengus*) at different feeding regimes. **Fish Physiology and Biochemistry**, v. 14, n. 3, p. 195-208, 1995.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. 2014. **Produção da Pecuária Mundial em 2014.** Disponível em: [http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/84/ppm\\_2014\\_v42\\_br.pdf](http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/84/ppm_2014_v42_br.pdf). Acesso em: 10 mar. 2016.

JACKSON, L.; LI, M.H.; ROBINSON, E.H. Use of microbial phytase in channel



catfish *Ictalurus punctatus* diets to improve utilization of phytate phosphorus<sup>1</sup>. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 27, n. 3, p. 309-313, 1996.

JOHNSTON, I.A.; DAVISON, W.; GOLDSPIK, G. Energy metabolism of carp swimming muscles. **Journal of Comparative Physiology**, v. 114, n. 2, p. 203-216, 1977.

JOHNSTON, I.A. Muscle development and growth: potential implications for flesh quality in fish. **Aquaculture**, v. 177, n. 1, p. 99-115, 1999.

JOHNSTON, I.A. Environment and plasticity of myogenesis in teleost fish. **Journal of Experimental Biology**, v. 209, n. 12, p. 2249-2264, 2006.

KAHINDI, R.K.; THACKER, P.A.; NYACHOTI, C.M. Nutrient digestibility in diets containing low-phytate barley, low-phytate field pea and normal-phytate field pea, and the effects of microbial phytase on energy and nutrient digestibility in the low and normal-phytate field pea fed to pigs. **Animal Feed Science and Technology**, v. 203, p. 79-87, 2015.

KIEFER, C.; QUADROS, A.R.B. Avaliação técnico-econômica da substituição do milho pela quirera de arroz em dietas de suínos. **Revista Ceres**, v. 53, n. 305, p. 31-37, 2006.

KIRON, V. Fish immune system and its nutritional modulation for preventive health care. **Animal Feed Science and Technology**, v. 173, n. 1, p. 111-133, 2012.

KOUMANS, J.T.M.; AKSTER, H.A. Myogenic cells in development and growth of fish. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Physiology*, v. 110, n. 1, p. 3-20, 1995.

KROGDAHL, Å.; HEMRE, G.I.; MOMMSEN, T.P. Carbohydrates in fish nutrition: digestion and absorption in postlarval stages. **Aquaculture nutrition**, v. 11, n. 2, p. 103-122, 2005.

KUBITZA, F. Aquicultura no Brasil: Principais espécies, áreas de cultivo, rações, fatores limitantes e desafios. **Panorama da Aquicultura**, v. 25, n. 150, p.10-23, 2015.

KUMAR, V. *et al.* Phytate and phytase in fish nutrition. **Journal of animal physiology and animal nutrition**, v. 96, n. 3, p. 335-364, 2012.

LALL, S.P.; TIBBETTS, S.M. Nutrition, feeding, and behavior of fish. **Veterinary Clinics of North America: Exotic Animal Practice**, v. 12, n. 2, p. 361-372, 2009.

LANSING, J. S.; KREMER, J.N. Rice, fish, and the planet. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 108, n. 50, p. 19841-19842, 2011.

LEENHOUWERS, J.I. *et al.* Fermentability of carbohydrates in an in vitro batch culture method using inocula from Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) and European sea bass

(*Dicentrarchus labrax*). **Aquaculture Nutrition**, v. 14, n. 6, p. 523-532, 2008.

LEWANDOWSKI, V. *et al.* Digestibility of vegetal energetic ingredients supplemented with phytase for silver catfish (*Rhamdia voulezi*). **Aquaculture**, 2016

MACKAY, D.M., BAIRD, A.W. Cytokine regulation of epithelial permeability. and ion transport. **Gut**, 44, 283-289. 1999.

MAKKAR, H.P.S. Antinutritional factors in foods for livestock. BSAP occasional publication: **An occasional publication of the British Society of Animal Production**, v. 1, n. 16, p. 1 – 19, 1993.

MELLO, Ricardo Frankein de *et al.* Suplementação da dieta de alevinos de piauçu (*Leporinus obtusidens*) com vitamina C. **Scientia Agrícola**, v. 56, n. 4, p. 1223-1231, 1999.

MELO, J.F.B. *et al.* Effects of dietary levels of protein on nitrogenous metabolism of *Rhamdia quelen* (Teleostei: Pimelodidae). **Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology**, v. 145, n. 2, p. 181-187, 2006.

MEURER, S.; ZANIBONI FILHO, E. Hábito alimentar do jundiá *Rhamdia quelen* (Pisces, Siluriforme, Pimelodidae), na região do alto rio Uruguai. In: **ENCONTRO BRASILEIRO DE ICTOLOGIA**, 12, 1997, Resumos... São Paulo. 1997.

MEYER, G.; FRACALOSSO, M. Protein requirement of jundia fingerlings, *Rhamdia quelen*, at two dietary energy concentrations. **Aquaculture**, v. 240, n. 1, p. 331-343, 2004.

NEPOMUCENO, R.C. *et al.* Inclusão da quirera de arroz em rações de suínos na fase de creche. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 12, n. 3, 2011.

NRC (National Research Council), **Committee on Nutrient Requirements of Fish and Shrimp, Nutrient Requirements of Fish and Shrimp**: National Academic Press, p. 376, 2011.

OBERLEAS, D. Phytates, Toxicants Occurring Naturally in Foods. **National Academy of Sciences**, 1973.

OLIVEIRA FILHO, P.R.C.; FRACALOSSO, D.M. Coeficientes de digestibilidade aparente de ingredientes para juvenis de jundiá. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, p. 1581-1587, 2006.

PAPATRYPHON, E. *et al.* Growth and mineral absorption by striped bass *Morone saxatilis* fed a plant feedstuff based diet supplemented with phytase. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 30, n. 2, p. 161-173, 1999.

PEDRON, F.A. *et al.* Crescimento de juvenis de jundiá (*Rhamdia quelen*) com diferentes proporções de amilose: amilopectina na dieta. **Arquivo brasileiro de**

**medicina veterinária e zootecnia**, v. 63, n. 5, p. 1200-1207, 2011.

PLUSKE, J.R.; HAMPSON, D.J.; WILLIAMS, I.H. Factors influencing the structure and function of the small intestine in the weaned pig: a review. **Livestock production science**, v. 51, n. 1, p. 215-236, 1997.

