



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

SORGO NA ALIMENTAÇÃO DE JUVENIS DE PACU

MILENA SOUZA DOS SANTOS SANCHEZ

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal da Grande Dourados, Área de Concentração em Produção Animal, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Zootecnia.

Dourados – MS
Abril/2015



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

SORGO NA ALIMENTAÇÃO DE JUVENIS DE PACU

MILENA SOUZA DOS SANTOS SANCHEZ

Zootecnista

Orientador: Dr. Hamilton Hisano

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal da Grande Dourados, Área de Concentração em Produção Animal, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Zootecnia.

Dourados – MS
Abril/2015

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

S211s	<p>Sanchez, Milena Souza dos Santos. Sorgo na alimentação de juvenis de pacu. / Milena Souza dos Santos Sanchez. – Dourados, MS : UFGD, 2015. 60f.</p> <p>Orientador: Prof. Dr. Hamilton Hisano. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal da Grande Dourados.</p> <p><i>Piaractus mesopotamicus</i>. 2. Digestibilidade. 3. Sorgo . 4. Desempenho. 5. Hematologia. I. Título.</p> <p style="text-align: right;">CDD – 639.3</p>
-------	---

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central – UFGD.

©Todos os direitos reservados. Permitido a publicação parcial desde que citada a fonte.

SORGO NA ALIMENTAÇÃO DE JUVENIS DE PACU

por

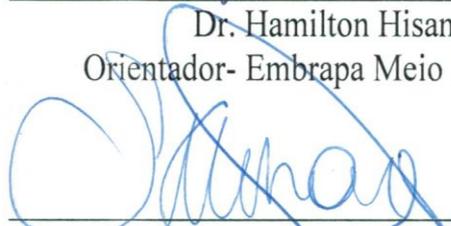
MILENA SOUZA DOS SANTOS SANCHEZ

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

Aprovada em: 07/04/2015



Dr. Hamilton Hisano
Orientador- Embrapa Meio Ambiente



Dr. Luís Antonio Kioshi Aoki Inoue
Embrapa Agropecuária Oeste



Dr. Ricardo Borghesi
Embrapa Agropecuária Oeste

Albert Einstein wrote: “Everybody is a genius. But if you judge a fish by its ability to climb a tree, it will live its whole life believing that it is stupid.” The question I have for you at this point of our journey together is, “What is your genius?”

Quem cultiva a semente do Amor
segue em frente não se apavora
Se na vida encontrar dissabor
vai saber esperar sua Hora

às vezes a felicidade demora a chegar
aí é que a gente não pode deixar de sonhar
guerreiro não foge da luta e não pode correr
ninguém vai poder atrasar quem nasceu pra vencer

é dia de sol mas o tempo pode fechar
A chuva só vem quando tem que molhar
Na vida é preciso aprender se colheu tem que plantar
é Deus quem aponta a estrela que tem que Brilhar

Ergue essa cabeça mete o Pé e vai na fé
Manda essa tristeza embora
Basta acreditar que um Novo dia vai raiar
Sua hora vai chegar

(Compositores: Xande de Pilares/Gilson Bernini /Carlinhos Madureira)

Aos meus pais, *Benevides* e *Francisca* e aos meus irmãos *Misael* e *Mirella*, por serem os meus exemplos e maiores incentivadores de minhas conquistas, pela honestidade para com a vida, pela luta, pelo amor e por serem a essência de tudo que sou...

Dedico e Ofereço!

Agradecimentos

À Deus, que me fortaleceu a cada instante na ocupação de seus dias, obrigada por sustentar minha fé e por mais esta graça concedida.

Aos meus pais Benevides e Francisca e aos meus irmãos Misael e Mirella, fonte de toda inspiração, força e amor. Obrigada por compreenderem o motivo de minha ausência durante todos os anos em que estive distante, pelo apoio, motivação, incentivo, companheirismo e amizade, dentre outras infinitas coisas, amo vocês incondicionalmente!

Ao meu orientador Prof. Dr. Hamilton Hisano que contribuiu para meu crescimento profissional. Agradeço pela oportunidade e ensinamentos. Obrigada por ter tornado possível o desenvolvimento e a realização deste trabalho.

À Universidade Federal da Grande Dourados pela concessão do curso de Pós-Graduação em Zootecnia, a CAPES pela bolsa de mestrado concedida e a Embrapa Meio Ambiente pelo apoio!

À equipe do Laboratório de Ecossistemas Aquáticos, por cederem a estrutura para realização deste projeto, ao técnico Rodrigo do Laboratório de Solo e Água, a técnica Viviane do Laboratório de Produtos Naturais da Embrapa Meio Ambiente e a técnica Débora e o Laboratório de Solos da Embrapa Agropecuária Oeste, pelo auxílio com as análises químicas e a Juliana Simões pelo auxílio nas confecções das rações iniciais!

Ao querido amigo e colega de trabalho Marcelo Nascimento, pela contribuição, dedicação, seriedade e cumplicidade durante as coletas e análises, e, principalmente pela amizade e companheirismo. Muito obrigada!

Aos meus amigos Juliana, Kelly, Mateus, Miriam, Karla, Júlio, Jéssica, Marcelo Nascimento e Marcelo Araújo bons companheiros que tornaram minha jornada pela vida mais leve e que em muitos momentos foram o meu alicerce, obrigada por essa amizade linda, por resgatar sempre o meu melhor!

A minha mestre Cristiane Meldau e a minha colega Letícia que me apresentaram o mundo da aquicultura, a Vitória que contribuiu para a realização deste trabalho, aos meus amigos, Robson, André, José Luiz, Aline Mayra, Eduardo e Marlene pelo incentivo e risos, quantos risos. Aos meus colegas da republica Tchecas, Luana, Iago, Marcelo e Israel os quais tive o prazer de conviver, sentirei saudades!

