

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MATO GROSSO DO SUL
UNIDADE UNIVERSITÁRIA DE AQUIDAUANA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

GLÚTEN DE MILHO NA ALIMENTAÇÃO DE JUVENIS DE PACU

Acadêmico: José Luiz Pilecco

Aquidauana – MS
Dezembro / 2012

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MATO GROSSO DO SUL
UNIDADE UNIVERSITÁRIA DE AQUIDAUANA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

GLÚTEN DE MILHO NA ALIMENTAÇÃO DE JUVENIS DE PACU

Acadêmico: José Luiz Pilecco
Orientador: Dr. Hamilton Hisano

“Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Zootecnia, área de concentração em Produção Animal no Cerrado-Pantanal, da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Zootecnia”.

Aquidauana – MS
Dezembro / 2012

P686g Pilecco, José Luiz

Glúten de milho na alimentação de juvenis de pacu / José Luiz Pilecco.

Aquidauana, MS: UEMS, 2012.

44p. ; 30 cm

Dissertação (Mestrado) – Zootecnia – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, 2012.

Orientador: Prof. Dr. Hamilton Hisano.

1. Nutrição de organismos aquáticos 2. Alimentos alternativos 3. Qualidade de carne 4. *Piaractus mesopotamicus* I. Título.

CDD 20.ed. 639.31



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MATO GROSSO DO SUL
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA
PRODUÇÃO ANIMAL NO CERRADO-PANTANAL



JOSÉ LUIZ PILECCO

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração em Produção Animal no Cerrado-Pantanal, como requisito para obtenção do grau de Mestre em Zootecnia.

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 18/12/2012.

Dr. Hamilton Hisano (Embrapa),
Orientador.

Dra. Cristina Fátima Meldau de Campos Amaral (UEMS).

Dr. Jorge Antonio Ferreira de Lara (Embrapa).

A luta pela vida nem sempre é vantajosa
aos fortes nem aos espertos.
Mais cedo ou mais tarde, quem cativa a vitória
é aquele que crê plenamente
Eu conseguirei!

Napoleon Hill

*Aos meus pais,
José Pilecco e Sofia Schifelbien Pilecco,*

Dedico...

AGRADECIMENTOS

A DEUS, sem ele não seria possível!

Aos meus pais, que não mediram esforços para que eu chegasse até esta etapa de minha vida, sempre confiaram em meus sonhos e me ensinaram a acreditar que é possível realizá-los, além de me mostrarem que trabalho, perseverança e honestidade são as ferramentas ideais para atingirmos nossas metas;

À minha irmã Rosane Pilecco e sobrinha Glória Sthefanny Barbosa Pilecco, que sempre estiveram ao meu lado me incentivando a prosseguir.

Ao meu orientador Dr. Hamilton Hisano, pela oportunidade, incentivo, cobrança, compreensão e ensinamentos, pois com ele aprendi conceitos fundamentais para o desenvolvimento deste trabalho;

À Dra Márcia Mayumi Ishikawa, minha coorientadora por consideração, pela receptividade, orientação e apoio durante todo o tempo em que estive no Laboratório de Piscicultura da Embrapa;

Aos meus amigos, Lucas Lopes, Anderson Vendruscolo e João Amorim, que estiveram ao meu lado nas horas que precisei e me deram força para lutar e superar as dificuldades. Além das festas, risadas e sábias palavras;

Aos meus amigos Ana Lucia Teodoro, Alan Barbieri, Sofia Gaertner, Adriana Maciel, Paula Satiko, Aline Evangelista Barbosa, pela amizade, compreensão e palavras de incentivo mesmo por telefone. Em especial a Aline Mayra S. Oliveira, que se deslocou de Aquidauana apenas para me auxiliar no encerramento de meu experimento, além do incentivo, apoio e amizade;

Aos meus amigos e colegas de trabalho, Juliana Simeão dos Santos, Pamela de Sousa Pietro, Débora P. Marques, Aline Lopes Ferreira, Glauber Possani, Maiane J. Pereira, Marco A. Della Flora, pelo apoio incondicional no decorrer dos trabalhos, pois sempre estiveram prontos a me ajudar e principalmente pela amizade conquistada;

A todos meus outros amigos que só pelo fato de fazerem parte de minha vida, me ajudaram;

À Bianca Rafaela, técnica de Laboratório da Piscicultura da Embrapa, pelo apoio, amizade, compreensão e ensinamentos;

À Márcia Silva e Dona Mercedes que sempre deixaram nosso ambiente de trabalho organizado e com muito bom humor;

A toda equipe do Laboratório de Solos da Embrapa agropecuária Oeste em especial ao Mário Kozima, Paulo H. Vitro, Willian Marra Silva, e a equipe de apoio e logística da Embrapa, em especial ao Donizete e João Carvalho;

À Mariuciy Gomes, secretária da Pós Graduação em Zootecnia da UEMS, pela compreensão, principalmente no período em que estive em Dourados. Sempre muito competente;

À Embrapa Pantanal em especial ao Dr. Jorge Antonio Ferreira de Lara, pela realização de algumas análises laboratoriais e ensinamentos;

À Dona Vera Lucia Baptista Borelli, pela doação dos pacus para realização dos experimentos. Sempre muito atenciosa;

À Pós-graduação em Zootecnia da UFGD pela oportunidade em cursar algumas disciplinas;

Aos meus colegas de Mestrado pela amizade e incentivo;

Ao Programa de Pós Graduação em Zootecnia da UEMS e seus professores, responsáveis pela minha formação;

Às professoras Dra. Elis Regina de Moraes Garcia, Dra. Cristiane Fátima Meldau de Campos Amaral e ao Dr. Jorge Antonio Ferreira de Lara pelas considerações e sugestões realizadas nas bancas de qualificação e defesa.

À UEMS/PIBAP e ao CNPq pela concessão de bolsa de estudo.

Meus sinceros agradecimentos!

SUMÁRIO

	Páginas
LISTA DE TABELAS	x
LISTA DE FIGURAS	xi
RESUMO	xii
ABSTRACT	xiii
 CAPITULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS	 01
1. INTRODUÇÃO	01
2. OBJETIVO GERAL	02
2.1. Objetivos específicos	02
3. SITUAÇÃO ATUAL DA AQUICULTURA	02
4. ESPÉCIE ESTUDADA: <i>Piaractus mesopotamicus</i>	03
5. PROTEÍNAS VEGETAIS NA ALIMENTAÇÃO DE PEIXES	04
5.1. Aminoácidos em rações para peixes	05
5.2. Farelo de soja	07
5.3. Glúten de milho	08
5.3.1. Glúten de milho na alimentação de peixes	10
5.3.2. Rendimentos corporais e qualidade da carne de peixes alimentados com glúten de milho	12
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	15
 CAPITULO 2	 22

GLÚTEN DE MILHO EM RAÇÕES PARA PACU: DESEMPENHO PRODUTIVO, PARÂMETROS SANGUÍNEOS E QUALIDADE DO FILÉ	22
Resumo	22
Abstract	23
Introdução	23
Material e métodos	24
Resultados e discussão.....	28
Conclusões	38
Referências bibliográficas.....	39
 CAPITULO 3 – CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	43
 ANEXO I – COLORAÇÃO DA PELE DE JUVENIS DE PACU ALIMENTADOS COM GLÚTEN DE MILHO.....	44

LISTA DE TABELAS

	Páginas
CAPITULO 2	22
TABELA 1. Formulação e coposição bromatológicas das rações experimentais	26
TABELA 2. Taxa de eficiência proteica, retenção de proteína, qualidade e composição centesimal dos filés de pacus alimentados com glúten de milho. 36	
TABELA 3. Parâmetros sanguíneos de juvenis de pacu alimentados com glúten de milho	38

LISTA DE FIGURAS

	Páginas
CAPITULO 1.....	01
FIGURA 1. Principais espécies cultivadas na piscicultura continental brasileira no período de 2007 a 2009.....	03
 CAPITULO 2.	 22
FIGURA 1. Consumo diário de ração dos juvenis de pacu alimentados com glúten de milho	30
FIGURA 2. Curvas de regressão para ganho de peso de juvenis de pacu alimentados com glúten de milho	30
FIGURA 3. Curvas de regressão para conversão alimentar de juvenis de pacu alimentados com glúten de milho	31
FIGURA 4. Curvas de regressão para taxa de crescimento específico de juvenis de pacu alimentados com glúten de milho	32
FIGURA 5. Curvas de regressão para rendimento de filé de juvenis de pacu alimentados com glúten de milho	33
FIGURA 6. Curvas de regressão para rendimento de carcaça eviscerada de juvenis de pacu alimentados com glúten de milho	33

RESUMO

O objetivo deste estudo foi avaliar o glúten de milho na alimentação de juvenis de pacu. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com cinco tratamentos 00; 25; 50; 75 e 100% de substituição da proteína do farelo de soja (FS) pela proteína do glúten de milho (GM), que correspondeu a 6,12; 12,24; 18,36 e 24,49% de inclusão de glúten de milho na ração e quatro repetições. As rações foram formuladas para se apresentarem isonutritivas. Foram utilizados 100 juvenis de pacu, com peso médio inicial de $32,79 \pm 3,43$ g, distribuídos em vinte unidades experimentais com volume aproximado de 70 L cada, alojadas em cinco tanques circulares de 1000 L em sistema com renovação contínua de água proveniente de poço artesiano. Observou-se efeito quadrático para rendimento de filé e carcaça eviscerada, conversão alimentar, ganho de peso e taxa de crescimento específico, sendo os valores ótimos estimados em 22,07; 28,22; 30,85; 37,72 e 38,43% de substituição da proteína do FS pela proteína do GM, respectivamente. Não houve diferença ($P>0,05$) para os parâmetros sanguíneos, composição centesimal, capacidade de retenção de água, pH, oxidação lipídica e padrão de cor vermelha dos filés (valor a^*) entre os distintos tratamentos. As análises colorimétricas valor L^* e b^* (luminosidade e padrão de cor amarela, respectivamente) apresentaram diferenças ($P<0,05$). A substituição de 22,07 a 38,43% do farelo de soja pelo glúten de milho (5,40 a 9,41% de inclusão na ração) melhora o desempenho produtivo e rendimento corporal de juvenis de pacu, sem alterar os parâmetros sanguíneos e afetar a qualidade dos filés.

Palavras-chave: Coloração filés, coproduto, farelo de soja, *Piaractus mesopotamicus*, proteínas vegetais

ABSTRACT

This study aimed to assess corn gluten meal in the feeding of pacu juveniles. The experimental design was completely randomized with five treatments 00, 25, 50, 75 and 100% of replacement of soybean meal (FS) protein for corn gluten meal (GM) protein, which corresponded to 6.12; 12.24; 18.36 and 24.49% of gluten inclusion in the diets and four repetitions. The diets were formulated to be isonutritives. One hundred juveniles pacu with an average initial weight of 32.79 ± 3.43 g were used, distributed in twenty experimental units with an approximate volume of 70 L each, housed in five circular tanks of 1000 L with a continuous water renewal system supplied by an artesian well. A quadratic effect was observed for fillet yield and carcass (without gut), feed conversion, weight gain and specific growth rate, being the optimum estimated values in 22.07; 28.22; 30.85; 37.72 and 38.43% substitution of FS protein for CM protein, respectively. There were no difference ($P>0.05$) for blood parameters, body analysis, water retention capacity, pH, lipid oxidation and standard red color, a^* value of filets among distinct treatments. The colorimetric analysis L^* and b^* values (luminosity and standard yellow color, respectively) showed significant differences ($P<0.05$). Replacement of up to 22.07 to 38.43% of soybean protein for corn gluten meal protein (5.40 to 9.41% of inclusion in the feed) improves the productive performance and body yield of pacu juveniles, without altering blood parameters and without affecting the quality of filets.

Keywords: Staining filets, coproduct, soybean meal, *Piaractus mesopotamicus*, plant protein sources

CAPITULO 1- CONSIDERAÇÕES GERAIS

1. INTRODUÇÃO

Na última década, a aquicultura se destacou entre as atividades zootécnicas. Com o mercado em franca expansão, espécies com boa produtividade e aceitação para a pesca e consumo são almejadas. Entre as nativas, o pacu *Piaractus mesopotamicus* se destaca na piscicultura nacional, pelo seu alto potencial zootécnico, rusticidade, alta fecundidade, fácil adaptação ao cultivo, além de possuir boa aceitação do mercado consumidor (ABIMORAD et al. 2009).

A produção de organismos aquáticos, principalmente em sistemas intensivos, exige o uso de rações completas, pois a elevada biomassa por área e as deficiências ou desbalanceamento dos nutrientes, podem acarretar em diminuição da produtividade, e conseqüentemente menor retorno econômico (FURUYA et al. 2001). Na aquicultura intensiva, mais de 50% dos custos de produção são relativos à alimentação (EL SAYED, 1999).

Diversos coprodutos da agroindústria apresentam potencial na alimentação de peixes. Em destaque, encontra-se o glúten de milho, uma proteína concentrada, obtida a partir do processamento do milho e comercialmente garantida para conter no mínimo 60% de proteína bruta (GATLIN III et al. 2007).

No entanto, uma das principais limitações do uso desse coproduto na alimentação animal está relacionada ao desequilíbrio em aminoácidos essenciais (lisina, arginina e triptofano), que podem interferir negativamente no desempenho produtivo dos animais (REGOST et al. 1999). Além disso, o elevado conteúdo de carotenoides desse alimento pode proporcionar coloração amarelada nos filés (PARK et al. 1997).

Porém, em função do seu elevado teor proteico e a ausência de fatores antinutricionais, o glúten de milho pode ser considerado uma importante fonte proteica para compor rações para peixes. Entretanto, quando se consideram as espécies nativas, ainda existem muitas limitações de informações técnico-científicas.