POULSEN, H.D.; BLAABJERG, K.; FEUERSTEIN, D. Comparison of different levels and sources of microbial phytases. **Livestock Science**, v. 109, n. 1, p. 255-257, 2007.

ROCHA, C.B.; 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**, v. 37, n. 6, p. 1772-1778, 2007.

RODRIGUES, A.P.O. *et al.* Different utilization of plant sources by the omnivores jundiá catfish (*Rhamdia quelen*) and Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Aquaculture Nutrition**, v. 18, n. 1, p. 65-72, 2012.

ROSTAGNO, H.S. *et al.* **Composição de alimentos e exigências nutricionais**. Tabelas brasileiras para aves e suínos, v. 2, 2011.

ROWLERSON A.; VEGGETTI A. Cellular mechanisms of post-embryonic muscle growth in aquaculture species. **Fish Physiology**, v. 18, p. 103-140, 2001.

SALEH, M.; MEULLENET, J-F. Broken rice kernels and the kinetics of rice hydration and texture during cooking. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 93, n. 7, p. 1673-1679, 2013.

SELLE, P.H.; RAVINDRAN, V. Phytate-degrading enzymes in pig nutrition. **Livestock Science** v. 113, p. 99–122, 2008.

SALHI, M. *et al.* Growth, feed utilization and body composition of black catfish, *Rhamdia quelen*, fry fed diets containing different protein and energy levels. **Aquaculture**, v. 231, n. 1, p. 435 - 444, 2004.

SÄNGER, A.M.; STOIBER, W. Muscle fiber diversity and plasticity. **Fish physiology**, v. 18, p. 187-250, 2001.

SHELTON, J. *et al.* A. Evaluation of the nutrient matrix values for phytase in broilers. **Journal Applied of Poultry Research**, v. 13, n. 3, p. 213-221, 2004.

SILFVERGRIP, A.M.C. A systematic revision of the Neotropical catfish genus *Rhamdia* (Teleostei, Pimelodidae). Department of Zoology. University of Stockholm, 1996.

SINDIRAÇÕES. **Boletim informativo do setor**: Alimentação animal. Disponível em: <http://sindiracoes.org.br/produtos-e-servicos/boletim-informativo-do-setor/>. Acesso em: 26/04/2016.

TAKEUCHI T.; WATANABE T. Effect of excess amounts of essential fatty acids on growth of rainbow trout. **Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries**, v. 45, n. 12, p. 1517-1519, 1979.

TYSCA, D. *et al.* Concentrados proteicos vegetais na alimentação de Jundiás (*Rhamdia quelen*). **Ciência Rural**, v. 43, n. 7, p. 1251-1257, 2013.

ULIANA, O.; SILVA, J.H.S.; RADÜNZ, J. NETO. Substituição parcial ou total de óleo de canola por lecitina de soja em rações para larvas de jundiá (*Rhamdia quelen*), Pisces, Pimelodidae. **Ciência Rural**, v.31, n.4, p.677-681, 2001.

UNI, Z.; GANOT, S.; SKLAN, D. Posthatch development of mucosal function in the broiler small intestine. **Poultry Science**, v. 77, n. 1, p. 75-82, 1998.

WATANABE T.; TAKEUCHI T.; OGINO, C. Studies on the sparing effect of lipids on dietary protein in rainbow trout (*Salmo gairdneri*). Proc. World Symposium. on Finfish nutrition and Fishfeed technology, p. 113-125, 1978.

WATANABE, T. Lipid nutrition in fish. Comparative Biochemistry and Physiology Part B: **Comparative Biochemistry**, v. 73, n. 1, p. 3-15, 1982.

WATANABE, T.; KIRON, V.; SATOH, S. Trace minerals in fish nutrition. **Aquaculture**, v. 151, n. 1, p. 185-207, 1997.

WILSON, J. M.; CASTRO, L. F. C. 1-Morphological diversity of the gastrointestinal tract in fishes. **Fish physiology**, v. 30, p. 1-55, 2010.

XU, Y.; LIU, X.; PRESTWICH, G.D. Synthesis of phosphatase – resistant analogues of phytic acid (InsP6). **Tetrahedron Lett.** 46, 8311-8314, 2005.

ZIMMERMAN, A. M.; LOWERY, M.S. Hyperplastic development and hypertrophic growth of muscle fibers in the white seabass (*Atractoscion nobilis*). **Journal of Experimental Zoology**, v. 284, n. 3, p. 299-308, 1999.

## **CAPÍTULO 1. Quirera de arroz em rações para juvenis de jundiá (*Rhamdia quelen*), com e sem suplementação de fitase**

Capítulo redigido segundo as normas da Revista Brasileira de Zootecnia

### **QUIRERA DE ARROZ EM RAÇÕES PARA JUVENIS DE JUNDIÁ (*Rhamdia quelen*), COM E SEM SUPLEMENTAÇÃO DE FITASE**

Victor Vicentin Bentes<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal da Grande Dourados, Faculdade Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Dourados, MS, Brasil

#### **RESUMO**

O objetivo deste trabalho foi avaliar diferentes níveis de quirera de arroz em substituição ao milho em dietas para juvenis de jundiá (*Rhamdia quelen*), com ou sem suplementação de fitase. Foram utilizados 360 juvenis, distribuídos em um delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 2 x 5 (com e sem suplementação da enzima fitase e cinco diferentes níveis de substituição do milho por quirera de arroz (0; 25; 50; 75 e 100%) com três repetições, sendo a unidade experimental composta por hapa com 12 peixes. Ao final do período experimental (50 dias) foram analisados os dados de desempenho produtivo (ganho em peso, conversão alimentar aparente, sobrevivência, comprimento específico, fator de condição e taxa de crescimento específico), composição corporal (umidade, cinza, lipídeo e proteína), crescimento muscular e morfometria das pregas intestinais. Não houve interação ( $p>0,05$ ) entre o nível de substituição do milho por quirera de arroz e a suplementação ou não de fitase para as variáveis de desempenho, composição corporal, frequência de distribuição das fibras musculares e altura das pregas intestinais. No entanto, independentemente da suplementação ou não de fitase houve redução linear ( $p<0,05$ ) da altura das pregas intestinais conforme aumento dos níveis de substituição do milho por quirera de arroz. Conclui-se que a quirera de arroz pode substituir em 100% o milho em dietas para jundiá sem alterar o desempenho dos animais. A inclusão da enzima fitase às dietas não foi capaz de melhorar o desempenho dos animais.