A Faculdade de Jaguariúna por cederem seus laboratórios e reagentes para a realização de algumas análises, em especial a Professora Ilza Ribeiro pelos ensinamentos e paciência para conosco!

Ao grupo Mcassab pelo fornecimento do premix e ao grupo Gruabi pelo sorgo utilizado na composição das dietas experimentais.

Aos membros da banca de qualificação Dr. João Donato Scorvo Filho e Dr. Ricardo Oliveira, e aos membros da banca de defesa Dr. Ricardo Borghesi e Dr. Luís Inoue pela colaboração indispensável neste trabalho. Muito Obrigada!

À ciência aplicada à produção Animal, “Zootecnia” e aos meus amados “Peixes” que me proporcionaram ser um ser humano profissionalmente realizado.

A todos, os meus sinceros agradecimentos!

SUMÁRIO

	Páginas
LISTA DE TABELAS	57
RESUMO	10
ABSTRACT	11
CAPÍTULO I	13
1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS	13
2. REVISÃO DE LITERATURA	14
2.1. Situação atual da aquicultura	14
2.2. Espécie estudada	15
2.3. Carboidratos.....	16
2.3.1. Classificação dos carboidratos	16
2.3.2. Metabolismo de carboidratos em peixes.....	18
2.4. Sorgo.....	19
2.4.1. Produção do sorgo no Brasil	20
2.4.2. Características nutricionais do sorgo	21
2.4.3. Sorgo na alimentação animal	23
2.4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	25
CAPÍTULO II	35
DIGESTIBILIDADE E DESEMPENHO DE JUVENIS DE PACU ALIMENTADOS COM DIETAS A BASE DE SORGO COMO SUCEDÂNEO DO MILHO	
Resumo	36
Abstract.....	37
INTRODUÇÃO.....	38

MATERIAL E MÉTODOS.....	40
RESULTADOS e DISCUSSÃO	45
CONCLUSÃO.....	50
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	52
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	60

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO II

- Tabela 1** – Composição das dietas referência e teste, utilizadas para a determinação do coeficiente de digestibilidade aparente do sorgo por juvenis de pacu.....57
- Tabela 2** – Composição percentual e calculada de dietas experimentais contendo diferentes níveis de inclusão de sorgo como substituto do milho para juvenis de pacu..58
- Tabela 3** – Composição químico-bromatológica do sorgo e valores médios dos coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) da matéria seca, proteína bruta, energia bruta e extrato etéreo do sorgo por juvenis de pacu (Valores com base na matéria seca).....58
- Tabela 4** – Valores médios de desempenho produtivo de juvenis de pacu alimentados com dietas contendo diferentes níveis de sorgo em substituição ao milho e custo (R\$ Kg⁻¹ de ganho de peso).....59
- Tabela 5** – Valores médios dos índices somáticos e hematológicos de juvenis de pacu alimentados com dietas contendo diferentes níveis de sorgo em substituição ao milho.59

RESUMO

Sanchez, Milena Souza dos Santos. Sorgo na alimentação de juvenis de pacu. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Grande Dourados, Abril de 2015.

Nos últimos anos, o milho, principal alimento energético utilizado em rações para peixes, vem sofrendo oscilações de oferta e demanda com consequentes aumentos em seu preço no mercado internacional. Dessa forma, diversos alimentos estão sendo avaliados, a fim de minimizar os impactos sobre o custo final de produção. Destaque é dado ao sorgo, que apresenta características nutricionais semelhantes ao milho, porém com preço inferior. Por outro lado, informações sobre a utilização deste alimento para peixes ainda são escassas, e dessa forma o objetivo desse estudo foi avaliar a digestibilidade aparente de nutrientes e energia do sorgo, bem como o desempenho produtivo, índices somáticos e parâmetros hematológicos de juvenis de pacu alimentados com dietas contendo sorgo. Para a determinação do coeficiente de digestibilidade aparente (CDA%) foram utilizados 160 juvenis de pacu com peso médio de $56,00 \pm 8,04$ g, distribuídos em oito gaiolas (80 L). Foram confeccionadas duas dietas: referência e teste (30% sorgo), ambas acrescidas com 0,1% de óxido de cromo III. A coleta das fezes foi realizada em aquários de fundo cônico (200 L). Foram determinados os CDA da matéria seca (MS), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), energia bruta (EB) e o teor de cromo nas fezes e nas dietas. Além disso, foi quantificado o teor de tanino, fibra bruta (FB) e matéria mineral (MM) no sorgo. Para o ensaio de desempenho produtivo foram utilizados 180 juvenis de pacu com peso total médio de $10,80 \pm 0,77$ g, distribuídos em 15 aquários (200 L). A partir dos dados de digestibilidade foram formuladas cinco dietas com quatro níveis de substituição da energia do milho pela do sorgo, 0, 25, 50, 75 e 100%, que corresponderam aos tratamentos. Os CDA do sorgo pelo pacu foram 78,52% para MS; 74,82% para PB; 94,36% para EE e 77,24% para EB. Não foram observadas diferenças ($p > 0,05$) para as variáveis de desempenho, índices somáticos e parâmetros hematológicos. O sorgo apresenta CDA semelhantes ao do milho, podendo substituí-lo integralmente em dietas para juvenis de pacu sem alterar negativamente o desempenho produtivo, índices somáticos e parâmetros hematológicos. Além disso, a inclusão do sorgo nas dietas para juvenis de pacu reduz o custo da formulação e produção.

Palavras chaves: *Piaractus mesopotamicus*, digestibilidade, sorgo, desempenho, hematologia

ABSTRACT

Sanchez, Milena Souza dos Santos. Sorghum in feeding of pacu juvenile. Thesis (M.Sc.) – Faculty of Agricultural Sciences, Federal University on the Grande Dourados, February of 2015.