2. OBJETIVO GERAL

-Avaliar o glúten de milho na alimentação de juvenis de pacu.

2.1. Objetivos específicos

-Avaliar o desempenho produtivo de juvenis de pacu alimentados com glúten de milho;

-Avaliar os parâmetros sanguíneos dos juvenis de pacu alimentados com glúten de milho;

-Avaliar o rendimento de carcaça eviscerada e filé dos juvenis de pacu alimentados com diferentes níveis de glúten de milho;

-Avaliar a composição centesimal, pH, oxidação lipídica, capacidade de retenção de água e coloração dos filés dos juvenis de pacu alimentados com glúten de milho.

3. SITUAÇÃO ATUAL DA AQUICULTURA

De acordo com os dados da FAO (2012), a produção aquícola mundial, incluindo peixes ósseos, crustáceos, moluscos e outros animais aquáticos, atingiu 60 milhões de toneladas em 2010, representando um aumento médio de 8,8% ao ano.

No Brasil, o setor segue essa tendência de crescimento. Segundo dados do Ministério da Pesca e Aquicultura, no período de 2007 a 2009, a produção aquícola registrou expressivo crescimento de 15,7% em comparação às principais fontes de proteína animal. Entre as espécies produzidas no país, o pacu foi a quinta mais produzida (Figura 1), e entre as nativas ocupou a terceira posição, assumindo papel importante para a cadeia produtiva (BRASIL, 2010).

A produção industrial de rações para organismos aquáticos contribuiu para o crescimento e a viabilização da aquicultura (GATLIN III et al. 2007). Segundo Abimorad et al. (2004), atualmente, um dos principais desafios da aquicultura está relacionado à alimentação, devido a sua alta participação nos custos de produção. Dessa forma, coprodutos agroindustriais têm sido

avaliados, com intuito de substituir alimentos convencionais e reduzir o custo com a alimentação, e assim contribuir para o desenvolvimento da atividade.

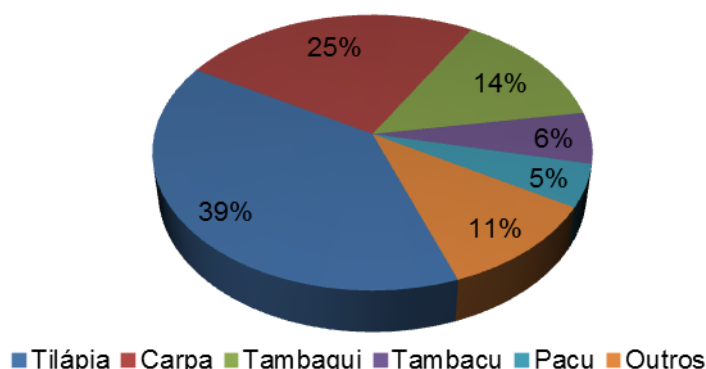


Figura 1. Principais espécies cultivadas na piscicultura continental brasileira no período de 2007 a 2009 (BRASIL, 2010).

O crescimento do setor aquícola nestes últimos anos está diretamente relacionado ao aumento do consumo de pescado. Considerando o consumo mundial, a média passou de 0,7 kg em 1970 para 18,6 kg em 2010 (FAO, 2012). No Brasil, o consumo *per capita* que era de 6,43 kg em 2003 atingiu 9,03 kg em 2010, entretanto, considerado baixo, se comparados aos 12 kg/habitante/ano, recomendados pela Organização Mundial de Saúde - OMS (BRASIL, 2010).

Este crescimento pode ser atribuído a diversos fatores, como o aumento do hábito do consumo da carne de pescado, a qualidade, a diversidade e praticidade oferecidas pelos produtos comercializados.

4. ESPÉCIE ESTUDADA: *Piaractus mesopotamicus*

O pacu é uma espécie reofílica, que apresenta cabeça relativamente pequena, corpo orbicular, com escamas pequenas e numerosas, de cor acinzentada mais intensa na região dorsal e mais amarelada na região ventral, possui dentes molariformes que podem quebrar pequenos frutos fibrosos e duros (URBINATI e GONÇALVES, 2005).

Está amplamente distribuído na América do Sul, sendo encontrado desde as Bacias do Rio Paraguai e Uruguai até a Bacia do Rio Prata, e produzido comercialmente nas regiões Sudeste e Centro-Oeste do país

(ABIMORAD e CARNEIRO, 2004). No Pantanal Sul Mato-Grossense, encontra-se presente em grande escala nos rios Miranda, Aquidauana e Vermelho (PEIXER e PETRERE, 2007).

O pacu pode ser considerado uma das principais espécies nativas produzidas no Brasil, e se destaca pela alta taxa de crescimento, fecundidade e por possuir carne de excelente sabor e aceitação (JOMORI et al. 2005; ABIMORAD et al. 2009). Além disso, possui hábito alimentar onívoro, o que permite a utilização de várias fontes de proteína na sua alimentação, sejam elas de origem vegetal ou animal (BICUDO, 2008), reduzindo o seu custo de produção.

A produção comercial desta espécie está crescendo, em função do seu baixo custo, da resistência a patógenos, da baixa exigência quanto à qualidade da água, pela alta adaptabilidade aos mais variados sistemas de cultivo, bem como pela característica atrativa para a pesca esportiva (ABIMORAD e CARNEIRO, 2004).

De acordo com Bombardelli et al. (2007), o pacu possui elevado rendimento das partes comestíveis, apresentando rendimento de carcaça (eviscerada e sem brânquias) e tronco limpo (sem cabeça, vísceras, pele e nadadeiras) de 84,35 e 57,48%, respectivamente. Faria et al. (2003), destaca que o pacu apresenta maior rendimento de filé com pele e sem pele e menor porcentagem de cabeça, quando comparado com a tilápia do Nilo, principal espécie produzida no Brasil.

5. PROTEÍNAS VEGETAIS NA ALIMENTAÇÃO DE PEIXES

O desenvolvimento e a intensificação da piscicultura como atividade agroindustrial exige o uso de ingredientes de alta qualidade, que permitam a formulação e o processamento das rações nutricionalmente completas, necessárias para manter a sustentabilidade econômica e ambiental da aquicultura (CYRINO et al. 2010).

De acordo com Teixeira et al. (2006), o sucesso para a produção depende da identificação dos ingredientes, dos conhecimentos da digestibilidade de seus nutrientes e da sua disponibilidade a um custo compatível. Segundo os mesmos autores, os derivados da soja, o glúten de

milho e os coprodutos da indústria do álcool são indicados para comporem rações para organismos aquáticos.

A escassez mundial da farinha de peixes incentivou a procura por coprodutos da agroindústria, com o intuito de reduzir sua incorporação nas rações com o uso combinado de ingredientes de origem vegetal (HARDY, 2010). Por outro lado, a principal limitação do uso de coprodutos vegetais na alimentação de peixes está relacionada aos fatores antinutricionais, que dependendo do processamento ao qual foram submetidos, podem interferir no desempenho produtivo (SILVA e SILVA, 2000).

Segundo Hardy (2010), os efeitos da utilização de fontes proteicas de origem vegetal podem estar relacionados à origem, a porcentagem de inclusão, ao perfil de aminoácidos, bem como a sensibilidade das espécies frente aos fatores antinutricionais, tornando assim limitada sua utilização nas rações. A maioria das fontes vegetais é deficiente em aminoácidos essenciais, principalmente a lisina (CHENG et al. 2003).

5.1. Aminoácidos em rações para peixes

Os peixes necessitam de um equilibrado perfil de aminoácidos, que devem estar presentes em proporções adequadas nas rações e podem ser obtidas pela combinação de ingredientes e/ou pela suplementação com aminoácidos sintéticos, favorecendo assim a utilização da proteína, o crescimento dos peixes e a conversão alimentar (STOREBAKKEN et al. 2000; BERGE et al. 2002).

De acordo com Cheng et al. (2003), as proteínas vegetais, geralmente possuem inadequado perfil de aminoácidos. Segundo os mesmos autores, isso pode ser evidenciado em rações para truta arco-íris *Oncorhynchus mykiss*, cujos resultados demonstraram que peixes alimentados à base de proteínas vegetais (farelo de soja, trigo integral, glúten de trigo e glúten de milho) obtiveram menor ganho de peso, que os alimentados com farinha de peixe, no entanto, quando se suplementou acima de 0,4% de lisina, não foi possível observar diferenças significativas.

Davies et al. (1997) avaliaram a influência da lisina em rações para a mesma espécie e observaram melhor desempenho e utilização da proteína em

peixes alimentados com suplementação de 0,58% de lisina. Com o objetivo de determinar melhores níveis de lisina digestível para o pacu, Abimorad et al. (2010), recomendaram 1,64% de lisina em rações para essa espécie, proporcionando melhor crescimento, eficiência na utilização da proteína e qualidade da carcaça.

A maioria das proteínas é absorvida na forma de aminoácidos por meio de um transportador dependente de Na^+ , no entanto, também podem ser absorvidas intactas por pinocitose ou na forma de di e tripeptídeos, cujo transporte parece ser dependente de um íon de hidrogênio e não de Na^+ . Assim, o cotransporte Na^+/H^+ forma um gradiente favorável à entrada de H^+ no enterócito, favorecendo a absorção dos peptídeos (BALDISSEROTTO, 2002).

De acordo com o mesmo autor, a absorção dos peptídeos é mais rápida que a absorção dos mesmos aminoácidos na forma livre, assim, a utilização de aminoácidos sintéticos em rações para peixes não é a melhor maneira de aumentar a absorção de proteínas ou completar o perfil aminoacídico.

Esse efeito foi observado por Zarate e Lovell (1997), em rações para bagres do canal. Segundo os autores, a lisina ligada à proteína é utilizada com mais eficiência que a lisina livre em rações para essa espécie, além disso, a perda de lisina devido à lixiviação na água foi de 12,7 e 2,0% da concentração original de lisina livre e lisina ligada à proteína, respectivamente.

Segundo Rodehutscord et al. (2000) e El Saidy e Gaber (2002), os aminoácidos sintéticos estão prontamente disponíveis e alcançam picos plasmáticos rapidamente, acelerando o catabolismo e a excreção de metabólitos de nitrogênio no ambiente. Dessa forma, seu uso nas rações exige parcelamento cuidadoso para estabilizar a concentração plasmática, melhorando sua utilização e proporcionando maior crescimento aos peixes.

5.2. Farelo de soja

O farelo de soja tem sido utilizado como principal substituto da farinha de peixe nas rações para organismos aquáticos. Entretanto, o valor nutricional da soja é limitado devido à presença de fatores antinutricionais, como os inibidores das proteases, tripsina e lectinas, que podem afetar a digestão e a fisiologia dos animais (STECH et al. 2010).

Os inibidores de proteases e as lectinas são considerados fatores termolábeis. Os inibidores de proteases são classificados em dois grupos: o tipo Kunitz que é relativamente sensível e o tipo Bowman-Birk que é mais estável à temperatura. Além disso, a soja possui fatores termoestáveis, ou seja, não se altera na presença de calor como é o caso dos polissacarídeos não amiláceos e as saponinas (FRANCIS et al. 2001).

Com o objetivo de determinar as atividades dos inibidores de tripsina, dos hemaglutinante e os teores de taninos no farelo de soja e na soja crua para juvenis de pacu, Stech et al. (2010) observaram que ambos apresentam fatores antinutricionais, porém a menor atividade dos inibidores de tripsina foi observada para o farelo de soja.

Os inibidores de tripsina da soja podem representar até 2% do conteúdo proteico, impedindo a completa utilização de suas proteínas pelo organismo dos monogástricos, e a presença destes no trato digestório estimula o pâncreas a liberar mais enzimas, causando sua hiperatividade (SILVA e SILVA, 2000). De acordo com Francis et al. (2001), essa hiperatividade pode estar relacionada à redução da digestibilidade da proteína e na taxa de crescimento.

Refstie et al. (1998), em estudo com salmão do Atlântico *Salmo salar*, observaram menor ganho de peso e consumo de ração nos peixes alimentados com rações contendo farelo de soja, em relação aos demais grupos, durante período de 55 dias. Os autores sugeriram haver uma substância termo resistente presente no farelo de soja capaz de alterar o processo digestório desses animais.

Além dos compostos apresentados acima, outros antinutricionais estão presentes na soja e podem interferir no desempenho do animal. Os polissacarídeos não amiláceos são encontrados nas sementes de oleaginosas

como a soja e seus coprodutos, e compreendem uma ampla classe de carboidratos como a celulose, hemicelulose, quitina e pectinas. Estes não podem ser degradados por enzimas endógenas, afetando a digestibilidade dos nutrientes, modificando o tempo de permanência do alimento no trato digestório em animais não ruminantes, reduzindo o seu desempenho (CAMPESTRINI et al. 2005).

As saponinas são glicosídeos ou esteróides presentes em grande parte dos coprodutos agroindustriais. Seus efeitos também estão relacionados às modificações na permeabilidade da mucosa intestinal, inibindo o transporte de alguns nutrientes, retardando o crescimento e reduzindo a digestibilidade da proteína (FRANCIS et al. 2001).

5.3. Glúten de milho

É um coproduto obtido a partir do processamento do milho e que tem a finalidade de separar partes do milho para a obtenção de produtos como a água de maceração, germe, farelo de glúten, glúten e dextrina (MENEHETTE et al. 2008). Para cada 100 kg de milho em grãos são produzidos em torno de 65 kg de amido, 3 kg de óleo, 3,2 kg de farelo de germe, 20 kg de glúten e por volta de 4,5 kg de farelo de glúten (TRINDADE NETO et al.1995).