**Palavra-chave:** Enzima exógena, Fitato, Nutrição.

#### **ABSTRACT**

The objective of this study was to evaluate different levels of broken rice in substitution of corn diets for juvenile silver catfish (*Rhamdia quelen*) with or without phytase supplementation. There were 360 silver catfish juveniles distributed in a completely randomized factorial design (2x5) (with or without phytase supplementation and with different levels of broken rice replacing corn (0, 25, 50, 75 and 100%) with three repetitions. Each experimental unit is composed by 12 fishes. At the end of the experiment (50 days), productive performance (weight gain, feed conversion, survival, specific length, condition factor and specific growth rate body compositions (moisture, ash, lipid and protein), morphometry of intestinal folds and muscle growth were analyzed. There were no significant difference ( $p>0,05$ ) between the levels of broken rice replaced by corn with or without supplementation for productive performance, body

composition variables, distribution frequency of fiber muscle and height of intestinal folds. However, regardless phytase supplementation or not, a linear reduction ( $p < 0,05$ ) of the intestinal folds was observed as the increase of the levels of corn substituted by broken rice. It is concluded that, the broken rice can replace up to 100% of corn in diets for *R. quelen*.

**Key-words:** Exogenous enzyme, Phytase, Nutrition.

### **Introdução**

Dentre as espécies nativas cultivadas, o jundiá (*R. quelen*) possui grande potencial de comercialização no Brasil, pois além de se adaptar as criações em sistemas intensivos e super intensivos, possui alto rendimento de filé e boa aceitação do mercado consumidor por não possuir espinhas intramusculares (Rodrigues et al., 2012). Dessa forma visando viabilizar a sua produção, estudos vêm sendo desenvolvidos na área da nutrição, parcela responsável pelo maior custo no segmento.

O milho é o ingrediente energético mais utilizado na alimentação de não ruminantes (Agustini et al., 2015), no entanto, devido o custo elevado e a disponibilidade do produto a busca por ingredientes alternativos tem se tornado tendência mundial. Dentre os possíveis ingredientes passíveis de serem incluídos nas dietas animais têm sido estudado os coprodutos do processamento de grãos (Kiefer & Quadros, 2006; Liu et al., 2014).

A quirera de arroz, grãos quebrados e separados durante o beneficiamento do arroz branco (Saleh & Meullenet, 2013), pode ser uma alternativa para substituir parcialmente ou totalmente o milho, considerando sua composição nutricional. A quirera de arroz é um ingrediente com nível energético semelhante ao milho e com teores semelhantes de gordura, aminoácidos e minerais (Rostagno et al., 2011).

No entanto, os ingrediente vegetais possui alto nível de fitato (60 a 80%) (O'dell et al., 1972; CAO et al, 2007). O fitato é um fator antinutricional que se constitui na principal forma de armazenamento de fósforo do grão, tendo complexado em sua molécula cátions como ferro, zinco, cálcio e magnésio (Poulsen et al., 2007; Selle & Ravindran, 2008; Greppi et al., 2015).

O complexo de fitato é pouco digestível pelos não ruminantes, devido à falta da enzima fitase intestinal para hidrólise durante a digestão. Em adição, em condições de baixo pH, o ácido fítico forma ligações químicas com arginina, lisina e resíduos de histidina prejudicando a solubilidade do complexo, além de indisponibilizar minerais

como cálcio, zinco, magnésio e ferro e vitaminas. Desta forma, os nutrientes complexados são perdidos nas fezes dos animais (Jackson et al., 1996; Ravindran et al., 1999; Cao et al., 2007; Guggenbuhl et al., 2007; Kumar et al., 2012; Dadalt et al., 2015). No âmbito aquícola, o acúmulo de fósforo e cátions pode ocasionar a proliferação de algas, diminuindo a qualidade da água e alterando as características sensoriais da carne do peixe (Baruah et al., 2004; Furuya et al., 2008).

A suplementação das dietas com a enzima fitase é alternativa para diminuir a deposição no ambiente de fósforo, proteínas, vitaminas, cálcio, zinco, magnésio e ferro por aumentar a biodisponibilidade destes nutrientes (Brufau et al., 2006; Kumar et al., 2012; Yang et al., 2015).

Nesse contexto, este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito de diferentes níveis de substituição do milho por quirera de arroz em dietas de juvenis de jundiá, suplementadas ou não com fitase sobre o desempenho, composição centesimal da carcaça, crescimento muscular e morfometria intestinal.

## **Material e Métodos**

O experimento foi conduzido no Instituto de Pesquisa em Aquicultura Ambiental- InPAA, da Universidade Estadual do Oeste do Paraná- UNIOESTE, *campus* de Toledo-PR, durante 50 dias.

Foram utilizados 360 juvenis de jundiá com peso e comprimento inicial médio de  $48,36 \text{ g} \pm 0,75$  e  $17,60 \text{ cm} \pm 1,29$ , respectivamente, distribuídos em um delineamento experimental inteiramente casualizado em esquema fatorial  $2 \times 5$  (com e sem suplementação da enzima fitase e cinco diferentes níveis de substituição do milho por quirera de arroz - 0; 25; 50; 75 e 100%) com três repetições, sendo a unidade experimental composta por hapa contendo 12 peixes. As hapas possuíam  $0,15 \text{ m}^3$  de volume útil e malha plástica de  $1 \times 4 \text{ mm}$ , dispostas em um tanque de concreto.

As dietas experimentais foram formuladas de acordo com as exigências nutricionais do jundiá (MEYER & FRACALOSSO, 2004) (Tabela 1). A enzima fitase em pó foi adicionada às rações no nível de  $1.500 \text{ FTU kg}^{-1}$  (Rocha et al., 2007), diluída em uma fração da mistura e posteriormente homogeneizada com a dieta. Todos os ingredientes foram misturados e homogeneizados, seguido da adição de água (22%). As

dietas foram extrusadas com matriz três mm, formando os péletes, que foram levados para desidratar em estufa com ventilação forçada a 55 °C por um período de 24 horas. As dietas foram embaladas e armazenadas até a utilização.

Os peixes foram aclimatados as condições experimentais durante sete dias, sendo alimentados, durante este período, com ração comercial. Após a aclimação, iniciou-se o fornecimento das dietas teste, quatro vezes ao dia (8, 11, 14 e 18 horas) até a saciedade aparente.