In recent years, the corn, the main energy food used in fish feed, has been suffering from supply and demand fluctuations with consequent increases in its price in the international market. Thus, many foods are being evaluated in order to minimize the impact on the final cost of production, especially sorghum, which has nutritional characteristics similar to corn, but with lower price. Furthermore, information on the use of food for native species is scarce, and so the aim of this study was to evaluate the apparent digestibility of nutrients and energy sorghum and productive performance, somatic indices and hematological parameters of pacu juvenile fed diets containing sorghum. To determine the apparent digestibility coefficients (ADC%) were used 160 pacu with average total weight of 56.00 ± 8.04 g, distributed in eight cages (80 liters). Two diets were made: Reference and test (30% sorghum), both added 0.1% chromium III oxide. The collection of stool was held in conical bottom tanks (200 liters). Were determined ADC of dry matter (DM), crude protein (CP), ether extract (EE), gross energy (GE) and the chromium content in the feces and in the diets. Furthermore, it was quantified the tannin content, crude fiber (CF) and mineral matter (MM) in sorghum. For testing of productive performance were used 180 pacu with full weight average of 10.80 ± 0.77 g, distributed in 15 tanks (200 liters). The performance data presented in this study were submitted to analysis of variance. ACD sorghum by pacu were 78.52% for MS; 74.82% for PB; 94.36% to 77.24% and EE. No significant differences were observed ($p > 0.05$) for the performance variables, somatic indices and hematological parameters. Sorghum has ACD similar to corn and can fully replace this food energy in diets for pacu juveniles without providing negative changes in productive performance, somatic indices and hematological parameters. Moreover, the inclusion of sorghum in the diets of young pacu to reduce the cost of development and production.

Key words: *Piaractus mesopotamicus*, digestibility, sorghum, performance, haematology.

A dissertação encontra-se dividida em dois capítulos. O Capítulo I apresenta revisão de literatura abordando aspectos relevantes sobre a alimentação, nutrição e utilização do sorgo na alimentação de peixes. O Capítulo II, intitulado “Substituição do milho pelo sorgo em dietas para juvenis de pacu”, teve por objetivo avaliar a digestibilidade aparente dos nutrientes e energia do sorgo para juvenis de pacu, bem como o desempenho produtivo, índices somáticos e parâmetros hematológicos destes, alimentados com dietas contendo diferentes níveis de sorgo.

CAPÍTULO I

1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Em função da expansão populacional e a crescente demanda por alimentos mais saudáveis, o consumo de pescado tem aumentado em nível mundial. No Brasil, o consumo do pescado foi de 14 kg por habitante em 2014 (MPA, 2014). Segundo a Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura (FAO), o mundo precisará de mais 50 milhões de toneladas de peixes até 2030 (FAO, 2014), que deverá ser suprida em sua maior parte pela aquicultura, que vem crescendo nestes últimos anos.

Concomitantemente à expansão da aquicultura, a produção de rações para organismos aquáticos também tem apresentado acentuado crescimento. Por se tratar do item que mais contribui para o custo total de produção, a exigência por uma dieta balanceada, de acordo com as exigências da espécie e que permita ao peixe expressar seu potencial de produção com menor impacto ambiental e custo (CHO & BUREAU, 2001; CRAIG & HELFRICH, 2002) é uma constante pelos fabricantes de ração.

O milho é o principal alimento energético utilizado nas dietas para animais de produção. Segundo Caldarelli & Bacchi (2012) os preços internos do milho dependem dos condicionantes regionais de oferta e demanda, que vêm registrando alterações com o crescimento significativo da produção de milho safrinha. O consumo do grão na alimentação humana e sua utilização na produção de biocombustível também tem influência (MATOS et al., 2008; SALLA et al., 2010; CIFUENTES et al., 2014).

Dessa forma, a avaliação de sucedâneos do milho é de extrema importância para a cadeia produtiva da aquicultura, no sentido de garantir preços competitivos sem diminuir a qualidade do produto final (ração). Dentre alguns substitutos disponíveis comercialmente, o sorgo destaca-se por apresentar características nutricionais semelhantes ao milho, disponibilidade no mercado e preço inferior (70 a 80% do milho), que pode minimizar os custos de produção das rações, sujeitos ao impacto causado pela variação dos preços dos insumos (MAY et al., 2011).

No Brasil, a partir da década de 80, diversas instituições de pesquisa iniciaram estudos para a avaliação de alimentos não convencionais como o sorgo para animais monogástricos (ROSTAGNO et al., 2011).

Na alimentação de peixes alguns estudos avaliaram a digestibilidade do sorgo para a tilápia-do-nilo *Oreochromis niloticus* (FREIRE, 2002; PEZZATO et al., 2002),

pacu *Piaractus mesopotamicus* (FEDRIZI, 2005; ABIMORAD & CARNEIRO, 2004), pintado *Pseudoplatystoma coruscans* (GONÇALVES & CARNEIRO, 2003), surubim *Pseudoplatystoma* sp. (TEIXEIRA et al., 2010), perca-gigante *Lates calcarifer* (GLENCROSS et al., 2012) e poleiro Australiano *Bidyanus bidyanus* (ALLAN et al., 2000). Mas somente o desempenho da tilápia-do-nylo (FURUYA et al., 2003; FEDRIZI, 2009) e jundiá *Rhamdia quelen* (RABELO, 2014) foram estudados.

O pacu é um peixe que pertence à família Characidae de clima tropical, originário das bacias dos rios Paraná, Paraguai e Uruguai (SAINT-PAUL, 1986; BALDISSEROTO & GOMES, 2005). Possui hábito alimentar onívoro, com tendência a herbívoro, o que permite a utilização de várias fontes proteicas e energéticas na sua alimentação, sejam elas de origem animal ou vegetal (CASTAGNOLLI & FONTES, 1985).