Pode ser encontrado sob duas formas de comercialização. O farelo de glúten de milho contém cerca de 20 a 23% de proteína bruta e é a parte fibrosa do grão de milho, que fica retida após a extração da maior parte do amido, do glúten e do gérmen pelo processo utilizado na produção do amido ou xarope. Já o glúten de milho, contém cerca de 60% de proteína bruta, é o resíduo seco de milho, obtido após a remoção da maior parte do amido, do germe e da separação do farelo pelo processo empregado na fabricação do amido de milho ou xarope, pelo tratamento enzimático do endosperma, por via úmida (TARDIN, 1991).

O glúten de milho é uma proteína concentrada e comercialmente garantida para conter no mínimo 60% de proteína bruta, baixo conteúdo de fósforo e alta digestibilidade (GATLIN III et al. 2007). A determinação dos valores digestíveis dos nutrientes para as espécies de peixes comercialmente produzidas é um dos fatores mais importantes para a formulação de rações

completas, melhorando o desempenho produtivo dos peixes (ABIMORAD et al. 2004) e diminuindo a excreção de nutrientes e minerais ao ambiente.

Nesse sentido, Pezzato et al. (2002) avaliaram a digestibilidade de diferentes fontes proteicas para tilápia do Nilo e encontraram maiores valores digestíveis para o glúten de milho, quando comparados ao farelo de soja. Resultados semelhantes foram encontrados por Burr et al. (2011) com o salmão do Atlântico.

Ao determinar os coeficientes de digestibilidade aparente da proteína, e energia de alguns alimentos para pacu, Abimorad et al. (2008) encontraram dentre os concentrados proteicos, valores altos de digestibilidade para a proteína e energia, com 95,60 e 86%, respectivamente para o glúten de milho. Natori (2011) encontrou melhores resultados digestível para esse alimento com a mesma espécie para proteína bruta e energia bruta, com valores de 99,62% e 98,13%, respectivamente.

Por outro lado, uma das principais limitações do uso desse coproduto na alimentação, está relacionada ao desequilíbrio em aminoácidos essenciais (lisina, arginina e triptofano) (PARK et al. 1997; REGOST et al. 1999). Além disso, apresenta elevado conteúdo de carotenoides, em especial a xantofila, que pode conferir pigmentação amarelada na musculatura dos peixes (SAEZ et al. 2011).

Outro fator limitante do glúten de milho está relacionado à baixa palatabilidade, devido ao alto teor de ácidos graxos insaturados e o bissulfito usado durante o processo de maceração (PARK e SAXENA, 1997). Os ácidos graxos insaturados são susceptíveis ao desenvolvimento de rancidez, na qual o oxigênio reage à dupla ligação, produzindo peróxidos e radicais livres (PUPA, 2004). De acordo com o mesmo autor, grãos em geral possuem a enzima lipoxidase que estimula a rancidez, cujo processamento para obtenção do glúten de milho não inativa esta enzima.

O desbalanço de aminoácidos essenciais do glúten de milho pode estar relacionado com a redução na atrato-palatabilidade desse coproduto, uma vez que alguns aminoácidos podem funcionar como atrativos (Wilson, 2003). Pereira-da-Silva e Pezzato (2000) avaliaram a resposta da tilápia do Nilo à atratividade e a palatabilidade de 14 ingredientes e classificaram o glúten de milho como de médio atrato-palatabilidade e constataram que a ingestão total

de grânulos desse coproduto foi superior à ração controle e a levedura de cana de açúcar, entretanto, o glúten de milho também se mostrou com alta taxa de ejeção.

A redução no consumo de rações contendo glúten de milho foi observada em trabalhos realizados por Hisano et al. (2003) com tilápia do Nilo; Pereira e Oliva-Teles (2003) com dourada *Sparus aurata* e Bicudo et al. (2012) com cachara *Pseudoplatystoma fasciatum*. Por outro lado, Bonaldo et al. (2011) com turbot *Psetta maxima* e Yiğit et al. (2012) com dourada, não observaram diferenças no consumo de ração em peixes alimentados com esse coproduto.

5.3.1. Glúten de milho na alimentação de peixes

Alguns trabalhos avaliando o glúten de milho na alimentação de peixes têm sido realizados durante estes últimos anos. Regost et al. (1999), ao avaliarem o efeito do glúten de milho como substituto parcial ou total da farinha de peixe, verificaram que a proteína do glúten de milho pode substituir até 33,33% da proteína da farinha de peixe nas rações para juvenis de turbot.

Hisano et al. (2003), avaliando o glúten de milho em substituição a proteína da soja em até 100% para tilápia do Nilo, encontraram valores máximos de substituição de 30,69; 48,00 e 46,25% para ganho de peso, conversão alimentar e taxa de eficiência proteica, respectivamente, atribuindo os limites máximos de substituição devido ao desbalanço de aminoácidos essenciais do glúten de milho, que pode ter sido potencializado com a lixiviação da lisina sintética da ração, após o contato com a água.

Este fato também foi relatado por Kaur et al. (2005), ao avaliarem a substituição da farinha de peixe pelo glúten de milho em até 100% para carpas e verificaram uma correlação negativa no crescimento dos peixes com o aumento dos níveis de substituição da proteína do glúten de milho na ração. Os autores recomendam a substituição de 25%, visto que, até esse nível não afetou o ganho de peso dos peixes.

Resultado parcialmente semelhante foi observado por Kikuchi (1999), ao determinar os níveis de substituição de 0, 20, 40 e 60% da farinha de peixe pelo glúten de milho nas rações para juvenis de linguado japonês *Paralichthys*

olivaceus, e recomenda até 40% de substituição, sem afetar os parâmetros hematológicos, bioquímicos e desempenho dos peixes. Mente et al. (2003) para salmão do Atlântico, constataram a possibilidade de substituir até 50% da farinha de peixe pelo glúten de milho.

No mesmo sentido, ao analisarem o glúten de milho para juvenis de dourada, Pereira e Oliva-Teles (2003) não observaram diferenças significativas para ganho de peso, taxa de crescimento específico e taxa de eficiência proteica em substituição de até 60% da farinha de peixe nas rações para essa espécie. Entretanto, houve redução no desempenho desses animais com maior nível de substituição, tal fato foi atribuído à redução na eficiência em fornecer nutrientes, devido ao desbalanço de aminoácidos essenciais.

Com o objetivo de determinar a substituição parcial da farinha de peixe pelo glúten de milho para “puffer” *Takifugu fasciatus*, Zhong et al. (2011) concluíram que a substituição de 14,8% (10% de inclusão na ração) não ocasiona efeito adverso no desempenho e na eficiência de utilização dos alimentos para essa espécie. Resultados semelhantes foram encontrados por Yiğit et al. (2012), com juvenis de dourada e recomendam a inclusão de 10% de glúten de milho nas rações para essa espécie, proporcionando maior desempenho produtivo, com menor custo de produção.

Bicudo et al. (2012), avaliaram a inclusão do glúten de milho em até 42% em rações para cachara e encontraram melhores índices de desempenho com a inclusão de 10 a 15% de glúten de milho nas rações para essa espécie. Contudo, a proteína plasmática total, glicemia e consumo alimentar foram reduzidos significativamente com o aumento dos níveis de substituição.

Entretanto, Hu et al. (2012) com o híbrido de bagre do canal alimentados com rações com inclusão de 20% de glúten de milho como fonte proteica em comparação as rações tradicionais, não encontraram diferenças no desempenho e hematologia nos peixes alimentados com esse coproduto.

Por outro lado, a utilização de três fontes de proteína vegetal (farelo de soja, soja integral e glúten de milho) em substituição de 100% da farinha de peixe para tilápia do Nilo, foi avaliado por Goda et al. (2007) e encontraram significativamente piores resultados de desempenho para peixes alimentados com glúten de milho, quando comparado aos alimentados com farinha de peixe. Os autores relatam que a melhor fonte vegetal seria o farelo de soja em

comparação ao glúten de milho, proporcionando melhores índices de crescimento.

Lazzari et al. (2005) concluíram que o uso de glúten de milho em substituição parcial ou total ao fígado de aves em rações granuladas para larvas de jundiá *Rhamdia quelen*, proporcionou piores índices de crescimento. Resultados semelhantes foram encontrados por Filipetto et al. (2005), que também encontraram piores resultados com glúten de milho em substituição ao fígado bovino para pós-larvas de piavas *Leporinus obtusidens* e atribuem o baixo crescimento ao desbalanceamento de aminoácidos essenciais desse coproduto, principalmente a lisina.

5.3.2. Rendimentos corporais e qualidade da carne de peixes alimentados com glúten de milho

O rendimento das partes comestíveis no processamento dos peixes são informações essenciais para o desenvolvimento da industrialização do pescado (SOUZA et al. 2000) e podem ser influenciados por processos fisiológicos, incluindo a ingestão de alimentos, a digestão, absorção, assimilação e excreção (JOHNSTON et al. 2011).

Nesse sentido, Robinson et al. (2001) avaliaram o rendimento de carcaça de bagres do canal alimentados com rações contendo glúten de milho em até 50% e encontraram maior rendimento de carcaça para peixes alimentados com esse coproduto e atribuíram a menor porcentagem de gordura visceral nesses animais em comparação aos alimentados com farelo de soja .

Por outro lado, Hu et al. (2012) não encontraram diferenças significativas no rendimento de carcaça dos bagres do canal híbrido alimentados com 20% de inclusão desse coproduto em comparação as rações tradicionais a base de farelo de soja e farinha de peixe.

Os peixes podem adquirir sabores e/ou odores indesejáveis por meio da absorção de substâncias presentes na água e nas rações. Assim, é importante avaliar os efeitos dos coprodutos agroindustriais na qualidade da carne. Skonberg et al. (1998), avaliaram os atributos sensoriais de carnes derivadas de truta arco-íris alimentadas com rações contendo glúten de milho e

não observaram efeito negativo no sabor da carne dos peixes alimentados com esse coproduto.

De acordo com Bombardelli et al. (2005), a coloração da musculatura do peixe não apresenta relação com o sabor da carne. Contudo, a cor amarela no filé é uma característica indesejável para a indústria, pois está relacionada com a atratividade para o consumidor (HU et al. 2012). O glúten de milho é uma fonte rica em carotenoides, principalmente xantofilas (PARK et al. 1997), o que pode limitar o seu uso nas rações para peixes (BICUDO et al. 2012).

Estudo realizado por Robaina et al. (1997), com substituição da proteína da farinha de peixe pela do glúten de milho em até 40% (nível máximo testado), para juvenis de dourada, observaram que os peixes alimentados com rações contendo glúten de milho, apresentaram coloração amarelo-alaranjada na pele com o aumento da intensidade de substituição, fato atribuído à presença de carotenoides nesse alimento.

Por outro lado, Robinson et al. (2001) trabalhando com bagre do canal, não observaram diferenças visuais na coloração da pele ou filé dos peixes alimentados com diferentes níveis de glúten de milho.

Segundo Saez et al. (2011), a incorporação de 19% de glúten de milho nas rações, não causa efeito sobre a coloração da carne de truta arco-íris. No entanto, os autores relatam que a quantidade de xantofila no glúten de milho utilizado nas rações era relativamente baixa (142 mg/kg). Segundo os mesmos autores concentrações de 224 a 550 mg/kg tem sido relatadas para esse alimento.

Hu et al. (2012) observaram efeito linear crescente relacionado com os níveis de xantofila nas rações, porém não observaram diferenças visuais na coloração dos filés de bagres do canal híbridos em comparação aos peixes alimentados com rações tradicionais.

Por outro lado, diferentes resultados para pigmentação da carne foram relatados por Bicudo et al. (2012), com a inclusão do glúten de milho em até 42% em rações para cachara, que encontraram maior pigmentação amarelada ($P < 0,05$) nos filés dos peixes com o aumento da substituição, fato atribuído à presença de carotenoides desse coproduto.

Nesse sentido, e com o intuito de verificar os efeitos do glúten de milho sobre a cor, a qualidade sensorial e determinar se a suplementação dietética

com cantaxantina reduziria alterações causadas pelo glúten de milho nos padrões da carne de truta arco-íris, Skonberg et al. (1998) obtiveram maiores concentrações de coloração amarelada em filés de peixes alimentados com inclusão de 22,5% de glúten de milho na ração.

Segundo os mesmos autores a suplementação de 100 µg/g de cantaxantina sintética nas rações, proporcionou uma coloração avermelhada, reduzindo a coloração amarelada dos filés, resultando em um produto visualmente mais aceitável e sem causar alterações no sabor da carne desses peixes.

Outros dois fatores importantes que podem interferir na qualidade da carne de peixes é a capacidade de retenção de água (CRA) e a oxidação lipídica, que podem ser influenciadas pela composição das rações. A CRA tem relação direta com pH e o índice de fragmentação miofibrilar (LARA et al. 2010), tendo grande repercussão no desenvolvimento e na percepção das propriedades sensoriais (cor, textura, firmeza, dureza e suculência), afetando o valor comercial da carne (PEREDA et al. 2005).

A oxidação lipídica é definida como a deterioração oxidativa de ácidos graxos poliinsaturados e não só produz sabor desagradável na carne, mas reduz o valor nutricional dos alimentos (LAOHABANJONG et al. 2009). De acordo com Ladikos e Lougovois (1990), a natureza e as proporções relativas dos compostos formados a partir da oxidação de lípidios dependem em parte da composição da gordura do animal, a partir da qual eles são derivados.

Não há informações na literatura sobre a influência do glúten de milho na alimentação de peixes e a CRA e oxidação lipídica, evidenciando a importância destas análises neste estudo.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIMORAD, E. G.; CARNEIRO, D. J. Métodos de coletas de fezes e determinação dos coeficientes de digestibilidade da fração protéica e da energia de alimentos para o pacu, *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg, 1887), **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, n. 5, p. 1101-1109, 2004.

ABIMORAD, E. G.; CARNEIRO, D. J. Digestibility and performance of pacu *Piaractus mesopotamicus* juveniles fed diets containing different protein, lipid and carbohydrate levels. **Aquaculture Nutrition**, v. 13, p. 1-9, 2007.