Os valores médios de temperatura, pH, oxigênio dissolvido e condutividade elétrica da água do tanque durante o período experimental foram de  $23,30 \pm 0,06$  °C;  $7,88 \pm 0,5$ ;  $5,23 \pm 0,50$  mg L<sup>-1</sup> e  $13,68 \pm 0,12$  µS cm<sup>0</sup>, respectivamente. Os dados de qualidade da água foram monitorados com aparelho YSI Professional Plus Multiparameter Water Quality Meter, os quais permaneceram dentro dos valores recomendados para o jundiá (Garcia et al., 2011; Piedras et al., 2004).

Ao final do período experimental os peixes foram mantidos em jejum por 24 horas para o esvaziamento do trato gastrointestinal. Para a coleta das amostras, nove peixes por tratamento foram selecionados aleatoriamente e anestesiados com Benzocaína 50 mg L<sup>-1</sup> (Urbinata et al., 2004) para realização das medidas individuais de peso (g). Os dados de desempenho produtivo avaliados foram o ganho em peso (peso corporal final – peso corporal inicial), conversão alimentar aparente (dieta consumida/ganho em peso), sobrevivência (100 (número de peixes final/número de peixes inicial), comprimento específico (100 (comprimento final – comprimento inicial/período de alimentação), fator de condição (peso final x 100/comprimento total) e taxa de crescimento específico (100 (peso final – peso inicial/ período de alimentação (dias)) (Lazzari et al., 2007).

Para determinação da composição centesimal corporal, utilizaram três peixes por tratamento, sendo que primeiramente as carcaças foram evisceradas, moídas e submetidas a um processo de pré-secagem por 72 horas. As análises de matéria seca, cinza, extrato etéreo e proteína foram realizadas de acordo com o protocolo descrito por Silva & Queiroz (2002).

Para a análise do crescimento muscular foram coletadas amostras do músculo branco dorsal direito acima da linha lateral de três peixes por tratamento. As amostras foram fixadas em Bouin por 24 horas e transferidas para o álcool 70%. Em seguida, as



amostras foram desidratadas em séries crescentes de álcool, diafanizadas em xilol e posteriormente incluídas em parafina, para obtenção de cortes histológicos semisseriados de cinco  $\mu\text{m}$ . Os cortes histológicos foram corados pelo método hematoxilina-eosina (Benedito-Pales et al., 2008). Utilizando um sistema de análise de imagens (Moticam 2300 - 3.0 MP Live Resolution), foi dimensionado o menor diâmetro de 200 fibras brancas por indivíduo. Para avaliar o padrão de crescimento (hiperplásico e hipertrófico) da musculatura, após o dimensionamento as fibras musculares foram distribuídas em classes relacionadas ao seu diâmetro ( $<20 \mu\text{m}$ ; entre 20 e  $50 \mu\text{m}$ ;  $>50 \mu\text{m}$ ) (ALMEIDA et al., 2008).

Para a análise da morfometria das pregas intestinais foram retiradas amostras da secção média do intestino de três peixes por tratamento na região entre proximal e distal, com tamanho de um cm, aproximadamente. As amostras foram fixadas em Bouin por 24 horas sendo, em seguida, transferidas para álcool 70%. Posteriormente, as amostras foram desidratadas e diafanizadas segundo protocolo de Baeverford & Krogdahl (1996) e incluídas em parafina. Após a microtomia semisseriada (cortes de cinco  $\mu\text{m}$ ), os cortes foram corados pela técnica de hematoxilina - eosina. As análises morfométricas (50 leituras/amostra) foram realizadas utilizando o sistema de imagens Motica 2300 – 3.0 MP Live Resolution. As alturas das pregas intestinais foram tomadas a partir da extremidade superior até o início da camada muscular.

Os efeitos dos níveis de substituição do milho por quirera de arroz, da suplementação ou não de fitase e da interação entre ambos foram verificados pela análise de variância. A comparação entre médias da suplementação ou não de fitase às dietas foi realizada pelo teste F. O efeito dos níveis de substituição sobre as características avaliadas foi verificado por meio de regressão polinomial. O nível de significância  $< 0,05$  foi adotado em todas as análises, que foram realizadas utilizando o Sistema de Análise Estatística e Genética – SAEG (1999) (versão 8.0).

## **Resultados e discussão**

Não houve interação ( $p>0,05$ ) entre o nível de substituição do milho por quirera de arroz e a suplementação ou não de fitase para as variáveis de desempenho produtivo, composição corporal, frequência de distribuição das fibras musculares e altura das

pregas intestinais (Tabela 2; Tabela 3; Tabela 4; Tabela 5). No entanto, independentemente da suplementação ou não de fitase houve redução linear ( $p < 0,05$ ) da altura das pregas intestinais conforme aumento dos níveis de substituição do milho por quirera de arroz (Tabela 5).

A substituição parcial ou total do milho por quirera de arroz não interferiu no desempenho produtivo do jundiá. A quirera de arroz apresenta um perfil aminoacídico semelhante ao milho, possuindo diferentes frações protéicas como albumina, globulina, prolamina e glutelina (70-80% da proteína total) (Carvalho et al., 2011). Em adição, este ingrediente apresenta teor de amido (74,45%) semelhante ao do milho (62,66%) (Rostagno et al., 2011). A não interferência da adição de fitase sobre o desempenho corrobora com alguns trabalhos como Rocha et al. (2007) que ao avaliarem a inclusão de diferentes níveis de fitase em dietas para alevinos de jundiá também não observaram melhorias sobre as variáveis de desempenho. Em adição, Ai et al. (2007) ao estudarem a adição de 200 mg de fitase as dietas de seabass japonês (*Lateolabrax japonicus*) também não observaram interferência da enzima sobre os aspectos produtivos.