Portanto, o objetivo deste estudo foi avaliar a digestibilidade aparente dos nutrientes e energia do sorgo, bem como o desempenho produtivo, índices somáticos e parâmetros hematológicos, de juvenis de pacu alimentados com dietas contendo diferentes níveis de sorgo em substituição ao milho.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Situação atual da aquicultura

Em 2012 a produção mundial de pescado (extrativista e aquicultura) atingiu aproximadamente 158 milhões de toneladas (t), sendo os maiores produtores a China, Índia, Vietnã, Indonésia e Bangladesh, que foram responsáveis pela produção de 41,10; 4,20; 3,08; 3,06 e 1,72 milhões de t respectivamente. Neste mesmo ano, o Brasil produziu 707,46 mil t de pescado, ocupando a 12^o posição entre os principais países produtores (FAO, 2014).

A produção nacional da piscicultura continental atingiu 392,5 mil t em 2013, onde a região Centro-Oeste liderou o ranking com 105 mil t, seguido pela Região Sul 88 mil t, Nordeste 76,4 mil t e Norte 72,9 mil t. No Sudeste, a produção de peixes somou 50 mil t. As principais espécies cultivadas foram a tilápia 43,1%, o tambaqui 22,6% e o grupo tambacu e tambatinga 15,4% (IBGE, 2014).

Em 2011 a tilápia *Oreochromis* sp. e o tambaqui *Colossoma macropomum* foram as espécies mais cultivadas, representando 67,0% da produção aquícola nacional. Contudo, também merecem destaque a produção de tambacu *Colossoma macropomum* x *Piaractus mesopotamicus*, carpa *Cyprinus carpio* (L.) e pacu *Piaractus mesopotamicus*, que juntas representaram 20,1% da produção. Neste mesmo ano, o pacu foi a 5ª espécie mais produzida, sendo responsável pela produção de 21,6 mil t de pescado da aquicultura continental (FAO, 2014).

2.2. Espécie estudada

O pacu *Piaractus mesopotamicus* é um peixe que pertence à família Characidae de clima tropical, originário das bacias dos rios Paraná, Paraguai e Uruguai (SAINT-PAUL, 1986). Possui hábito alimentar onívoro, com tendência a herbívoro, o que permite a utilização de várias fontes de proteína na sua alimentação, sejam elas de origem vegetal ou animal (BICUDO et al., 2009).

É uma das espécies nativas mais estudadas nas regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste do Brasil (BALDISSEROTO & GOMES, 2005), devido seu alto valor comercial e aceitação do mercado consumidor (ABIMORAD et al., 2009). Apresenta carne de excelente sabor, alta taxa de fecundidade e de crescimento, fácil adaptação à alimentação artificial e ainda pode ser explorado para a pesca esportiva (ABIMORAD et al. 2009; JOMORI et al., 2005).

Além disso, são tolerantes a baixa qualidade da água, possuem resistência a patógenos, alta adaptabilidade aos sistemas de produção (ABIMORAD & CARNEIRO, 2004) e bom desenvolvimento em água de pH ligeiramente ácido e temperaturas em torno de 26°C (URBINATI & GONÇALVES, 2005).

Atualmente, estudos vêm sendo desenvolvidos para maximizar o potencial de produção desta espécie. De maneira geral, diversos autores como Bicudo et al. (2009), Abimorad (2004), Abimorad & Carneiro (2007) e Carneiro (1990) avaliaram a espécie e seus aspectos nutricionais.

Os trabalhos desenvolvidos neste sentido, determinaram a exigência proteica ou a melhor relação proteína:energia para a espécie. De acordo com e Fernandes et al. (2000), Abimorad (2004), Fernandes et al. (2001) e Bicudo (2008) a exigência proteica de juvenis de pacu varia em torno de 25% a 27,1% de PB.

Carneiro (1990) e Cantelmo (1993) determinaram que a relação PB:EB de 72 a 115 mg PB Kcal⁻¹ ED promovem o melhor desempenho da espécie, porém dependem do tamanho dos peixes bem como o ambiente e o manejo adotado na produção da espécie. O pacu destaca-se por apresentar altos coeficientes de digestibilidade da energia e proteína dos principais alimentos utilizados pelas fábricas de rações, como o milho e o trigo (ABIMORAD & CARNEIRO, 2007).

Abimorad & Carneiro (2007) ao analisarem a digestibilidade dos aminoácidos de seis ingredientes pelo pacu, observaram que todos os ingredientes apresentam elevados CDA para os aminoácidos, principalmente o farelo de glúten de milho, farelo de soja e farinha de peixe. Os autores também observaram que o glúten, o trigo e o milho apresentam 95,6 %, 87,7 % e 85,8 % de CDA da PB respectivamente e 86,0%, 74,4% e 75,8% de CDA da EB. Já Abimorad & Carneiro (2004) descrevem que os CDA da energia são mais elevados para o farelo de trigo 81,2% e milho 86,7%.

Fedrizi (2005) verificou que as médias dos CDA (%) da MS, PB, EE e EB do sorgo pelo pacu, foram de 87,34%, 86,84%, 76,50% e 86,75% respectivamente. Já Abimorad & Carneiro (2004), encontraram valores superiores para PB 92,93% e EB 93,36 % para esta mesma espécie.

2.3. Carboidratos

2.3.1. Classificação dos carboidratos

Os carboidratos (CHO) são compostos orgânicos formados de carbono, hidrogênio e oxigênio. Os CHO são abundantes em plantas, porque são a forma de armazenamento de energia nas mesmas, em contraste dos animais, que armazenam energia como lipídeo (gordura). São divididos em três grupos principais: monossacarídeos, oligossacarídeos e polissacarídeos (WEBSTER & LIM, 2002).