ABIMORAD, E. G.; SQUASSONI, G. H.; ; CARNEIRO, J. D. Apparent digestibility of protein, energy, and amino acids in some selected feed ingredients for pacu *Piaractus mesopotamicus*. **Aquaculture Nutrition**, v. 14, p. 374-380, 2008.

ABIMORAD, E. G.; FAVERO, G. C.; CASTELLANI, D.; GARCIA, F.; CARNEIRO, D. J. Dietary supplementation of lysine and/or methionine on performance, nitrogen retention and excretion in pacu *Piaractus mesopotamicus* reared in cages. **Aquaculture**, v. 295, p. 266-270, 2009.

ABIMORAD, E. G.; FAVERO, G. C.; SQUASSONI, G. H.; CARNEIRO, D., Dietary digestible lysine requeriment and essential amino acid to lysine ratio for pacu *Piaractus mesopotamicus*, **Aquaculture Nutrition**, v.16, p. 370 – 377, 2010.

BALDISSEROTTO, B. **Fisiologia de peixes ligados a piscicultura**, Editora UFSM, Santa Maria - RS, 2002. 212 p.

BERGE, G.E.; SVEIER, H. LIED, E. Effects of feeding Atlantic salmon *Salmo salar* imbalanced levels of lysine and arginine, **Aquaculture Nutrition**, v.8; p. 239-248, 2002.

BOMBARDELLI, R. A.; SYPPERRECK, M. A.; SANCHES, E. A. Situação atual e perspectivas para o consumo, processamento e agregação de valor ao pescado. **Arquivo Ciência Veterinária Zootecnia**, UNIPAR, 8(2): p. 181-195, 2005.

BOMBARDELLI, R. A.; BENCKE, B. C.; SANCHES, E. A. Processamento da carne do pacu *Piaractus mesopotamicus* cultivado em tanques-rede no reservatório de Itaipu, **Acta Scientiarum Animal Sciences** Maringá, v. 29, n. 4, p. 457-463, 2007.

BICUDO, A. J. A.; BORGHESI, R.; DAIRIKI, J. K.; SADO, R. Y.; CYRINO, J. E. P. Performance of juveniles of *Pseudoplatystoma fasciatum* fed graded levels of corn gluten meal, **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 47, n. 6, p. 838-845, 2012.

BONALDO, A.; PARMA, L.; MANDRIOLI, L.; SIRRI, R.; FONTANILLAS, R.; BADIANI, A.; GATTA, P. P. Increasing dietary plant proteins affects growth performance and ammonia excretion but not digestibility and gut histology in turbot *Psetta maxima* juveniles, **Aquaculture**, v.318, p. 101–108, 2011.

BURR, A. S.; BARROSWS, T. T.; GAYLORD, G.; WOLTERS, W. R. Apparent digestibility of macro-nutrients and phosphorus in plant-derived ingredients for Atlantic salmon, *Salmo salar* and Arctic charr, *Salvelinus alpinus*, **Aquaculture Nutrition**, v.17, p. 570-577, 2011.

BRASIL 2010, Ministério da Pesca e Aquicultura. **Boletim estatístico da pesca e aquicultura**, Brasília, 2012.

CAMPESTRINI, E.; SILVA, V. T. M.; APPELT, M. D. Utilização de enzimas na alimentação animal, **Revista Eletrônica Nutritime**, v. 2, n. 6, p. 259-272, 2005.

CHENG, Z. J.; HARDY, R. W.; USRY, J. L. Effects of lysine supplementation in plant protein-based diets on the performance of rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* and apparent digestibility coefficients of nutrients, **Aquaculture**, v. 215, p. 255–265, 2003.

CYRINO, J. E. P; BICUDO, A. J. A; SADO, R. Y.; BORGHESI, R.; DAIRIKI, J. K. A piscicultura e o ambiente – o uso de alimentos ambientalmente corretos em piscicultura, **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, p. 68-87, 2010.

DAVIES, S. J.; MORRIS, P. C.; BAKER, R. T. M. Partial substitution of fish meal and full-fat soya bean meal with wheat gluten and influence of lysine supplementation in diets for rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum), **Aquaculture Research**, v. 28, p. 317-328, 1997.

EL SAYED, A. F. M. Alternative dietary protein source for farmed tilápia, *Oreochromis* spp. In: **Aquaculture**, v. 179, p. 149-168, 1999.

EL SAIDY, D. M. S. D.; GABER, M. M. A. Complete replacement of fish meal by soybean meal with dietary L-lysine supplementation for Nile tilapia *Oreochromis niloticus* L. fingerlings. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 33, p. 297-306, 2002.

FABREGAT, T. H. P.; FERNANDES, J. B. K.; RODRIGUEZ, L. A.; BORGES, F. F.; PEREIRA, T. S.; NASCIMENTO, T. M. T. Digestibilidade aparente da energia e da proteína de ingredientes selecionados para juvenis de pacu *Piaractus mesopotamicus*, **Revista Acadêmica, Ciências Agrárias e Ambientais**, Curitiba, v. 6, n. 4, p. 459-464, 2008.

FAO. Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la agricultura, **El estado mundial de la pesca y la acuicultura**, Roma, p. 251, 2012.

FARIA, R. H. S. A.; SOUZA, M. L. R.; WAGNER, P. M.; POVH, J. A.; RIBEIRO, R. P. Rendimento do processamento da tilápia do Nilo *Oreochromis niloticus* Linnaeus, 1757 e do pacu *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg, 1887), **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v. 25, n. 1, p. 21-24, 2003.

FILIPETTO, J. E. S.; RADÜNZ NETO, J.; SILVA, J. H. S.; LAZZARI, R.; PEDRON, F. A.; VEIVERBERG, C. A. Substituição do fígado bovino por glúten de milho, glúten de trigo e farelo de soja em rações para pós-larvas de piavas *Leporinus obtusidens*, **Ciencia Rural**, v. 35, p. 192-197, 2005.

FURUYA, W. M.; PEZZATO, L. E.; PEZZATO, A. C.; BARROS, M. M.; MIRANDA, E. C. Coeficiente de digestibilidade e valores de aminoácidos digestíveis de alguns ingredientes para tilápia do Nilo *Oreochromis niloticus*. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, 30(4): p.1143-1149, 2001.

FRANCIS, G.; MAKKAR, H.P.S.; BECKER, K. Antinutritional factors present in plant derived alternate fish feed ingredients and their effects in fish. **Aquaculture**, v. 199, p.197–227, 2001.

GATLIN III, D. M.; BARROWS, T. F.; BROWN, P.; DABROWSKI, K.; GAYLORD, T. G.; HARDY, R.; HERMAN, E.; HU, G.; KROGDAHL, A.; NELSON, R.; OVERTURF, K.; RUST, M.; SEALEY, W.; SKONBERG, D.; SOUZA, E.; STONE, D.; WILSON, R.; WURTELE, E. Expanding the utilization of sustainable plant products in aquafeeds: a review. **Aquaculture Research**, v.38, p. 551-579, 2007.

GODA, A. M.; WAFA, M. E.; EL HAROUN, E.R.; CHOWDHURY, M. A. K. Growth performance and feed utilization of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) and tilapia galilae *Sarotherodon galilaeus* (Linnaeus, 1758) fingerlings fed plant protein-based diets, **Aquaculture Research**, v. 38, p. 827-837, 2007.

HARDY, W. R.; Utilization of plant proteins in fish diets: effects of global demand and supplies of fishmeal, **Aquaculture Research**, v. 41, p. 770-776, 2010.

HISANO, H.; GONÇALVES G. S.; ZUANON J. A. S.; FREIRE E. S.; FERRARI J. E. C.; BARROS M. M.; PEZZATO L. E. Substituição da proteína do farelo de soja pela proteína do glúten de milho em rações para alevinos de tilápia do Nilo. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, Maringá, v. 25, p. 255-260, 2003.

HU, B.; FERRELL, M.; LIM, C. E.; DAVIS, D. A. Evaluation of traditional diet and corn gluten feed substituted alternative diet for pond-raised hybrid catfish on production and xanthophyll level, **Aquaculture**, v. 354–355, p. 22–26, 2012.

JOMORI, R. K.; CARNEIRO, D. J.; MARTINS, M. I. E. G.; PORTELLA, M. C. Economic evaluation of *Piaractus mesopotamicus* juvenile production in different rearing systems. **Aquaculture**, v. 243, p. 175-183, 2005.

JOHNSTON, I. A.; BOWER N. I.; MACQUEEN D. J. Growth and the regulation of myotomal muscle mass in teleost fish, **The Journal of Experimental Biology**, v. 214, p. 1617-1628, 2011.

LAOHABANJONG, R.; TANTIKITTI, C.; BENJAKUL, S.; SUPAMATTAYA, K. BOONYARATPALIN, M. Lipid oxidation in fish meal stored under different conditions on growth, feed efficiency and hepatopancreatic cells of black tiger shrimp *Penaeus monodon*, **Aquaculture**, v. 286, p. 283-289, 2009.

LADIKOS, D.; LOUGOVOIS, V. Lipid Oxidation in Muscle Foods: A Review, **Food Chemistry**, v. 35, p. 295-314, 1990.

LARA, J. A. F.; GARBELINI, J. S.; DELBEM, A. C. B.; Determinação da Capacidade de Retenção de Água em Filés de Pintado Obtidos no Rio Paraguai (Corumbá-MS), in: **SIMPAM, 5º Simpósio sobre recursos naturais e sócio econômicos do pantanal**, 2010.

LAZZARI, R.; RADÜNZ NETO, J.; VEIVERBERG, C. A.; BERGAMIN, G. T.; SIMÕES, R. S.; PEDRON, F. A. LOSEKANN, M. E.; COSTA, M. L. Utilização de glúten de milho em substituição ao fígado de ave em ração granulada para alimentação inicial do jundiá, *Rhamdia quelen*, **Boletim do Instituto da Pesca**, v.31, p. 119 - 127, 2005.

KAUR, V. I.; SAXENA, P. K. Incorporation of maize gluten in supplementary feed and its impact on growth and flesh quality of some carps, **Aquaculture International** v.13, p. 555–573, 2005.

KIKUCHI, K. Partial replacement of fish meal with corn gluten meal in diets for Japanese Flounder *Paralichthys olivaceus*, **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 30, n. 3, 1999.

MENTE, E.; DEGUARA, S.; SANTOS, M. B.; HOULIHAN, D. White muscle free amino acid concentrations following feeding a maize gluten dietary protein in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.), **Aquaculture**, v. 225, p. 133–147, 2003.

MENEDHETTI, C. C.; DOMINGUES, J. L. Características nutricionais e uso de subproduto da agroindústria na alimentação de bovinos, **Revista Eletrônica Nutrime**, v. 5, n. 2, p. 512-536, 2008.

NATORI, M. M. **Ingredientes derivados do milho em dietas para tilápia Nilótica *Oreochromis niloticus* e pacu *Piaractus mesopotamicus*: digestibilidade, desempenho e viabilidade econômica**, Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo – Universidade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Pirassununga, São Paulo, p. 107, 2011.

NUNES, C. S. **Desempenho de produção e enriquecimento em ácidos graxos de pacu *Piaractus mesopotamicus* com diferentes fontes lipídicas nas dietas**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho - Faculdade de Ciências Agrárias. Jaboticabal, São Paulo, 84 p, 20

OSTASZEWSKA, T.; DABROWSKI, K.; PALACIUS, M. E.; OLEJNICZAK, M.; WIECZOREK, M. Growth and morphological changes in the digestive tract of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and pacu *Piaractus mesopotamicus* due to casein replacement with soybean proteins. **Aquaculture**, v. 245, p. 273-286, 2005.

OSTRENSKY, A; BORGHETTI, J. R.; SOTO, D. **Aquicultura no Brasil: o desafio é crescer**. Brasília, 276 p. 2008.

PARK, H.; FLORES, R. A.; JOHNSON, L. A. Preparation of Fish Feed Ingredients: Reduction of Carotenoids in Corn Gluten Meal, **Journal Agriculture Food Chem**, v. 45, p. 2088-2092, 1997.

PEIXER, J. PETRERE, M. Hook selectivity of the Pacu *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg, 1887) in the Pantanal, the state of Mato Grosso do Sul, Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 67, p. 339-345, 2007.

PEREIRA-DA-SILVA E. M.; PEZZATO, L. E. Respostas da tilápia do Nilo *Oreochromis niloticus* à Atratividade e Palatabilidade de Ingredientes Utilizados na Alimentação de Peixes, **Revista Brasileira Zootecnia**, v. 29 p.1273-1280, 2000.

PEREIRA, T. G.; OLIVA-TELES, A. Evaluation of corn gluten meal as a protein source in diets for gilthead sea bream *Sparus aurata* juveniles, **Aquaculture Research**, v. 34, p.1111-1117, 2003.

PEREDA, J. A. O.; RODRIGUES, M. I. C. ÁLVRES, L. F.; SANZ, M. L. G.; MIMGUILLÓN, G. D. G. F.; PERALES, L. L. H.; CORTECERO, M. D. S. **Tecnologia de alimentos, alimentos de origem animal**, Editora ARTMED, Porto Alegre, RS, 2005. p. 279.

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

PEZZATO, L. E.; BARROS, M. M.; FURUYA, W. M. Valor nutritivo dos alimentos utilizados na formulação de rações para peixes tropicais, **Revista Brasileira Zootecnia**, v. 38, p. 43-51, 2009.

PUPA, J. M. R. Óleos e gorduras na alimentação de aves e suínos, **Revista Eletrônica Nutrime**, v. 1, p. 69-73, 2004.

REFSTIE, S.; STOREBAKKEN, T.; ROEM, A. J. Feed consumption and conversion in Atlantic salmon *Salmo salar* fed diets with fish meal, extracted soybean meal or soybean meal with reduced content of oligosaccharides, trypsin inhibitors, lectins and soya antigens. **Aquaculture**, v. 162, p. 301-312, 1998.