Apesar da fitase ser capaz de liberar o fósforo contido na molécula de ácido fítico, fator antinutricional presente na quirera de arroz, a maior disponibilidade deste mineral não foi capaz de interferir no teor de lipídeo corporal. De fato, tem se demonstrado que menores concentrações de fósforo circulante favorecem a retenção de lipídeos (Furuya et al., 2008). A maior disponibilidade de fósforo poderia favorecer o processo da  $\beta$ -oxidação dos ácidos graxos, e com isso, o animal utilizaria os lipídeos como fonte de energia, reduzindo sua deposição na carcaça (Roy & Lall, 2003). Furuya et al. (2008) e Krosvavi et al. (2015) também não encontraram efeito sobre o teor lipídico na carcaça trabalhando com fitase para juvenis de pacu (*Piaractus mesopotamicus*) e em peixe-papagaio (*Oplegnathus fasciatus*), respectivamente. No entanto, Rocha et al. (2007) trabalhando com dietas a base de milho e levedura de cana e diferentes níveis de fitase (0, 500, 1000, 1500 FTU Kg<sup>-1</sup>) para alevinos de jundiá observaram menor deposição de lipídeos na carcaça com o aumento dos níveis de fitase.

Além dos lipídeos, a digestão e a absorção proteica podem ser prejudicadas em função da formação de complexos entre proteína e as moléculas de ácido fítico (Kumar et al., 2012). A atividade da fitase parece ter sido insuficiente para a liberação do complexo fitato-proteína presente na quirera de arroz não influenciando nos valores

obtidos de composição corporal (Selle & Ravindran, 2008). A formação do complexo fitato-proteína no trato gastrointestinal ocorre em função da afinidade isoeletrica da molécula em diferentes pHs (Cowieson et al., 2011). As proteínas de origem vegetal, como a da quirera de arroz e do milho, quando presente no trato digestivo em pH baixo possuem carga positiva, permitindo desta forma, que o fitato se ligue a este nutriente, tornando-o insolúvel (Greiner & Konietzny, 2006).

A suplementação de fitase não influenciou no teor de cinza da carcaça. Segundo Kumar et al., (2012) a atividade de fitase no organismo animal é dependente do pH ideal no trato gastrointestinal proporcionando a hidrólise da molécula de ácido fítico. O fitato possui alta afinidade com íons magnésio, ferro, cobre, fósforo dentre outros (Fredlund et al., 1997). Resultados conflitantes a respeito da influência da enzima sobre o teor de cinza na carcaça são apresentados na literatura. Denstadli et al. (2006) utilizando dietas para Salmão do Atlântico suplementadas com fitase (0; 1,0; 2,1; 4,7; 10;0 e 20,7 g de fitase/ Kg) não observaram efeito sobre o teor de cinza na carcaça. No entanto, estudos avaliando dietas para truta arco iris (Sugiura et al., 2001), *P. pangasius* (Debnath et al., 2005) e *Pelteobagrus fulvidraco* (Zhu et al., 2014) devido a atividade da fitase conseguir hidrolisar o complexo de fitato liberando os íons para serem absorvidos relataram aumento da taxa de deposição de minerais na carcaça.

A distribuição dos diâmetros das fibras musculares apresentou a maior frequência na classe entre 20µm e 50µm, indicando um início de hipertrofia. Resultado semelhante a encontrado por Almeida et al.(2008) em pacu (*Piaractus mesopatamicus*) com 90, 180, 400 dias, alimentados com farelo de soja e milho. A hipertrofia é o aumento no número de sarcômeros e o diâmetro das fibras musculares (Fernandes et al., (2009). O processo de hipertrofia acontece com o aumento da deposição de proteínas miofibrilar (Lawrence & Fowler, 2002), sendo assim uma maior disponibilidade de aminoácidos livres no organismo influencia o crescimento muscular, devido a maior síntese de proteína proporcionando a formação de novos tecidos durante o crescimento muscular. A presença de aminoácidos no complexo de fitato poderia ser hidrolisada com a suplementação de fitase nos tratamentos apresentando maior disponibilidade de aminoácidos livres aumentando a síntese protéica e o processo de hipertrofia, melhorando assim, o desempenho dos animais (Kornegay & Qian, 1996). No entanto, a atividade da fitase foi insuficiente para hidrolisar o complexo de fitato-proteico da

quirera de arroz, devido a maior afinidade de complexação da proteína a se ligar ao fitato em pH baixo no trato gastrointestinal (Greiner & Konietzny, 2006).

Apesar da inclusão da quirera de arroz não ter influenciado nas demais variáveis, houve redução linear da altura das pregas intestinais, demonstrando que quanto maior o nível de substituição do milho pela quirera de arroz menor a altura das pregas. A redução das pregas intestinais pode ter ocorrido devido à presença do fitato, fator antinutricional, na quirera de arroz ocasionando um aumento da perda celular das pregas intestinais, levando a atrofia das pregas (Bedford & Classen, 1992; Van Den Ingh et al., 1991; Montagne et al., 2003). Segundo Cowieson et al. (2004) o ácido fítico é considerado o fator antinutricional mais irritante para a mucosa intestinal. Alto nível de ingestão de ácido fítico pode ocasionar inflamação nas pregas intestinais, levando a perda celular, com conseqüente redução do tamanho (Cowieson et al., 2008; Mackay & Baird, 1999). A diminuição da altura das pregas intestinais reduz o contato das enzimas digestivas e células absorptivas com o alimento podendo interferir no processo de digestão e/ou absorção dos nutrientes (Pluske et al., 2008).

Contudo, apesar da redução linear da altura das pregas intestinais conforme aumento dos níveis de quirera de arroz não houve interferência no desempenho produtivo e no diâmetro das fibras musculares, o que demonstra que apesar do efeito negativo da presença do fitato na mucosa intestinal a digestão com conseqüente absorção dos nutrientes não foi prejudicada a ponto de influenciar no desempenho produtivo.

## **Conclusão**

A substituição total do milho por quirera de arroz nas rações de juvenis de jundiá não altera o desempenho produtivo, a composição corporal e o crescimento muscular. No entanto, reduz a altura das pregas intestinais. A inclusão da enzima fitase às dietas não foi capaz de melhorar o desempenho dos animais.