Os monossacarídeos são os açúcares simples, raramente encontrados na forma natural, uma vez que são componentes de moléculas de carboidratos complexos. Os açúcares simples são classificados pelo número de átomos de carbono na molécula, uma molécula de açúcar que contém três átomos de carbono é uma triose, quatro é uma tetrose, cinco é uma pentose e seis uma hexose. Pentoses e hexoses são os grupos mais abundantes de monossacarídeos (LEHNINGER et al., 2011).

As pentoses mais importantes são a ribose e a desoxirribose, que compõem os ácidos nucleicos, os quais comandam as funções celulares. A desoxirribose é a pentose que compõe o ácido desoxirribonucleico (DNA), enquanto a ribose forma o ácido ribonucleico (RNA). A principal função da hexose é produzir energia para as células e as mais importantes são a glicose, frutose e galactose (LEHNINGER et al., 2011).

Segundo Lehninger et al. (2011), oligossacarídeos são formados por dois a dez monossacarídeos unidos quimicamente, a maioria dos oligossacarídeos é resultado de catabolismo de polissacarídeos. Existem três categorias de oligossacarídeos: dissacarídeos, trissacarídeos e tetrassacarídeos. Tanto os monossacarídeos quanto os oligossacarídeos não são importantes na dieta dos peixes, diferente dos polissacarídeos.

Polissacarídeos são grandes complexos de açúcar formados por mais de dez cadeias de moléculas de monossacarídeos, geralmente as hexoses. A hidrólise dos polissacarídeos produz grande quantidade de monossacarídeos e ao contrário dos monos e oligossacarídeos os polissacarídeos são insolúveis em água. De acordo com a função que exercem, os polissacarídeos são classificados em estruturais (celulose) e energéticos (amido e glicogênio) (WEBSTER & LIM, 2002).

O amido é a forma de armazenamento dos carboidratos presentes nas plantas (FIGUEIREDO & GUERREIRO, 2003). Dois tipos de polímeros estão presentes no amido: amilose e amilopectina. A amilose é uma molécula de cadeia longa que possui cerca de 300 unidades de glicose, dispostas de forma linear α 1-4, glicopiranosídica, de cadeia não ramificada (LEHNINGER et al., 2011).

Já a amilopectina é um homopolissacarídeo de glicose, altamente ramificada, composta por cadeias lineares de ligações α 1-4 com ramificações no carbono seis (ligações α 1-6), os pontos de ramificação, chamados pontos brancos, que ocorrem entre cada 24 a 30 moléculas de glicose, possuem ligações do tipo α 1-6 (CONN & STUMPF, 1980; LEHNINGER et al., 2011).

Os grânulos de amido são formados por moléculas de amilose e amilopectina que são depositadas de forma radial e perpendicular ao grânulo, ligadas entre si por pontes de hidrogênio. A formação desses grânulos ocorre tanto com a amilose como com a amilopectina, porém, a ponte de hidrogênio é mais forte na cadeia de amilose em função do seu alto grau de polimerização (ROONEY et al., 1986)

Como descrito, a proporção relativa de amilose e amilopectina varia consideravelmente, de acordo com a origem da planta. Por exemplo, o milho e o sorgo são compostos por 62,66% e 63,24% de amido, respectivamente (ROSTAGNO et al.,

2011), estes, são compostos por 22% de amilose e 78% de amilopectina no milho (DUARTE et al., 2006) e 25% de amilose e 75% de amilopectina no sorgo (VAN SOEST et al., 1991).

2.3.2. Metabolismo de carboidratos em peixes

A energia é uma propriedade liberada durante a oxidação do metabolismo dos carboidratos, gorduras e aminoácidos (NRC, 1993). Carboidratos são utilizados como fonte de energia para o crescimento dos animais. Mas, suas funções biológicas e o seu metabolismo ainda são pouco esclarecidos em peixes (NRC, 1993; PERAGÓN et al., 1999). E, podem ser sintetizados pelos peixes a partir de substratos como as proteínas e lipídios através da gliconeogênese.

De acordo com Soler-Jaramillo (1996) a diferença na digestibilidade dos carboidratos tem relação com o hábito alimentar das espécies. Peixes onívoros ou herbívoros de águas quentes toleram maiores níveis de carboidratos, que são utilizados mais eficientemente como fonte de energia ou estocados na forma de lipídios corporais. Já os carnívoros não digerem eficientemente fontes de carboidratos (HALVER & HARDY, 2002).

O consumo de ração dos peixes é regulado pela ingestão energética, e, uma deficiência em energia pode provocar aumento no consumo de alimento, maior mobilização de proteína para gerar energia e comprometimento do crescimento (NRC, 1993; RIBEIRO et al., 2012).

Por outro lado, dietas com excesso de energia podem ocasionar limitação no consumo de proteínas e vitaminas, e maior acúmulo de gordura corporal (RIBEIRO et al., 2012). Por isso, a inclusão de carboidratos nas dietas deve ser adequada para proporcionar uma ação poupadora de proteína como fonte energética, direcionando-a para o crescimento.

Após serem ingeridos, os carboidratos são convertidos em glicose que é prontamente absorvida (NRC, 1993; JOHN & HARDY, 2002). A conversão da glicose em energia ocorre por meio de duas etapas: conversão da glicose em ácido pirúvico pela via glicolítica, e posteriormente sofrem uma série de reações do ciclo do ácido cítrico ou ciclo de Krebs no interior da mitocôndria (LEHNINGER et al., 2011).

A via da glicólise é a sequência metabólica composta por uma sequência de dez reações catalisadas por enzimas livres no citosol, onde a glicose é oxidada produzindo duas moléculas de piruvato, duas moléculas de ATP e dois equivalentes reduzidos de NADH⁺, que serão introduzidos na cadeia respiratória. A energia da glicose é liberada no primeiro estágio da glicólise, mas essa liberação de energia também acontece no ciclo do ácido cítrico (GUYTON & HALL, 2006).