REGOST, C.; ARZEL J.; KAUSHIK S. J. Partial or total replacement of fish meal by corn gluten meal in diet for turbot *Psetta maxima*. **Aquaculture**, v.180, p. 99-117, 1999.

ROBAINA, L.; MOYANO, F. J.; IZQUIERDO, M. S.; SOCORRO, J.; VERGARA, J. M.; MONTERO, D. Corn gluten and meat and bone meals as protein sources in diets for gilthead seabream *Sparus aurata*: Nutritional and histological implications, **Aquaculture** v.157, p. 347-359, 1997.

ROBINSON, E.; LI, H. M.; MANNIN, B. B. Evaluation of Corn Gluten Feed as a Dietary Ingredient for Pond-Raised Channel Catfish *Ictalurus punctatus*, **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 32, n. 1, 2001.

RODEHUTSCORD, M.; BORCHERT, F.; GREGUS, Z. Availability and utilization of free lysine in rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*, Effect of dietary crude protein level, **Aquaculture**, v. 187, p. 163-176, 2000.

SAEZ, P.; ABDEL-AAL, E. M.; BUREAU, D. P. Effects of Corn Gluten Meal on Flesh Pigmentation of Rainbow Trout, **International Aquafeed**, March/April, 2011.

SILVA, M. R.; SILVA, M. A. A. P. Fatores antinutricionais: inibidores de proteases e lectinas, **Revista Nutrime**, v. 13, p. 3-9, 2000.

SOUZA, M. L. R.; MARENGONI, N. G.; PINTO, A. A.; CAÇADOR, W. C. Rendimento do processamento da tilápia *Oreochromis niloticus*: tipos de corte da cabeça em duas categorias de peso, **Acta Scientiarum**, v. 22, p. 701-706, 2000.

SANTOS, L. D.; WILSON, M. F.; TARCILA, S. C. S.; MARIANA, M.; MAKOTO, M. Ácido linoléico conjugado em dietas para pacu: tempo de deposição, desempenho e perfil de ácidos graxos, *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 38, n. 6, p. 980-988, 2009.

SKONBERG, D. I.; HARDY, R. W.; BARROWS, F. T.; DONG, F. M. Color and flavor analyses of fillets from farm-raised rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* fed low-phosphorus feeds containing corn or wheat gluten, **Aquaculture**, v. 166, p. 269-277, 1998.

STECH, M. R.; D. J.; CARVALHO, M. R. B. Fatores antinutricionais e coeficientes de digestibilidade aparente da proteína de produtos de soja para o pacu *Piaractus mesopotamicus*, **Acta Scientiarum Animal Sciences**, Maringá, v. 32, n. 3, p. 255-262, 2010.

STOREBAKKEN, T.; SHEARER, K. D.; BAEVERFJORD, G.; NIELSEN, B. G.; ASGARD, T.; SCOTT, T. DE LAPORTE, A. Digestibility of macronutrients, energy and amino acids, absorption of elements and absence of intestinal enteritis in Atlantic salmon, *Salmo salar*, fed diets with wheat gluten, **Aquaculture**, v. 184, p. 115-132, 2000.

TARDIN, A. C. Programa de controle de valor nutritivo para rações produzidas na granja, in: **Seminário de Postura comercial**, Campinas, 1991, p. 63-85.

TEIXEIRA, E. A.; CREPALDI, D. V.; FARIA, M. C.; RIBEIRO, L. P.; MELO, D.C.; EULER, A. C. C.; SALIBA, E. O. S. Substituição de farinha de peixe em rações para peixes, **Revista Brasileira Reprodução Animal**, Belo Horizonte, v. 30, n. 3/4, p.118-125, 2006.

TRINDADE NETO, M. A.; LIMA, J. A. F.; TADEU FILHO, E.; OLIVEIRA, A. I. F. Farelo de glúten de milho para suínos em crescimento e terminação (Desempenho), **Revista Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v. 24, n.1, p.108-116, 1995.

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

YIĞIT, M.; BULUT, M.; ERGÜN, S.; GÜROYD.; KARGA, M.; KESBIÇ, O. S.; YILMAZ, S.; ACAR, U.; GÜROY, B. Utilization of corn gluten meal as a protein source in diets for gilthead sea bream *Sparus aurata* juveniles, **Journal of FisheriesSciences.com**, v. 6, p. 63-73, 2012.

WILSON, R.P. Amino acid requirements of finfish and crustaceans. In: D'MELO, J.P. F. (Ed.). **Amino acids in animal nutrition**. Cambridge: CABI Publishing, 2003. p. 427 – 447.

ZARATE, D. D.; LOVE, R. T. Free lysine (L-lysine I HCl) is utilized for growth less efficiently than protein-bound lysine (soybean meal) in practical diets by young channel catfish *Ictalurus punctatus*, **Aquaculture**, v. 159, p. 87-100, 1997.

ZHONG, G.; HUA, X.; YUAN, K.; ZHOU, H. Effect of CGM on growth performance and digestibility in puffer *Takifugu fasciatus*, **Aquaculture International**, v. 19, p. 395–403, 2011.

CAPITULO 2:

O artigo descrito abaixo foi elaborado de acordo com as normas da Revista Brasileira de Zootecnia.

Glúten de milho em rações para pacu: desempenho produtivo, parâmetros sanguíneos e qualidade do filé

Resumo: O objetivo deste estudo foi avaliar o desempenho produtivo, rendimento corporal, qualidade e composição centesimal dos filés, além de parâmetros sanguíneos de juvenis de pacu alimentados com glúten de milho. O delineamento experimental inteiramente casualizado com cinco tratamentos 00; 25; 50; 75 e 100% de substituição da proteína do farelo de soja (FS) pela proteína do glúten de milho (GM), que correspondeu a 6,12; 12,24; 18,36 e 24,49% de inclusão de GM na ração e quatro repetições. As rações foram formuladas para se apresentarem isonutritivas. Foram utilizados 100 juvenis de pacu, com peso médio inicial de $32,79 \pm 3,43$ g. Observou-se efeito quadrático para rendimento de filé e carcaça eviscerada, conversão alimentar, ganho de peso e taxa de crescimento específico, sendo os valores ótimos estimados em 22,07; 28,22; 30,85; 37,72 e 38,43% de substituição da proteína do FS pela proteína do GM, respectivamente. Não houve diferença ($P>0,05$) para os parâmetros sanguíneos, composição centesimal, capacidade de retenção de água, pH, oxidação lipídica e padrão de cor vermelha dos filés (valor a^*) entre os distintos tratamentos. As análises colorimétricas valor L^* e b^* (luminosidade e padrão de cor amarela) apresentaram diferenças ($P<0,05$). A substituição de 22,07 a 38,43% do farelo de soja pelo glúten de milho (5,40 a 9,41% de inclusão na ração) melhora o desempenho produtivo e rendimento corporal de juvenis de pacu, sem alterar os parâmetros sanguíneos e afetar a qualidade dos filés.

Palavras-chave: Coproduto, farelo de soja, *Piaractus mesopotamicus*, proteínas vegetais

Corn gluten meal in pacu diets: growth performance, blood parameters and quality of fillet

Abstract: This study aimed to assess the growth performance, carcass yield, quality and fillet composition, as well as blood parameters of juvenile pacu fed with corn gluten meal. The experimental design was completely randomized with five treatments 00, 25, 50, 75 and 100% of replacement of soybean meal (FS) protein for corn gluten meal (GM) protein, which corresponded to 6.12; 12.24; 18.36 and 24.49% of gluten inclusion in the diets and four repetitions. The diets were formulated to be isonutritives. One hundred juveniles pacu with an average initial weight of 32.79 ± 3.43 g were used. A quadratic effect was observed for fillet yield and carcass (without gut), feed conversion, weight gain and specific growth rate, being the optimum estimated values in 22.07; 28.22; 30.85; 37.72 and 38.43% substitution of FS protein for CM protein, respectively. There were no difference ($P>0.05$) for blood parameters, body analysis, water retention capacity, pH, lipid oxidation and standard red color, a^* value of filets among distinct treatments. The colorimetric analysis L^* and b^* values (luminosity and standard yellow color) showed significant differences ($P<0.05$). Replacement of up to 22.07 to 38.43% of soybean protein for corn gluten meal protein (5.40 to 9.41% of inclusion in the feed) improves the productive performance and body yield of pacu juveniles, without altering blood parameters and without affecting the quality of filets.

Keywords: coproduct, soybean meal, *Piaractus mesopotamicus*, plant protein sources

Introdução

No sentido de atender o mercado em franca expansão, os piscicultores buscam espécies com boa produtividade e aceitação para a pesca e consumo. O pacu *Piaractus mesopotamicus* se destaca em função do seu alto potencial zootécnico, rusticidade e adaptabilidade aos sistemas de cultivo (ABIMORAD et al. 2009). Na natureza utiliza alimentos bastante diversificados, variando em função da sazonalidade (ABIMORAD & CARNEIRO, 2004) permitindo assim, a utilização de várias fontes de proteína vegetal em sua alimentação, o que reduz o seu custo de produção.

64 O glúten de milho é um coproduto obtido a partir do processamento do milho e
65 comercialmente garantido para conter no mínimo 60% de proteína bruta, podendo ser
66 considerado uma adequada fonte proteica para compor as rações para peixes (GATLIN
67 III et al. 2007).

68 No entanto, uma das principais limitações do seu uso está relacionada ao
69 desequilíbrio em aminoácidos essenciais (lisina, arginina e triptofano), podendo
70 prejudicar o crescimento dos peixes (REGOST et al. 1999; HISANO et al. 2003;
71 MENTE et al. 2003; KAUR et al. 2005; BICUDO et al. 2012).

72 Outro fator limitante é a presença de carotenóides, principalmente xantofilas, que
73 pode limitar seu uso em rações para peixes (PARK et al. 1997; BICUDO et al. 2012).
74 De acordo com Hu et al. (2012), a coloração amarela nos filés reduz a aceitação do
75 consumidor, podendo causar implicações comerciais.

76 O crescimento dos peixes é influenciado por processos fisiológicos, incluindo a
77 ingestão de alimentos, a digestão, absorção, assimilação e excreção (JOHNSTON et al.
78 2011). Dessa forma, os tipos de ingredientes, a formulação de rações para atender as
79 exigências da espécie e uma alimentação adequada são essenciais para os peixes
80 poderem expressar seu máximo crescimento a um menor custo.

81 Nesse sentido e considerando o elevado teor proteico, a ausência de fatores
82 antinutricionais desse coproduto, objetivou-se avaliar o desempenho produtivo,
83 rendimento corporal, qualidade dos filés, composição centesimal e parâmetros
84 hematológicos de juvenis de pacu alimentados com glúten de milho.

85

86 **Material e métodos**

87 O experimento foi conduzido no Laboratório de Piscicultura da Embrapa
88 Agropecuária Oeste, durante 60 dias. Foram utilizados 100 juvenis de pacu, com peso

89 médio inicial de $32,79 \pm 3,43$ g, distribuídos em vinte unidades experimentais com
90 volume aproximado de 70 L cada, alojadas em cinco tanques circulares de 1000 L em
91 sistema com renovação contínua de água proveniente de poço artesiano.

92 O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com cinco tratamentos
93 00; 25; 50; 75 e 100% de substituição da proteína do farelo de soja pela proteína do
94 glúten de milho, que correspondeu a 6,12; 12,24; 18,36 e 24,49% de inclusão de glúten
95 na ração e quatro repetições.

96 A partir dos valores digestíveis apresentados por Abimorad (2008), Fabregat et al.
97 (2008), Abimorad & Carneiro (2007), Abimorad & Carneiro (2004) e bromatológicas
98 por Rostagno et al. (2011) foram formuladas rações para se apresentarem isoproteicas,
99 isoenergéticas e isofíbricas com 22% de PD, 3200 Kcal de ED kg^{-1} e 7,45% FB,
100 respectivamente (Tabela 1).

101 Os ingredientes utilizados na confecção das rações foram moídos em peneira de
102 0,5 mm e as rações processadas na forma de grânulos de diâmetro igual a 2,5 mm em
103 uma peletizadora. As mesmas foram secas em estufa com ventilação forçada a 55°C por
104 24 horas e posteriormente armazenadas em refrigeração a 5°C. Os peixes foram
105 alimentados diariamente (cinco vezes ao dia) às 8:00, 10:30, 13:00, 15:30 e às 18:00
106 horas, até a saciedade aparente.

107 O oxigênio dissolvido (mg L^{-1}) e temperatura (°C) da água dos tanques
108 experimentais foram aferidos diariamente às 7:30 e 18:30 horas, por meio de oxímetro e
109 termômetro digitais. Os teores de amônia, nitrito, nitrato, pH, alcalinidade foram
110 mensurados semanalmente por kit colorimétrico.