## Referências Bibliográficas

- Agustini, M. A. B.; Nunes, R. V.; Silva, Y. L.; Vieites, F. M., Eyng, C.; Calderano, A. A.; Gomes, P. C. 2015. Coeficiente de digestibilidade e valores de aminoácidos digestivos verdadeiros de diferentes cultivares de milho para aves. *Ciências Agrárias*, 36:1091-1098.
- Ai, Q.; Mai, K.; Zhang, W.; Xu, W.; Tan, B.; Zhang, C.; Li, H. 2007. Effects of exogenous enzymes (phytase, non-starch polysaccharide enzyme) in diets on growth, feed utilization, nitrogen and phosphorus excretion of Japanese seabass, *Lateolabrax japonicus*. *Comparative Biochemistry and Physiology* 147:502–508.
- Almeida, F. L. A.; Carvalho; R. F., Pinhal D.; Padovani, C. R.; Martins, C.; Dal Pai-Silva, M. 2008. Differential expression of myogenic regulatory factor MyoD in pacu skeletal muscle (*Piaractus mesopotamicus* Holmberg 1887: Serrasalminae, Characidae, Teleostei) during juvenile and adult growth phases. *Micron* 39:1306-1311.
- Baeverfjord, G.; Krogdahl, Å. 1996. Development and regression of soybean meal induced enteritis in Atlantic salmon, *Salmo salar* L., distal intestine: a comparison with the intestines of fasted fish. *Journal of Fish Diseases* 19:375-387.
- Baruah, K.; Sahu, N. P.; Pal, A. K.; Debnath, D. 2004. Dietary phytase: an ideal approach for a cost effective and low-polluting aquafeed. *NAGA, WorldFish Center Quarterly*, 27:15-19.
- Bedford, M. R.; Classen, H. L. 1992. Reduction of intestinal viscosity through manipulation of dietary rye and pentosanase concentration is effected through changes in the carbohydrate composition of the intestinal aqueous phase and results in improved growth rate and food conversion efficiency of broiler chicks. *American Institute of Nutrition* 3:560-569.
- Benedito-Palos, L.; Navarro, J. C.; Sitjà-Bobadilla, A.; Bell, J. G.; Kaushik, S.; Pérez-Sánchez, J. 2008. High levels of vegetable oils in plant protein-rich diets fed to gilthead sea bream (*Sparus aurata* L.): growth performance, muscle fatty acid profiles and istological alterations of target tissues. *British Journal of Nutrition*, 100: 992–1003.
- Brufau, J.; Francesch, M.; Pérez-Vendrell, A. M. 2006 The use of enzymes to improve cerealdiets for animal feeding. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 86:1705-1713.
- Cao, L.; Wang, W.; Yang, C.; Yang, Y.; Diana, J.; Yakupitiyage, A.; Luo, Z.; Li, D. 2007 Application of microbial phytase in fish feed. *Enzyme and Microbial Technology* 40:497–507.
- Carvalho, W. T.; Reis, R. C.; Velasco, P.; Junior Soares, M. S.; Bassinello, P. Z.; Caliari, M. 2011. Características físico-químicas de extratos de arroz integral, quirera de arroz e soja. *Pesquisa A agropecuária tTropical* 3:422-429.

Cowieson, A. J.; Acamovic, T.; Bedford, M.R. 2004. The effects of phytase and phytic acid on the loss of endogenous amino acids and minerals from broiler chickens. *British Poultry Science* 45:101–108.

Cowieson, A. J.; Wilcock, P.; Bedford, M. R. 2011. Super-dosing effects of phytase in poultry. *World's Poultry Science Journal*, 67:225-236 - 2011.

Dadalt, J. C.; Ribeiro, A. M. L.; Kessler, A. M.; Wesendock, W. R.; Bockor, L.; Gomes, G. A. 2015 Nutritional and energetic value of rice byproducts, with or without phytase, for growing pigs. *Ciência Rural* 45:1305-1310.

Dadalt, J. C.; Ribeiro, A. M. L.; Kessler, A. M.; Wesendock, W. R.; Bockor, L.; Gomes, G. A. 2015. Nutritional and energetic value of rice by products, with or without phytase, for growing pigs. *Ciência Rural* 45:1305-1310.

Debnath, D.; Sahu, N. P.; Pal, A. K.; Jain, K. K.; Yengkokpam, S.; Mukherjee, S. C. 2005. Mineral status of *Pangasius pangasius* (Hamilton) fingerlings in relation to supplemental phytase: absorption, whole-body and bonemineral contents. *Aquaculture* 36:326–335.

Denstadli, V.; Skrede, A.; Krogdahl, A.; Sahlstrøm, Storebakken, T. 2006. Feed intake, growth, feed conversion, digestibility, enzyme activities and intestinal structure in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) fed graded levels of phytic acid. *Aquaculture* 256:365–376.

Fernandes, J. I.M.; Murakami, A. E.; Martins, E. N.; Sakamoto, M. I.; Garcia, E. R. M. 2009. Effect of arginine on the development of the pectoralis muscle and the diameter and the protein:deoxyribonucleic acid rate of its skeletal myofibers in broilers. *Poultry Science* 88:1399-1406.

Fredlund, K.; Asp, N. G.; Larsson, M.; Marklinder, I.; Sandberg, A. S. 1997. Phytate reduction in whole grains of wheat, rye, barley and oats after hydrothermal treatment. *Journal of Cereal Science* 25:83–91.

Furuya, W. M.; Pezzato, L. E.; de Miranda, E. C.; Furuya, V. R. B.; Barros, M. M. 2008. Coeficientes de digestibilidade aparente da energia e nutrientes de alguns ingredientes pela tilápia-do-nilo, *Oreochromis niloticus* (L.)(linhagem tailandesa). *Acta Scientiarum. Biological Sciences*, 23:465-469.

Garcia, L.D.O., Becker, A.G., Cunha, M. a., Baldisserotto, B., Copatti, C.E., Kochhann, D., 2011. Effects of Water pH and Hardness on Infection of Silver Catfish, *Rhamdia quelen*, Fingerlings by *Ichthyophthirius multifiliis*. *J. World Aquac. Soc.* 42, 399–405. doi:10.1111/j.1749-7345.2011.00479.x

Greiner, R.; Konietzny, U. 2006. Phytase for Food Application. *Food Technology Biotechnology* 44:125–140.