A reação intermediária transforma o piruvato em acetil-CoA para que possa interagir com o ciclo de Krebs. Basicamente, a conversão do piruvato a acetil-Coa ocorre quando este é oxidado a dióxido de carbono (CO₂) e água (H₂O), produzindo adenina nicotinamida dinucleotídeo reduzida (NADH + H⁺) e flavina adenina dinucleotídeo (FADH₂). A adenosina difosfato (ADP) por meio de fosforilação oxidativa (processo aeróbio que exige oxigênio) é convertida a adenosina trifosfato (ATP), molécula rica em energia. Somando com a glicólise, são produzidos 38 ATP por molécula de açúcar (GUYTON & HALL, 2006).

Uma vez transformado em acetil-CoA, não há como gerar glicose novamente. Então para a regulação glicêmica do sangue e constante realização do ciclo de Krebs, quando necessário, o piruvato é transformado novamente em glicose, através do gasto de energia pelo processo de gliconeogênese, desencadeado principalmente em situações de jejum (LEHNINGER et al., 2011).

2.4. Sorgo

O sorgo granífero *Sorghum bicolor* (L.) Moench, pertence à família Poaceae e gênero *Sorghum*. Possui origem no continente Africano (Etiópia e Sudão), sendo uma das principais culturas do cenário agrícola mundial, ocupando o quinto lugar entre os cereais mais produzidos no mundo, depois do trigo, arroz, milho e cevada (SCHEUERMANN, 1998; FERNANDES, 2013).

Possui caule dividido em nós e entrenós e folhas ao longo de toda a planta, com panícula na inflorescência e fruto cariopse ou grão seco e a presença de espiga séssil, fértil, acompanhada por duas espiguetas estéreis pedunculadas que caracterizam o gênero. Apresenta estrutura radicular composta por raízes com sílica na endoderme, grande quantidade de pêlos absorventes e altos índices de lignificação de periciclo que

permitem maior tolerância da cultura ao déficit hídrico e o excesso de umidade no solo, quando comparado a outros cereais (MAGALHÃES et al., 2000; DINIZ, 2010).

O sorgo não apresenta proteção para sementes, como, por exemplo, a palha de milho ou as glumas do trigo e da cevada, por isso, a planta produz vários compostos fenólicos, que servem como defesa química contra pássaros, patógenos e outros competidores. Entretanto, os compostos fenólicos podem ocorrer ou não, entre estes, destaca-se o tanino condensado, substância adstringente que acarreta ao grão, problemas de digestibilidade (MAGALHÃES et al., 2000).

O sorgo é classificado em quatro grupos: o sorgo granífero, adaptados à colheita mecânica por apresentar pequeno porte, o forrageiro de porte alto, utilizado na produção de silagem ou etanol, o forrageiro para pastejo, corte verde, fenação e cobertura morta e o vassoura, cujas panículas são confeccionadas vassoura RODRIGUES & SANTOS (2011).

Entre estes grupos, o sorgo granífero apresenta a maior expressão econômica, por ser um dos cereais mais importantes do mundo, em termos de produção. É utilizado como alimento humano em muitos países da África, Sul da Ásia e América Central e é importante componente da alimentação animal nos Estados Unidos, Austrália e América do Sul (RODRIGUES & SANTOS, 2011; FAO, 2012).

No Brasil, o sorgo granífero ocupa o sétimo lugar na participação entre os cereais, leguminosas e oleaginosas, considerando o seu volume produzido (IBGE, 2010). Os cultivares de sorgo granífero são subdivididas em: sorgo baixo tanino e sorgo alto tanino, sendo a presença do tanino uma característica positiva para a produção agrícola da espécie (MAGALHÃES et al., 2010).

2.4.1. Produção do sorgo no Brasil

No panorama mundial da produção de sorgo, quatro importantes regiões se destacam: países abaixo do Saara, América do Norte, América do Sul e sul da Ásia, essas regiões, participam com 44, 24, 11 e 10% da produção mundial respectivamente, sendo que os maiores produtores são Nigéria, EUA e Índia com participação de 18, 13 e 10% respectivamente. O Brasil participa em apenas 4% desta produção (IBGE, 2010).

Introduzido no Brasil no século XX, inicialmente sua produção deparou-se a resistência, porque a cultura foi abordada como competidora do milho. Mas, sua consolidação como potencial de produção foi observada somente no decorrer dos anos

seguintes, devido à política econômica, sendo a sua comercialização o principal fator limitante (MAGALHÃES et al. 2010).

Desde 2001, a cultura do sorgo vem apresentando crescimento de 18% ao ano, principalmente em semeaduras de sucessão e culturas de verão. Em 2014, a área plantada de sorgo foi de 784,2 mil hectares com produção de 2,1 milhões de t, produtividade média nacional de 2,75 t por hectare (IBGE, 2014).

No Brasil, 91% do sorgo é produzido na segunda safra ou safrinha, onde a produtividade da cultura depende das últimas chuvas da estação e dos nutrientes residuais da adubação da safra principal (verão), uma vez que o investimento em fertilizantes na safrinha é baixo ou inexistente (RESENDE et al., 2009).

A região Centro-Oeste é a principal produtora nacional de sorgo granífero, com uma área plantada na safra 2014 de 491,4 mil hectares (62,66% da área total), seguida da região Sudeste e Nordeste, 186,8 e 84,2 mil hectares, respectivamente. A produção de sorgo na região Centro-Oeste foi de 1,4 milhões de t de sorgo (IBGE, 2014).