111

112 Tabela 1. Formulação e composição bromatológica das rações experimentais.

Ingredientes	Níveis de substituição (%)				
	0	25	50	75	100
Farelo de soja (45%)	34,89	26,17	17,44	8,72	-
Glúten de milho (60%)	-	6,12	12,24	18,36	24,49
Farinha de peixe	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00
Milho	29,79	35,00	39,50	43,52	48,55
Farelo de trigo	15,82	13,40	11,36	10,00	7,50
Óleo de soja	3,99	2,99	2,15	1,20	0,30
Fosfato bicálcico	2,24	2,35	2,52	2,60	2,70
Cloreto de Sódio	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Celulose	4,64	5,21	5,86	6,50	7,20
L-Lisina (78%)	0,41	0,58	0,75	0,92	1,08
DL-Metionina (99%)	0,04	-	-	-	-
Suplemento vitamínico mineral ¹	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Vitamina C ²	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
Butil - Hidroxi -Tolueno	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Total	100	100	100	100	100
Composição química calculada					
Energia Digestível (kcal/kg)	3200,00	3200,00	3200,00	3200,00	3200,00
Proteína Digestível (%)	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00
Lisina Digestível (%)	1,64	1,64	1,64	1,64	1,64
Metionina Digestível (%)	0,38	0,38	0,40	0,44	0,47
Extrato Etéreo (%)	6,73	5,83	5,08	4,23	3,42
Fibra bruta (%)	7,45	7,45	7,45	7,45	7,45
Cálcio (%)	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10
Fósforo disponível (%)	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70
Vitamina C (mg/kg)	220	220	220	220	220

113 ¹ Composição do suplemento vitamínico e mineral por kg de ração: vitamina A: 500.000 UI, vitamina D3,
 114 250.000 UI, vitamina E 5.000 mg, vitamina K3, 500 mg, vitamina B1 1.000 mg, vitamina B2: 1.000 mg,
 115 vitamina B6: 1.000mg, vitamina B12: 2.000 mg, niacina: 2.500 ácido fólico: 500 mg, biotina: 10 mg,
 116 vitamina C 10.000 mg, colina: 100.000mg, Inositol: 1.000 mg, selênio: 30 mg, ferro: 5.000 mg, cobre:
 117 1.000 mg, manganês: 5.000 mg, zinco: 9.000 mg, cobalto: 50 mg, iodo: 200mg.

118 ² Níveis de garantia por quilograma do produto: Ácido ascórbico (min) 350.000 mg.

119

120 No final do experimento, 12 peixes de cada tratamento foram destinados à
 121 colheita de sangue, rendimentos de carcaça e filé, composição centesimal e qualidade de
 122 carne. A colheita de sangue foi realizada por punção da veia caudal com auxílio de
 123 seringa contendo EDTA (3%), colheu-se 1,0 mL de sangue de cada peixe. Essa porção
 124 foi destinada à determinação do hematócrito pelo método do microhematócrito

125 Goldenfarb et al. (1971), hemoglobina pelo método de cianometahemoglobina de
126 Collier, (1944), o teor de proteínas plasmáticas totais (PPT) por meio de refratometria
127 com auxílio de refratômetro portátil e contagem do número de eritrócitos em câmara de
128 Neubauer.

129 A partir dos dados de hematócrito, hemoglobina e número de eritrócitos foram
130 calculados os índices hematimétricos de Wintrobe (1934), compreendidos por volume
131 corpuscular médio (VCM) e concentração de hemoglobina corpuscular média (CHCM).

132 Para as análises de rendimentos de carcaça e filé, os peixes foram pesados para a
133 obtenção do peso total e posteriormente abatidos por choque térmico em gelo. Após,
134 foram eviscerados e pesados para determinação da porcentagem de rendimento de
135 carcaça eviscerada (RCE). As carcaças foram identificadas e acondicionadas sobre
136 refrigeração a 7°C até o *rigor-mortis*. Posteriormente, os filés foram retirados pelo
137 mesmo operador e pesados para obtenção da porcentagem de rendimento de filé sem
138 pele (RF) e embalados, identificados e congelados a -22°C para posteriores análises da
139 composição centesimal e qualidade de carne.

140 As análises da composição centesimal dos filés (inicial e final), umidade, proteína
141 bruta, fração lipídica e cinzas, foram realizadas no Laboratório de Solos, Plantas e
142 Corretivos da Embrapa Agropecuária Oeste, de acordo com os procedimentos da AOAC
143 (2000). Para obtenção da porcentagem de retenção de proteína (RP) foi realizado o
144 seguinte cálculo: $RN = (\% \text{ da proteína final do filé} - \% \text{ da proteína inicial do filé}) /$
145 $\text{ingestão de proteína bruta} \times 100$.

146 As análises de qualidade da carne pH, valores L*; a* e b*, oxidação lipídica
147 (TBARS) e capacidade de retenção de água (CRA) foram realizadas no
148 LAC - Laboratório de Análise de Carnes da Embrapa Pantanal.

O pH intramuscular foi determinado em profundidade em dois pontos do filé e a leitura realizada em aparelho medidor de pH Mettler Toledo com eletrodo específico para carnes (modelo 1140). As análises colorimétricas valores L*, a* e b*, (Sistema Hunter, luminosidade, padrão de cor vermelha e padrão de cor amarela, respectivamente) foram avaliadas tomando-se três pontos de leitura sobre o filé com o uso de um colorímetro Minolta CR-10. A oxidação lipídica foi avaliada pela formação de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS), segundo o método descrito por Vyncke (1970). E para determinação da CRA foi utilizada a metodologia descrita por Lankhmanan et al. (2007).

Para avaliação do desempenho produtivo durante o período experimental foi calculado o ganho de peso (GP), conversão alimentar (CA), taxa de eficiência proteica (TEP), taxa de crescimento específico (TCE), taxa de sobrevivência (S) e consumo diário de ração (CR).

Para avaliação dos dados experimentais de desempenho produtivo e rendimentos de carcaça eviscerada e filé foram aplicados análise de variância e quando significativos, os dados foram submetidos à análise de regressão polinomial. Os parâmetros sanguíneos, a composição centesimal e qualidade da carne foram submetidos à análise de variância e aplicado o teste de Tukey a 5 % de significância.

Resultados e discussão

Durante o período experimental, a temperatura média da água foi de $28,61 \pm 0,86^{\circ}\text{C}$ e o oxigênio dissolvido de $6,15 \pm 0,40 \text{ mg L}^{-1}$, pH $7,8 \pm 0,30$, amônia total $0,1 \pm 0,00 \text{ mg L}^{-1}$, alcalinidade total $60 \pm 0,20 \text{ mg L}^{-1}$ de CaCO_3 , nitrato $0,10 \pm 0,00 \text{ mg L}^{-1}$, nitrito $0,01 \pm 0,00 \text{ mg L}^{-1}$. Os parâmetros de qualidade aferidos

173 neste trabalho apresentaram resultados adequados para o pacu (URBINATI &
174 GONÇALVES, 2005).

175 Os valores médios de consumo alimentar apresentaram efeito linear negativo
176 ($P < 0,05$) entre os distintos tratamentos (Figura 1). Resultados semelhantes foram
177 encontrados por Goda et al. (2007) e Bicudo et al. (2012), e atribuíram à baixa
178 palatabilidade do glúten de milho.

179 De acordo com Park & Saxena (1997), a baixa palatabilidade está associada ao
180 alto teor de ácidos graxos insaturados (AGI) e o bissulfito usado durante o processo de
181 maceração. Os AGI são susceptíveis ao desenvolvimento de rancidez, na qual o
182 oxigênio reage à dupla ligação, produzindo peróxidos e radicais livres (PUPA, 2004).
183 Além disso, o desbalanço de aminoácidos essenciais do glúten de milho pode reduzir o
184 consumo alimentar, uma vez que alguns aminoácidos possuem característica de
185 atratividade (WILSON, 2003).

186 No entanto, Rodehutscord et al. (1995) não encontraram diferenças significativas
187 no consumo de ração para truta arco-íris *Oncorhynchus mykiss* em substituição de até
188 100% da farinha de peixe pelo glúten de milho. Bonaldo et al. (2011) com turbot *Psetta*
189 *maxima* e Yiğit et al. (2012) com dourada *Sparus aurata*, também não observaram
190 diferenças no consumo de ração dos peixes alimentados com esse coproduto.

191 Os valores médios de GP indicaram efeito quadrático ($P < 0,05$) para substituição
192 da proteína do farelo de soja pela proteína do glúten de milho (Figura 2). Pela equação
193 de regressão foi possível estimar o nível ótimo de substituição de 37,72%.

194 Estudo realizado por Hisano et al. (2003), avaliando o glúten de milho em
195 substituição a proteína da soja em até 100% para tilápia do Nilo *Oreochromis niloticus*,
196 encontraram valores máximos de substituição para GP de 30,69%. Os autores atribuíram
197 os limites máximos de substituição devido ao desbalanço de aminoácidos essenciais

desse coproduto e pela lixiviação da lisina sintética nas rações após o contato com a água. Tal fato também pode ser considerado no presente estudo, visto que, a suplementação de lisina sintética aumentou conforme o incremento de glúten de milho nas rações (Tabela 1).

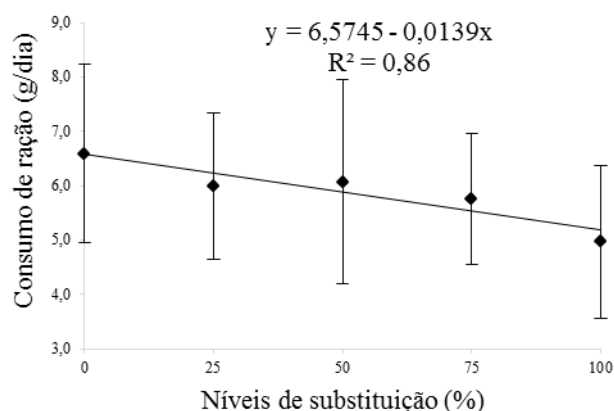


Figura 1. Consumo diário de ração dos juvenis de pacu alimentados com glúten de milho.

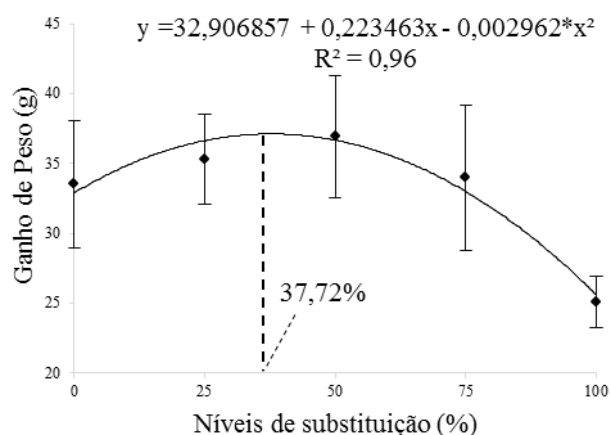
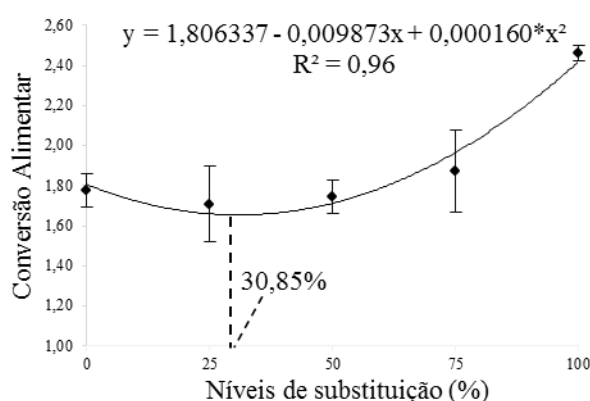


Figura 2. Curvas de regressão para ganho de peso de juvenis de pacu alimentados com glúten de milho.

De acordo com Zarate & Love (1997), a perda de lisina devido à lixiviação na água é de 12,7% da concentração original de lisina livre e 2,0% da lisina ligada à proteína, portanto lisina ligada à proteína é utilizada com mais eficiência que a lisina livre.

213 Ao analisarem a substituição da farinha de peixe pelo glúten de milho em até
 214 100% para carpas, Kaur & Saxena (2005) verificaram uma correlação negativa com o
 215 aumento dos níveis de inclusão da proteína do glúten de milho na ração. Os autores
 216 recomendam a substituição de 25%, visto que até esse nível não existe diferença para o
 217 ganho de peso dos peixes. No entanto, para o salmão do Atlântico *Salmo salar L.*, Mente
 218 et al. (2003) constataram a possibilidade de substituir até 50% da farinha de peixe pelo
 219 glúten de milho.

220 Os valores médios para CA indicaram efeito quadrático ($P < 0,05$) para substituição
 221 da proteína do farelo de soja pela proteína do glúten de milho (Figura 3), cujo nível
 222 ótimo estimado foi de 30,85%, proporcionando uma CA de 1,65.



223
 224 Figura 3. Curvas de regressão para conversão alimentar de juvenis de pacu alimentados
 225 com glúten de milho.

226
 227 Efeito quadrático também foi observado para essa mesma variável por Hisano et
 228 al. (2003) para tilápia do Nilo, que estimaram melhor nível de substituição do farelo de
 229 soja pelo glúten de milho em 48%. Bicudo et al. (2012), relataram este mesmo
 230 comportamento para CA de cachara *Pseudoplatystoma fasciatum* alimentadas com
 231 diferentes níveis de glúten de milho, com melhor nível de inclusão calculado em 15%.

232 Os resultados encontrados no presente estudo contrariam parcialmente os
 233 reportados por Kaur & Saxena (2005) com carpas e Yiğit et al. (2012) com dourada, os

quais verificaram uma correlação negativa para CA com o aumento dos níveis de inclusão da proteína do glúten de milho na ração. Entretanto, Mente et al. (2003) e Pereira & Oliva-Teles (2003) com juvenis de dourada não encontraram diferenças significativas para CA e recomendam 50 e 60% de substituição, respectivamente.

Observou-se efeito quadrático para TCE ($P < 0,01$), com melhor nível de substituição estimado em 38,43% (Figura 4).

Resultados parcialmente semelhantes foram encontrados por Kaur & Saxena (2005) com carpas e obtiveram melhores TCE com 25% de substituição da farinha de peixe pelo glúten de milho. Por outro lado, os resultados encontrados nesse trabalho contrariam os reportados por Pereira & Oliva-Teles (2003), com juvenis de dourada e não observaram diferenças significativas em substituição de até 60% da farinha de peixe pelo glúten de milho nas rações.