Greppi, A.; Krych, L.; Costantini, A.; Rantsi, K.; Hounhouigan, D.J.; Arneborg, N.;

- Cocolin, L.; Jespersen, L. 2015. Phytase-producing capacity of yeasts isolated from traditional African fermented food products and PHYPk gene expression of *Pichia kudriavzevii* strains. *International Journal of Food Microbiology* 205:81–89.
- Guggenbuhl, P.; Quintana, A. P.; & Nunes, C. S. 2007. Comparative effects of three phytases on phosphorus and calcium digestibility in the growing pig. *Livestock Science* 109:258-260.
- Jackson, L.; Li M. H.; Robinson, E. H. 1996. Use of microbial phytase in channel catfish *Ictalurus punctatus* diets to improve utilization of phytate phosphorus. *Journal of the World Aquaculture Society* 27:309–313.
- Khosravi, S.; Lim, S-J.; Rahimnejad, S.; Kim, S-S.; Lee, B-J.; Kim, K-W.; Han, H-S.; Lee, K-J. 2015. Dietary myo-inositol requirement of parrot fish, *Oplegnathus fasciatus*. *Aquaculture* 436:1–7.
- Kiefer, C. & de Quadros, A. R. B. 2006. Avaliação técnico-econômica da substituição do milho pela quirera de arroz em dietas de suínos. *Revista Ceres* 305:31-37.
- Kornegay, E. T.; Qian, H. 1996. Replacement of inorganic phosphorus by microbial phytase for young pigs fed on a maize–soyabean-meal diet. *British Journal of Nutrition* 04:563-578.
- Kumar, V.; Sinha, A. K.; Makkar, H. P. S.; Boeck, G.; Becker, K. 2012. Phytate and phytase in fish nutrition. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 96:335–364.
- Lawrence, T. L. J.; Fowle, V. R. 2002. Tissues: Basic structure and growth. *Growth of Farm Animals* 56-76.
- Lazzari, R; Neto Raünz, J.; Veiverberg, C. A.; Bergamin, G. T.; Corrêia, V.; Pedron, F. A. 2007. Alimentação do jundiá (*Rhamdia quelen*, Heptateridae) com ingredientes proteicos. *Archivos de Zootecnia* 214: 115-123.
- Liu, L.; Zhou, Y.; Wu, J.; Zhang, W.; Abbas, K.; Xu-Fang, L.; Luo, Y. 2014. Supplemental graded levels of neutral phytase using pretreatment and spraying methods in the diet of grass carp, (*Ctenopharyngodon idellus*). *Aquaculture Research* 45:1932-1941.
- Meyer, D.; Fracalossi, D. M. 2004 Protein requirement of jundiá fingerlings, *Rhamdia quelen*, at two dietary energy concentrations. *Aquaculture* 240:331-343.
- Montagne, L.; Pluske, J. R.; Hampson, D. J. 2003. A review of interactions between dietary fibre and the intestinal mucosa, and their consequences on digestive health in young non-ruminant animals. *Animal Feed Science and Technology* 108:95–117.
- O'dell, B. L.; Debolland, A. R.; Koirtyohann, S. R. 1972. Distribution of phytate and nutritionally important elements among the morphological components of cereal grains.

Journal of Agricultural and Food Chemistry 20:718-721.

Piedras, S.R.N., Moraes, P.R.R., Pouey, J.L.O.F., 2004. Crescimento de juvenis de jundiá (*Rhamdia quelen*), de acordo com a temperatura da água. Bol. do Inst. Pesca 30, 177– 182.

Pluske, J. R.; Hampson, D. J.; Williams, I. H. 1997. Factors influencing the structure and function of the small intestine in the weaned pig: a review. Livestock Production Science 51:215-236.

Poulsen, H. D.; Blaabjerg, K. & Feuerstein, D. 2007. Comparison of different levels and sources of microbial phytases. Livestock Science 109:255-257.

Ravindran, V.; Cabahug, S.; Ravindran, G.; Bryden, W. L. 1999. Influence of Microbial Phytase on Apparent Ileal Amino Acid Digestibility of Feedstuffs for Broilers. Poultry Science 78:699–706.

Rocha, C. B.; Pouey, J. L. O. F.; Enke, D. B. S.; Xavier, E. G.; Almeida, D. B. (2007). Suplementação de fitase microbiana na dieta de alevinos de jundiá: efeito sobre o desempenho produtivo e as características de carcaça Ciencia rural 37:1772-1778.

Rodrigues, A. P. O.; Gominho - Rosa, M. D. C.; Cargin - Ferreira, E.; De Francisco, A.; Fracalossi, D. M. 2012. Different utilization of plant sources by the omnivores jundiá catfish (*Rhamdia quelen*) and Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). Aquaculture Nutrition, 18:65-72.

Rostagno, H. S.; Albino, L. F. T.; Donzele, J. L.; Gomes, P. C.; Oliveira, R. F.; Lopes, D. C.; Ferreira, A. S.; Barreto, S. L. T.; Euclides, R. F. 2011. Composição de Alimentos e Exigências Nutricionais 3:31-39.

Roy, P. K.; Lall, S. P. 2003. Dietary phosphorus requirement of juvenile haddock (*Melanogrammus aeglefinus* L.). Aquaculture 221:451–468.

Saleh, M. & Meullenet, J. F. 2013. Broken rice kernels and the kinetics of rice hydration and texture during cooking. Journal of the Science of Food and Agriculture 93:1673-1679.

Selle, P. H.; Ravindran, V. 2008. Phytate-degrading enzymes in pig nutrition. Livestock Science 113:99–122.

Silva, D. J. & Queiro, A. C. 2002. Análise de alimentos (métodos químicos e biológicos). 3 ed. Viçosa, MG.

Sugiura, S. H.; Gabaudan, J.; Dong, F. M.; Hardy, R. W. 2001. 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 32:583–592.

Urbinata, E. C.; Abreu, J. S.; Camargo, A. C. S.; Parra, M. A. L. 2004. Loading and



transport stress of juvenile matrinxã (*Brycon cephalus*, Characidae) at various densities. *Aquaculture* 229:389–400.

Van den Ingh, T. S. G. A. M.; Krogdahl, Å.; Olli, J.J.; Hendrinks, H. G. C. J. M.; Koninkx, J. G. J. F. 1991. Effects of soybean-containing diets on the proximal and distal intestine in Atlantic salmon (*Salmo salar*): a morphological study. *Aquaculture* 94:297-305.

Yang, M.; Teymorian, S.; Olivares, P.; Murthy, P. P. N. 2015. Extracellular expression of alkaline phytase in *Pichia pastoris*: Influence of signal peptides, promoters and growth médium. *Biotechnolog Reports* 6:112-118.

Zhu, Y.; Qiu, X.; Ding, Q.; Duan, M.; Wang, C. 2014. Combined effects of dietary phytase and organic acid on growth and phosphorus utilization of juvenile yellow catfish *Pelteobagrus fulvidraco*. *Aquaculture* 430:1–8.

**Tabela 1.** Composição centesimal e nutricional das dietas experimentais com diferentes níveis de substituição do milho por quirera de arroz, suplementada ou não com fitase.