Os estados brasileiros maiores produtores de sorgo foram Goiás (923 mil t), Minas Gerais (450,2 mil t), Mato Grosso (433,7 mil t), São Paulo (67,6 mil t) e Mato Grosso do Sul (42,9 mil t). Nestes estados, concentram-se aproximadamente 90,5% da produção de sorgo granífero do país (IBGE, 2014).

2.4.2. Características nutricionais do sorgo

O valor nutricional do sorgo varia de acordo com as condições ambientais. Os grãos possuem qualidades nutricionais muito semelhantes ao do milho e do trigo. O sorgo baixo tanino apresenta 63,24% de amido, em torno de 80% de extrativos não nitrogenados (ENN), 2,5% de fibra bruta (FB) e 10% de proteína bruta (PB) e são ricos em nutrientes digestíveis totais (NDT) (ROSTAGNO et al., 2011).

O milho possui maior valor de energia metabolizável (EM) para aves (3381 kcal kg⁻¹ milho, 3189 kcal kg⁻¹ sorgo baixo tanino e 2956 kcal kg⁻¹ sorgo alto tanino) e menores valores de PB (7,88% o milho, 8,97% o sorgo baixo tanino e 8,54% o sorgo alto tanino), FB (7,88% o milho, 2,30% o sorgo baixo tanino e 2,78% o sorgo alto tanino) e cinzas (1,27% o milho, 1,41% o sorgo baixo tanino e 1,86% o sorgo alto tanino) (ROSTAGNO et al., 2011).

Comparado ao milho, o sorgo possui menor teor de óleo e menor quantidade de lisina e metionina, porém a quantidade de triptofano é semelhante entre ambos (BUTOLO, 2002). A digestibilidade de aminoácidos essenciais do milho e do sorgo é de, respectivamente, 93% e 83% para metionina, 90% e 78% para lisina, 87% e 78% para treonina e 78,2% e 74,5% para o triptofano, o que demonstra maior disponibilidade de aminoácidos do milho em relação ao sorgo (FERNANDES, 2013).

Em geral, o sorgo é uma fonte energética, um pouco inferior ao milho, apresentando superior em seus percentuais de proteína que variam entre 8 a 9%. Porém, os níveis maiores de proteínas no sorgo não mantêm a mesma proporção de aminoácidos essenciais para nutrição de aves e suínos (ROSTAGNO et al., 2011). Essa variação na composição dos grãos é causada, principalmente, por condições edafoclimáticas (DINIZ, 2010).

Alguns genótipos de sorgo apresentam diversos compostos fenólicos, essenciais na defesa e alta imunidade da planta e são divididos em três grupos básicos: ácidos fenólicos, flavonoides e taninos, que podem alterar a cor, aparência, e qualidade nutricional do grão (CABRAL FILHO, 2004).

Os ácidos fenólicos são encontrados em todo tipo de sorgo, diferentemente dos flavonóides que estão presentes em alguns genótipos. Já o tanino, é encontrado no tecido chamado testa abaixo do pericarpo, ou seja, a presença da testa é fator decisivo para presença desta substância. Tanto os ácidos fenólicos quanto os flavonóides não causam nenhum efeito adverso na qualidade nutricional, ao contrário dos taninos (CABRAL FILHO, 2004).

De acordo com o autor supracitado existem dois grupos de taninos: hidrolisável e condensados, sendo que não há evidências da presença de tanino hidrolisável no sorgo. Já o tanino condensado (encontrado em alguns genótipos de sorgo) tem como adversidade seu fator antinutricional, uma vez que formam complexos com proteínas que diminuem a digestibilidade e a palatabilidade do alimento, principalmente, em animais monogástricos.

A presença do tanino no sorgo está relacionada à constituição genética, e pode ser mensurada a partir dos teores de compostos fenólicos, que demonstram que valores de até 0,65% representam ausência de tanino condensado, porém possuem ácido fenólico e flavonoides, que não atuam como antinutricionais (CABRAL FILHO, 2004).

Por apresentar 95% do valor biológico do milho, o sorgo pode substituir até 100% da quantidade de milho em rações para ruminantes e monogástricos

(SCHEUERMAN, 1998; WAQUIL & VIANA, 2004). Além disso, o uso do sorgo pode proporcionar benefício econômico à cadeia produtiva, por ser mais barato que o milho.

No Brasil, o custo do grão de sorgo é de, aproximadamente, 80% do valor pago à mesma quantidade de milho (CONAB, 2012). De acordo com os fornecedores das fabricas de rações do mercado local da região de Campinas, SP, os preços do milho e do sorgo, correspondem a R\$ 0,45 e R\$ 0,30 o quilo, respectivamente.

2.4.3. Sorgo na alimentação animal

Fialho & Pinto (1992) e Zardo & Lima (1999) descrevem que o milho pode ser substituído totalmente pelo sorgo, na nutrição de suínos, desde que os teores nutricionais sejam ajustados com outros ingredientes e considerados os fatores antinutricionais. Cousins et al. (1981) ao utilizarem o sorgo de baixo tanino na alimentação de suínos na fase inicial, observaram que o alimento não influencia a digestibilidade e o desempenho dos animais.

Segundo Fialho et al. (2002), a substituição de níveis crescentes de milho por sorgo não alteraram a digestibilidade da proteína bruta para suínos, este mesmo efeito também foi observado por Lin et al. (1987) para a matéria seca e energia. Estes resultados diferem dos encontrados por Marques et al. (2007) que recomendam a substituição de até 50% do milho por sorgo em dietas para suínos.

Rodrigues et al. (2002) e Marques et al. (2007), ao utilizarem o sorgo de baixo tanino em substituição ao milho, em dietas para suínos em crescimento, observaram que animais alimentados com substituição total do milho pelo sorgo apresentaram maior excreção fecal de energia.