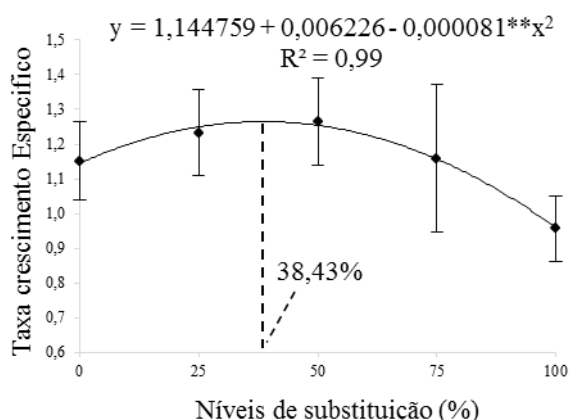
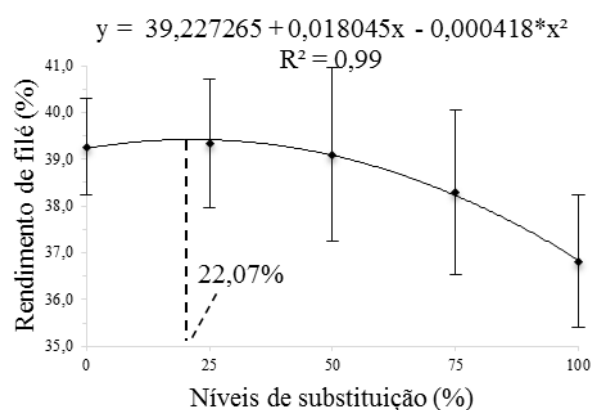


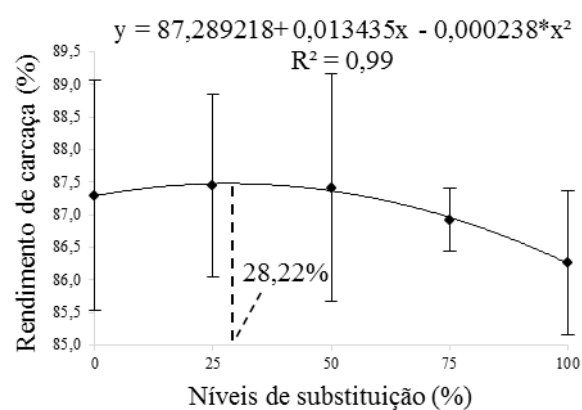
Figura 4. Curva de regressão para taxa de crescimento específico dos juvenis de pacu alimentados com glúten de milho.

Os valores de RF e RCE indicaram efeito quadrático ($P < 0,05$) para substituição da proteína do farelo de soja pela proteína do glúten de milho (Figura 5 e 6). Pela equação de regressão foi possível estimar os níveis ótimos de substituição de 22,07 e 28,22% respectivamente, proporcionando um RF sem pele de 39,42 e RCE de 87,48%.



255

256 Figura 5. Curvas de regressão para rendimento de filé de juvenis de pacu alimentados
 257 com glúten de milho.



258

259 Figura 6. Curvas de regressão para rendimento de carcaça eviscerada de juvenis de pacu
 260 alimentados com glúten de milho.

261

262 Os resultados do presente estudo corroboram com os obtidos por Robinson et al.
 263 (2001) com bagre do canal *Ictalurus punctatus*, que também encontraram melhores
 264 rendimentos de carcaça em peixes alimentados com níveis de 25 a 50% de substituição
 265 do farelo de soja pelo glúten de milho. Por outro lado, Hu et al. (2012) não encontraram
 266 diferenças no rendimento de carcaça eviscerada e sem cabeça do bagre do canal híbrido
 267 alimentados com 20% de inclusão de glúten de milho nas rações em comparação as
 268 rações a base de carne suína, farinha de ossos, milho e trigo.

269 Para a TEP não houve diferença ($P > 0,05$) entre os distintos tratamentos
 270 (Tabela 2). Resultados semelhantes foram encontrados por Rodehutsord et al. (1995),

271 com truta arco-íris *Oncorhynchus mykiss* e por Robaina et al. (1997) com dourada em
272 substituição da farinha de peixe pelo glúten de milho nas rações.

273 Entretanto, resultados diferentes do presente estudo, foram encontrados por
274 Regost et al. (1999) para turbot e por Yiğit et al. (2012) para dourada, que obtiveram
275 maior TEP para os peixes alimentados com rações sem glúten de milho e verificaram
276 efeito linear decrescente ($P < 0,05$) com o aumento da substituição da farinha de peixe
277 pelo glúten de milho.

278 O perfil inadequado de aminoácidos desse coproduto, a redução no consumo de
279 ração e possivelmente a lixiviação da lisina sintética em contato com a água podem
280 estar aliados ao baixo desempenho produtivo e redução nos RCE e RF dos peixes
281 alimentados com níveis mais elevados de glúten de milho.

282 Por outro lado, o aumento no GP, RCE, RF e melhor CA e TCE observadas nesse
283 trabalho com níveis substituição de 22,07 a 38,42% do farelo de soja pelo glúten de
284 milho (Figuras 2, 3, 4, 5 e 6), podem ser atribuídos à combinação dos alimentos e a
285 menor suplementação de lisina sintética. Além disso, pode-se destacar que durante o
286 período experimental não houve mortalidade dos peixes que receberam as distintas
287 rações experimentais.

288 O farelo de soja, possui algumas limitações em função de alguns fatores
289 antinutricionais, como os inibidores das proteases e tripsina (STECH et al. 2010), além
290 dos polissacarídeos não amiláceos (CAMPESTRINI et al. 2005).

291 Refstie et al. (1998) trabalhando com salmão do Atlântico observaram menor
292 consumo e ganho de peso dos peixes alimentados com rações contendo farelo de soja,
293 sugerindo que as substâncias termo resistentes da soja alteram o aproveitamento dos
294 nutrientes do alimento. Dessa forma, é possível que a combinação parcial do farelo de
295 soja e do glúten de milho nos níveis estimados proporcionaram melhor desempenho

296 produtivo, RCE e RF dos juvenis de pacu, pela diminuição de alguns fatores
297 antinutricionais das rações, em função da inclusão do glúten de milho que é isento
298 destes compostos.

299 Não houve diferença ($P>0,05$) entre os tratamentos para retenção de proteína,
300 padrão de cor vermelha (valor a^*), pH, CRA e TBARS (Tabela 2). Por outro lado, os
301 peixes alimentados com 25% de substituição da proteína da soja pelo glúten de milho
302 apresentaram ($P<0,05$) maior valor L^* (Luminosidade), quando comparado aos demais
303 tratamentos.

304 O aumento da luminosidade (valor L^*) pode proporcionar palidez a carne e tal
305 característica pode estar relacionada com o aumento de fibras musculares brancas
306 (BUGEON et al. 2010). Segundo Zimmerman & Lowery (1999) e Johnston, (1999) o
307 crescimento e o rendimento corporal dos peixes devem-se em grande parte ao
308 crescimento das fibras musculares brancas, evidenciado com o aumento do GP, RCE e
309 RF dos juvenis de pacu (Figuras 2, 5 e 6).

310 Para padrão de cor amarela (valor b^*) verificou-se diferenças significativas
311 ($P<0,05$). Os níveis de 50, 75 e 100% de substituição do farelo de soja pelo glúten de
312 milho, apresentaram ($P<0,05$) maiores valores b^* , quando comparados ao tratamento
313 com ausência desse coproduto. De forma contrária, o tratamento com 25% de
314 substituição não diferiu ($P>0,05$) dos demais tratamentos (Tabela 2).

315 As diferenças encontradas nos valores b^* podem ser explicadas pelo elevado
316 conteúdo de carotenoides, a maioria dos quais são xantofilas, predominantes nesse
317 alimento, o que pode causar implicações comerciais (SAEZ et al. 2011; HU et al. 2012).

318 Por outro lado, o consumo de ração dos juvenis de pacu diminuiu em função do
319 incremento da inclusão do glúten de milho nas rações (Figura 1) e pode ter contribuído

para estabilidade da coloração amarelada dos filés dos peixes alimentados com níveis de substituição acima de 50% (Tabela 2).

Tabela 2. Taxa de eficiência proteica, retenção de proteína, qualidade e composição centesimal dos filés juvenis de pacu alimentados com glúten de milho.

Variáveis	Níveis de substituição da proteína do farelo de soja pela do Glúten de milho %					CV %	P
	0	25	50	75	100		
Taxa de eficiência proteica e retenção de Proteína (%)							
TEP	2,31	2,31	2,38	2,24	1,70	12,48	NS
RP	8,27	9,09	8,36	7,65	7,11	28,67	NS
Qualidade dos filés							
Cor a*	-3,94	-4,48	-4,24	-4,31	-4,6	5,88	NS
Cor L*	47,63 a	53,62 b	49,18 a	48,64 a	48,94 a	4,68	0,04
Cor b*	12,57 a	13,32 ab	13,70 b	14,00 b	14,25 b	4,84	0,001
CRA	62,28	63,55	62,02	62,11	60,87	1,53	NS
pH	6,44	6,53	6,46	6,43	6,35	0,99	NS
TBARS	0,72	0,64	0,78	1,04	1,04	18,83	NS
Composição centesimal (%) ¹							
Umidade	75,34	75,79	75,79	75,82	76,6	2,43	NS
PB	19,63	19,82	19,63	19,46	19,32	5,65	NS
Lipídios	8,98	10,67	9,82	11,08	10,09	22,52	NS
Cinzas	1,33	1,33	1,30	1,27	1,29	3,53	NS

TEP = taxa de eficiência proteica; RP = Retenção de proteína; CRA = capacidade de retenção de água; TBARS = oxidação lipídica; PB = Proteína Bruta; RP = Retenção de proteína; Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey; NS = Não significativo a 5 %. ¹ Valores expressos em 100% da matéria seca.

Resultados semelhantes foram encontrados por Robaina et al. (1997), que observaram efeito linear crescente na coloração dos filés com o aumento da intensidade de glúten de milho nas rações para dourada. Os autores não verificaram essa pigmentação em peixes alimentados sem glúten de milho nas rações.

Os teores de umidade, proteína bruta, lipídios, cinzas e retenção de proteína não apresentaram diferença ($P>0,05$) entre os tratamentos estudados, conforme pode ser observado na Tabela 2.

Resultados semelhantes ao presente estudo, para umidade, proteína bruta e cinzas foram encontrados por Kaur & Saxena (2005), com carpas alimentadas com glúten de

338 milho em até 100% de substituição da farinha de peixe. Nesse mesmo sentido, Kikuchi
339 (1999) não encontrou diferenças ($P>0,05$) para estes parâmetros na carne de douradas
340 alimentadas com até 60 % (nível máximo testado) de substituição da farinha de peixe
341 pelo glúten de milho.

342 Por outro lado, Goda et al. (2007) observaram significativamente maiores teores
343 de proteína bruta com tilápia do Nilo com substituição de 100% do farelo de soja e
344 farinha de peixe pelo glúten de milho. No entanto, Bicudo et al. (2012) encontraram
345 efeito linear negativo ($P<0,05$) com o aumento de substituição do glúten de milho para
346 os teores de proteína nos filés de cachara.

347 Os teores de lipídios analisados, estão de acordo aos reportados por Bonaldo et al.
348 (2011), em estudo com juvenis de turbot alimentados com farelo de soja, glúten de trigo
349 e glúten de milho em substituição a farinha de peixe em até 66%. Entretanto, contrariam
350 os apresentados por Pereira & Oliva-Teles (2003) com juvenis de dourada, que
351 encontraram ($P<0,05$) maiores teores de gordura na carcaça dos peixes alimentados com
352 níveis mais elevados de substituição da farinha de peixe pelo glúten de milho.

353 Os desequilíbrios nutricionais podem proporcionar alterações nos parâmetros
354 sanguíneos dos peixes, tornando a hematologia uma importante ferramenta para a
355 avaliação da resposta orgânica envolvendo a nutrição (TAVARES-DIAS et al. 2009).
356 Dessa forma, estas análises se tornam imprescindíveis na avaliação de diferentes
357 coprodutos da agroindústria na alimentação de peixes.

358 Os parâmetros hematológicos dos peixes do grupo controle, ao final do período
359 experimental demonstrou que todos os parâmetros sanguíneos estão dentro do intervalo
360 normal para juvenis dessa espécie (TAVARES-DIAS & MORAES, 2004). Não houve
361 diferença ($P>0,05$) entre os distintos tratamentos para os parâmetros sanguíneos
362 avaliados (Tabela 3).

363 Tabela 3. Parâmetros sanguíneos de juvenis de pacu alimentados com glúten de milho.

Variáveis	Níveis de substituição (%) da proteína da soja pela do glúten de milho					CV (%)	P
	00	25	50	75	100		
Ht (%)	36,99	37,14	36,56	34,89	34,82	3,15	NS
PPT (g dL ⁻¹)	5,15	5,14	5,04	5,39	5,14	2,53	NS
Hb (g dL ⁻¹)	10,82	11,2	11,53	11,41	11,01	2,59	NS
Er (10 ⁶ µL)	1,78	1,74	1,81	1,83	1,79	1,83	NS
VCM (fl)	207,79	217,91	203,23	195,93	194,85	4,63	NS
CHCM (%)	29,28	30,14	31,57	34,78	32,02	6,68	NS

364 Ht = hematócrito; PPT = Proteína Plasmática Total; Hb = Hemoglobina; Er = Número de Eritrócitos;
 365 VCM = Volume Corpuscular Médio; CHCM = Concentração de Hemoglobina Corpuscular Média; CV
 366 (%) = Coeficiente de Variação; NS = Não Significativo (P>0,05).

368 Os resultados obtidos por Hu et al. (2012), confirmam os resultados do presente
 369 estudo. Os autores avaliaram a inclusão de 20% de glúten de milho como fonte proteica
 370 para o bagre do canal híbrido em comparação a rações tradicionais e não encontraram
 371 diferenças hematológicas e nos índices de resposta imune.