Ingredientes (%)	Níveis de substituição do milho (%)				
	0	25	50	75	100
Farelo de soja	38,810	38,874	38,939	39,004	39,069
Milho	35,500	26,512	17,675	8,8375	0,000
Quirera de arroz	0,000	9,071	18,142	27,213	36,284
Farinha de peixe	22,000	22,00	22,000	22,000	22,000
Óleo de soja	1,400	1,111	0,823	0,534	0,245
Suplemento vitamínico e mineral <sup>1</sup>	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Calcário	0,059	0,044	0,029	0,014	0,000
Fosfato Bicálcico	0,000	0,018	0,036	0,054	0,072
NaCl	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250
L-Lisina HCl (78%)	0,043	0,032	0,021	0,010	0,000
DL-Metionina (99%)	0,276	0,278	0,280	0,282	0,284
L-Treonina (98%)	0,369	0,372	0,372	0,374	0,376
L-Triptofano (99%)	0,120	0,114	0,109	0,104	0,099
Cloreto de Colina	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
Vitamina C	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
Antifúngico <sup>2</sup>	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
Antioxidante <sup>2</sup>	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Nutrientes					
ED jundiá (Kcal kg <sup>-1</sup> )	3.400,00	3.400,00	3.400,00	3.400,00	3.400,00
Amido (%)	26,95	28,18	29,40	30,63	31,85
Proteína bruta (%)	34,00	34,00	34,00	34,00	34,00
Cálcio (%)	1,16	1,16	1,16	1,16	1,16
Fósforo disponível (%)	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63
Gordura (%)	7,23	6,64	6,06	5,47	4,88
Lisina total (%)	2,15	2,15	2,15	2,15	2,15
Metionina+Cistina total (%)	1,46	1,46	1,46	1,46	1,46
Treonina Total (%)	1,73	1,73	1,73	1,73	1,73
Triptofano Total (%)	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50

<sup>1</sup>Níveis de garantia por quilograma do produto: vitamina A: 500.000 UI, vitamina D3 250.000 UI, vitamina E 5.000 mg, vitamina B2 1.500 mg, vitamina B6 1.500 mg, vitamina B12 4.000 mg, ácido fólico 500 mg, pantotenato de cálcio 4.000 mg, vitamina C 10.000 mg, biotina 4.000 mg, vitamina C 10.000 mg, biotina 10 mg, inositol 1.000, nicotinamida 7.000 mg, colina 10.000 mg, cobalto 10 mg, cobre 1.000 mg, ferro 5.000 mg, iodo 200 mg, manganês 1500 mg, selênio 30 mg, zinco 9.000 mg. <sup>2</sup>Algomix Agroindustrial Ltda, Toledo, Brasil.

**Tabela 2.** Valores de sobrevivência (S), ganho em peso (GP), conversão alimentar (CA), comprimento específico (CE), fator de condição (FC) e taxa de crescimento específico (TCE) de juvenis de jundiá alimentados com rações contendo diferentes níveis de quirera de arroz, suplementadas ou não com fitase.

Enzima	S (%)	GP (g)	CA	CE (cm)	FC	TCE (%)
Sem enzima	96,670	47,170	2,414	23,120	0,802	1,240
Com enzima	95,560	42,670	2,663	23,200	0,764	1,195
Níveis de Substituição do Milho (%)						
0	97,222	54,139	2,185	22,906	0,869	1,340
25	95,833	54,520	2,025	24,222	0,782	1,409
50	95,833	46,053	2,460	23,361	0,760	1,242
75	98,611	36,020	2,636	22,556	0,773	1,042
100	93,056	33,869	3,386	22,750	0,730	1,055
CV (%)	5,92	52,71	32,93	10,51	28,98	33,30
Enzima	0,599	0,609	0,425	0,927	0,643	0,764
Nível	0,548	0,423	0,083	0,773	0,865	0,431
Enzima x Nível	0,284	0,787	0,986	0,981	0,867	0,816

**Tabela 3.** Composição corporal (%) (matéria natural) de juvenis de jundiá alimentados com rações contendo diferentes níveis de quirera de arroz, suplementadas ou não com fitase.

	Cinza (%)	Umidade (%)	Lípídeo (%)	Proteína (%)
Sem Enzima	4,00	70,00	6,44	18,53
Com Enzima	3,81	70,80	5,92	18,19
Níveis de Substituição do Milho (%)				
0	4,03	70,02	6,36	18,60
25	3,66	70,12	6,44	18,76
50	3,93	71,15	6,35	18,35
75	3,86	70,09	6,04	18,26
100	4,03	70,63	5,73	17,82
CV (%)	13,35	2,39	15,64	6,30
Enzima	0,329	0,209	0,157	0,433
Nível	0,730	0,738	0,690	0,683
Enzima x Nível	0,869	0,890	0,498	0,426

**Tabela 4.** Frequência de distribuição das fibras musculares em três classes de diâmetros (<20 µm, entre 20 e 50 µm e >50 µm) em juvenis de jundiá alimentados com rações contendo diferentes níveis de quirera de arroz, suplementados ou não com fitase.

	< 20 µm	20-50 µm	>50 µm
Sem Enzima	4,70	72,07	23,23
Com Enzima	4,38	70,40	25,21
Níveis de Substituição do Milho (%)			
0	4,80	71,55	23,65
25	2,97	68,58	28,44
50	3,25	68,70	28,05
75	6,26	74,09	19,65
100	5,59	73,53	20,88
CV (%)	80,03	15,47	51,88
Enzima	0,658	0,505	0,476
Nível	0,089	0,398	0,126
Enzima x Nível	0,720	0,329	0,486

**Tabela 5.** Altura ( $\mu\text{m}$ ) das pregas intestinais de juvenis de jundiá alimentados com rações contendo diferentes níveis de quirera de arroz, suplementadas ou não com fitase.

	Comprimento Pregas ( $\mu\text{m}$ )
Sem Enzima	369,20
Com Enzima	356,02
Níveis de Substituição do Milho (%)	
0	402,23
25	397,60
50	376,90
75	314,97
100	305,47
CV (%)	
Enzima	0,366
Nível	0,030
Linear	0,0021 <sup>1</sup>
Quadrática	0,524
Enzima x Nível	0,251

<sup>1</sup>  $Y = 414,669 - 1,0797x$ ;  $R^2 = 0,90$