372 Por outro lado, resultados observados por Kikuchi (1999) contrariam os obtidos
 373 nesse trabalho, em que alterações nos parâmetros sanguíneos de juvenis de *Paralichthys*
 374 *olivaceus* alimentados com níveis acima de 40% glúten de milho em substituição a
 375 farinha de peixe foram encontrados. Bicudo et al. (2012), encontraram redução
 376 significativa para proteína plasmática total com o aumento da inclusão do glúten de
 377 milho nas rações para cachara.

378

379 Conclusão

380 Conclui-se que, a substituição de 22,07 a 38,43% do farelo de soja pelo glúten
 381 de milho (7,56 a 9,41% de inclusão na ração) melhora o desempenho produtivo e o
 382 rendimento corporal de juvenis de pacu, sem afetar a qualidade dos filés e causar
 383 alterações nos parâmetros sanguíneos avaliados para essa espécie.

384

385 Referências bibliográficas

- 386 ABIMORAD, E. G.; CARNEIRO, D. J. Métodos de coleta de fezes e determinação dos
387 coeficientes de digestibilidade da fração protéica e da energia de alimentos para o
388 pacu, *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg, 1887), **Revista Brasileira de**
389 **Zootecnia**, v. 33, n. 5, p. 1101-1109, 2004.
- 390
- 391 ABIMORAD, E. G.; CARNEIRO, D. J. Digestibility and performance of pacu
392 *Piaractus mesopotamicus* juveniles fed diets containing different protein, lipid and
393 carbohydrate levels, **Aquaculture Nutrition**, v. 13, p. 1-9, 2007.
- 394
- 395 ABIMORAD, E. G.; SQUASSONI, G. H.; CARNEIRO, J. D. Apparent digestibility of
396 protein, energy, and amino acids in some selected feed ingredients for pacu
397 *Piaractus mesopotamicus*, **Aquaculture Nutrition**, v. 14, p. 374-380, 2008.
- 398
- 399 ABIMORAD, E. G.; FAVERO, G. C.; CASTELLANI, D.; GARCIA at al. Dietary
400 supplementation of lysine and/or methionine on performance, nitrogen retention and
401 excretion in pacu *Piaractus mesopotamicus* reared in cages, **Aquaculture**, v. 295, p.
402 266-270, 2009.
- 403
- 404 AOAC - ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. Official
405 methods of analysis of international. **AOAC**, 17 ed. Arlington, 2000.
- 406
- 407 BICUDO, A. J. A.; BORGHESI, R.; DAIRIKI, J. K. et al. Performance of juveniles of
408 *Pseudoplatystoma fasciatum* fed graded levels of corn gluten meal, **Pesquisa**
409 **Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 47, n. 6, p. 838-845, 2012.
- 410
- 411 BONALDO, A.; PARMA, L.; MANDRIOLI, L. et al. Increasing dietary plant proteins
412 affects growth performance and ammonia excretion but not digestibility and gut
413 histology in turbot *Psetta maxima* juveniles, **Aquaculture**, v.318, p.101–108, 2011.
- 414
- 415 JERÔME BUGEON, J.; LEFEVRE, F.; CARDINAL, M. et al. Flesh quality in large
416 rainbow trout with high or low fillet yield, **Journal of Muscle Foods**, v. 21, p. 702–
417 721, 2010.
- 418
- 419 CAMPESTRINI, E.; SILVA, V. T. M.; APPELT, M. D. Utilização de enzimas na
420 alimentação animal, **Revista Eletrônica Nutritime**, v. 2, n. 6, p. 259-272, 2005.
- 421
- 422 COLLIER, H.B. The standardizations of blood haemoglobin determinations. **Canadian**
423 **Medical Association Journal**, v.50, p.550-552, 1944.
- 424
- 425 FABREGAT, T. H. P.; FERNANDES, J. B. K.; RODRIGUEZ, L. A. et al.
426 Digestibilidade aparente da energia e da proteína de ingredientes selecionados para
427 juvenis de pacu *Piaractus mesopotamicus*, **Revista Acadêmica, Ciências Agrárias**
428 **e Ambientais**, Curitiba, v. 6, n. 4, p. 459-464, 2008.
- 429
- 430 GATLIN III, D. M.; BARROWS, T. F.; BROWN, P. et al. Expanding the utilization of
431 sustainable plant products in aquafeeds: a review, **Aquaculture Research**, v. 38, p.
432 551, 2007.
- 433

- 434 GODA, A. M.; WAFA, M. E.; EL-HAROON, E. R. et al. Growth performance and feed
435 utilization of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) and tilapia galilae
436 *Sarotherodon galilaeus* (Linnaeus, 1758) fingerlings fed plant protein-based diets,
437 **Aquaculture Research**, v. 38, p. 827-837, 2007.
- 438
439 GOLDENFARB, P. B.; BOWYER, F. P.; HALL, E. at al. Reproducibility in the
440 hematology laboratory: the microhematocrit determinations, **American Journal of**
441 **Clinical Pathology**, v. 56, p. 35-39, 1971.
- 442
443 HISANO, H.; GONÇALVES G. S.; ZUANON J. A. S. et al. Substituição da proteína do
444 farelo de soja pela proteína do glúten de milho em rações para alevinos de tilápia do
445 Nilo. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, Maringá, v. 25, p. 255-260, 2003.
- 446
447 HU, B.; FERRELL, M.; LIM, C. E. et al. Evaluation of traditional diet and corn gluten
448 feed substituted alternative diet for pond-raised hybrid catfish on production and
449 xanthophyll level, **Aquaculture**, v. 354–355, p. 22–26, 2012.
- 450
451 JOHNSTON, I. A. Muscle development and growth: potential implications for flesh
452 quality in fish, **Aquaculture**, v. 177, p. 99-115, 1999.
- 453
454 JOHNSTON, I. A.; BOWER N. I.; MACQUEEN D. J. Growth and the regulation of
455 myotomal muscle mass in teleost fish, **The Journal of Experimental Biology**, v.
456 214, p. 1617-1628, 2011.
- 457
458 LANKHMANAN, R.; PARKINSON, J. A.; PIGGOTT, J. R. High-pressure processing
459 and waterholding capacity of fresh and cold-smoked salmon *Salmo salar*.
460 **LWT-Lebensmittel Wissenschaft und Technologie**, v.40, p.544-551, 2007.
- 461
462 KAUR, V. I.; SAXENA, P. K. Incorporation of maize gluten in supplementary feed and
463 its impact on growth and flesh quality of some carps, **Aquaculture International**
464 v. 13, p. 555–573, 2005.
- 465
466 KIKUCHI, K. Partial replacement of fish meal with corn gluten meal in diets for
467 Japanese Flounder *Paralichthys olivaceus*, **Journal of the World Aquaculture**
468 **Society**, v. 30, n. 3, 1999.
- 469
470 MENTE, E.; DEGUARA, S.; SANTOS, M. B. et al. White muscle free amino acid
471 concentrations following feeding a maize gluten dietary protein in Atlantic salmon
472 *Salmo salar* L., **Aquaculture**, v. 225, p. 133–147, 2003.
- 473
474 PARK, H.; FLORES, R. A.; JOHNSON, L. A. Preparation of Fish Feed Ingredients:
475 Reduction of Carotenoids in corn gluten meal, **Journal Agriculture Food Chem**,
476 v. 45, p. 2088–2092, 1997.
- 477
478 PEREIRA, T.G.; OLIVA-TELES, A. Evaluation of corn gluten meal as a protein source
479 in diets for gilthead sea bream *Sparus aurata* L. juveniles, **Aquaculture Research**,
480 v. 34, p. 1111 a 1117, 2003.
- 481
482 PUPA, J. M. R. Óleos e gorduras na alimentação de aves e suínos, **Revista Eletrônica**
483 **Nutrimex**, v. 1, p. 69-73, 2004.

- REFSTIE, S.; STOREBAKKEN, T.; ROEM, A. J. Feed consumption and conversion in Atlantic salmon *Salmo salar* fed diets with fish meal, extracted soybean meal or soybean meal with reduced content of oligosaccharides, trypsin inhibitors, lectins and soya antigens. **Aquaculture**, v. 162, p. 301-312, 1998.
- REGOST, C.; ARZEL J.; KAUSHIK S. J. Partial or total replacement of fish meal by corn gluten meal in diet for turbot *Psetta maxima*. **Aquaculture**, v. 180, p. 99 - 117, 1999.
- ROBAINA, L.; MOYANO, F. J.; IZQUIERDO, M. S. et al. Corn gluten and meat and bone meals as protein sources in diets for gilthead seabream *Sparus aurata*: Nutritional and histological implications, **Aquaculture** v. 157, p. 347-359, 1997.
- ROBINSON, E.; LI, H. M.; MANNIN, B. B. Evaluation of Corn Gluten Feed as a Dietary Ingredient for Pond-Raised Channel Catfish *Ictalurus punctatus*, **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 32, n. 1, 2001.
- RODEHUTSCORD, M.; BORCHERT, F.; GREGUS, Z. Availability and utilization of free lysine in rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*, Effect of dietary crude protein level, **Aquaculture**, v. 187, p. 163-176, 2000.
- ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, F. L. T.; DONZELE, J. L. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 3ª Edição, Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2011.
- SAEZ, P.; ABDEL-AAL, E. M.; BUREAU, D. P. Effects of corn gluten meal on flesh pigmentation of rainbow trout, **International Aquafeed**, March/April, 2011.
- STECH, M. R.; D. J.; CARVALHO, M. R. B. Fatores antinutricionais e coeficientes de digestibilidade aparente da proteína de produtos de soja para o pacu *Piaractus mesopotamicus*, **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v. 32, n. 3, p. 255-262, 2010.
- TAVARES-DIAS, M.; MORAES, F.R. **Hematologia de peixes teleósteos**. Ribeirão Preto: M. Tavares-Dias, 2004. 144 p.
- TAVARES-DIAS, M.; ISHIKAWA, M. M.; MARTINS, M. L. et al. Hematologia: ferramenta para o monitoramento do estado de saúde de peixes em cultivo, in: NETO SARAN, A.; MARIANO, W. S.; SORIA, S. F. P., **Tópico Especiais em Saúde e Criação Animal**, Editora PEDRO&JOÃO, 2009. p. 304.
- URBINATI, E. C.; GONÇALVES, F. D. pacu *Piaractus mesopotamicus*. In: BALDISSEROTTO, B.; GOMES, L. C. (Org.), **Espécies nativas para piscicultura no Brasil**, Editora UFSM, Santa Maria, RS. 2005, p. 470.
- VYNCKE, W. Direct determination of the TBA value in trichloroacetic acid extract of fish as a measure of oxidative rancidity, **Fette-Scifen Anstrichmittel**, v. 72, p. 1084-1087, 1970.

- 533 WILSON, R.P. Amino acid requirements of finfish and crustaceans, In: D'MELO, J.P.
534 F. (Ed.), **Amino acids in animal nutrition**, Cambridge: CABI Publishing, 2003. p.
535 427 – 447.
536
- 537 WINTROBE, M. M. Variations in the size and hemoglobin content of erythrocytes in
538 the blood of various vertebrates, **Folia Haematologica**, v. 51, p. 32-49, 1934.
539
- 540 YIĞIT, M.; BULUT, M.; ERGÜN, S. et al. Utilization of corn gluten meal as a protein
541 source in diets for gilthead sea bream *Sparus aurata* L. juveniles, **Journal of**
542 **FisheriesSciences.com**, v. 6, p. 63-73, 2012.
543
- 544 ZARATE, D. D.; LOVE, R. T. Free lysine (L-lysine l HCl) is utilized for growth
545 less efficiently than protein-bound lysine (soybean meal) in practical diets by
546 young channel catfish *Ictalurus punctatus*, **Aquaculture**, v. 159, p. 87-100, 1997.
547
- 548 ZIMMERMAN, A. M.; LOWERY, M. S. Hyperplastic Development and Hypertrophic
549 Growth of Muscle Fibers in the White Seabass *Atractoscion nobilis*, **Journal of**
550 **Experimental Zoology** v. 284, p. 299-308, 1999.

CAPITULO 3 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pesquisas têm sido realizadas com coprodutos da agroindústria, com a finalidade de substituição parcial ou total da farinha de peixe e/ou farelo de soja. Apesar de alguns trabalhos avaliarem o desempenho produtivo, existem poucas informações sobre influência desses alimentos no estado de saúde e qualidade da carne dos peixes.

O glúten de milho se destaca entre os coprodutos, pela ausência de fatores antinutricionais e seu elevado teor proteico, o que permite alcançar maiores níveis de inclusão nas rações sem afetar o crescimento, o estado de saúde e a qualidade da carne, quando comparados a tortas e outros farelos, e que pôde ser comprovado no presente estudo.

Além disso, com a oscilação dos preços dos alimentos convencionais, o uso do glúten de milho pode reduzir o custo da ração e, portanto, a análise econômica poderá ser complementada para subsidiar formulações de rações que promovam o máximo desempenho do animal e menor custo de produção.

Apesar da coloração amarelada do filé ocasionar problemas na sua comercialização, visualmente, não se observou esta característica marcante nos peixes que receberam glúten de milho nas rações. Por outro lado, não existem padrões de coloração para o filé do pacu, o que dificulta este tipo de interpretação.

Ainda, em relação à questão da coloração, observou-se que o glúten de milho proporcionou coloração amarelada na pele dos pacus (Anexo I), que contrariamente a coloração do filé, pode tornar o produto visualmente mais atrativo. No entanto, estudos adicionais são necessários para avaliar efetivamente esta preferência por parte dos consumidores, além de determinar o padrão adequado de coloração da pele e relacioná-la com níveis de carotenoides na alimentação.

ANEXO I - COLORAÇÃO DA PELE DE JUVENIS DE PACU ALIMENTADOS COM GLÚTEN DE MILHO.