Garcia et al. (2005) observaram que a substituição do milho por sorgo não afeta o desempenho de aves. De acordo com Silva et al. (2009) o sorgo de baixo tanino pode substituir totalmente o milho nas rações para frango de corte, sem apresentar prejuízos significativos para o desempenho produtivo, rendimento de carcaça e deposição lipídica abdominal. Estes autores, concluem ainda que a substituição de 75% do milho pelo sorgo proporciona menor concentração de colesterol total e plasmático em aves.

Pinto et al. (2002) ao verificarem a inclusão de sorgo de baixo tanino e ácido tânico na ração de aves, observaram melhora no desempenho produtivo das mesmas.

Este mesmo efeito também foi relatado por Silva et al. (2002) para frangos de corte alimentados com sorgo e ácido tânico, que apresentaram menor deposição de gordura corporal e menor concentração de colesterol plasmático e deposição de gordura abdominal e visceral.

Moreno et al. (2007) ao substituírem o milho pelo sorgo baixo tanino na ração de poedeiras comerciais observaram que a substituição foi viável em diminuir o custo de produção, porém reduziu a pigmentação da gema do ovo das aves, que pode ser recuperada com a adição do pigmento natural, páprica, nas dietas a base de sorgo.

Segundo Aiura & Carvalho (2004) o sorgo também se apresenta como ingrediente promissor em dietas para peixes. O sorgo tem sido estudado, como substituo do milho em rações para espécies carnívoras principalmente, porque apresenta maior proporção de carboidratos solúveis, promove maior viscosidade do alimento, permitindo o aumento no tempo de permanência do bolo alimentar no trato digestivo, o que possibilita um aproveitamento mais eficiente dos carboidratos (RIBEIRO et al., 2012)

Furuya et al. (2003) e Pinto et al. (2000) relatam que o uso de silagem de sorgo de baixo tanino para juvenis de tilápia-do-nilo e piaçu *Leporinus macrocephalus* respectivamente, melhora a palatabilidade das dietas, de forma que os peixes expressam maior consumo quando comparado as rações com milho. Segundo Furuya et al. (2003) a silagem do sorgo baixo tanino pode substituir em 100% o milho das rações para tilápia-do-nilo. Esse efeito também foi relatado por Freire (2002) para o grão de sorgo com baixo teor de tanino.

De acordo com Rabelo (2014) o desempenho produtivo de jundiás *Rhamdia quelen* submetidos a dietas com até 30% de sorgo baixo tanino, não apresentou diferença para o ganho de peso, conversão alimentar, taxa de eficiência protéica, proteína total do sangue e proporção de glóbulos brancos.

Pinto et al. (2001) descreve que alevinos de piaçu com dieta contendo 0,23% de taninos totais apresentam pequena tendência ao melhor ganho de peso e, que até 0,69% de taninos na dieta não afetam significativamente este parâmetro.

2.5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIMORAD, E. G.; FAVERO, G. C.; CASTELLANI, D.; GARCIA et al. 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.; 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.; CARNEIRO, D. J. Métodos de coleta 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. Relation between levels of protein and energy digestibilities diets with different proportions of lipids and carbohydrates for the growth of pacu, *Piaractus mesopotamicus*. 2004. 89f. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, SP.

AIURA, F. S.; CARVALHO, M. R. B. Composição em ácidos graxos e rendimento de filé de tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*) alimentada com dietas contendo tanino. **Revista Portuguesa de Ciências Veterinárias**, v. 99, n. 550, p. 93-98, 2004.

ALLAN, G. L.; PARKINSON, S.; BOOTH, M. A. et al. Replacement of fish meal in diets for Australian silver perch, *Bidyanus bidyanus*: I. Digestibility of alternative ingredients. **Aquaculture**, p.186-293, 2000.

BALDISSEROTTO, B.; GOMES, L. C. **Espécies nativas para piscicultura no Brasil**. Santa Maria, UFSM, 2005.

BICUDO, A. J. A. Exigências nutricionais de juvenis de pacu (*Piaractus mesopotamicus* Holmberg, 1887): proteína, energia e aminoácidos. 2008. 123f. Tese

(Doutorado em Ciência Animal e Pastagens) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP.

BICUDO, A. J. A.; SADO, R. Y.; CYRINO, J. E. P. Growth and haematology of pacu, *Piaractus mesopotamicus*, fed diets with varying protein to energy ratio. **Aquaculture Research**, v. 40, p. 486-495, 2009.

BUTOLO, J. E. **Qualidade de ingredientes na alimentação animal**. Campinas: Agro Comunicação, 430p. 2002.

CABRAL FILHO, S. L. S. Efeito do teor de tanino do sorgo sobre a fermentação ruminal e parâmetros nutritivos de ovinos. 2004. 88f. Tese (Doutorado em Ciências) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP.

CALDARELLI, C. E.; BACCHI, M. R. P. Fatores de influência no preço do milho no Brasil. **Nova Economia**, Belo Horizonte, v.22, n.1, p. 141-164, 2012.

CANTELMO, O. A. Níveis de proteína e energia em dietas para o crescimento do pacu, *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg, 1887). em sistema super intensivo de produção. 1993. 56f. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC.

CARNEIRO, D. J. Efeito da temperatura na exigência de proteína e energia em dietas para alevinos de pacu *Piaractus mesopotamicus* (HOLMBERG, 1887). 1990. 55f. Tese (Doutorado em Ecologia) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, SP.

CASTAGNOLLI, N.; ZUIM, S. M. F. **Consolidação do conhecimento adquirido sobre pacu *Colossoma mitrei*** (BERG, 1895), FCAV/UNESP. Jaboticabal, SP. 26p. 1985.

CIFUENTES, R.; BRESSANI, R.; ROLZ, C. The potential of sweet sorghum as a source of ethanol and protein. **Energy for Sustainable Development**, p. 13-19, 2014.

CHIODI, L. Integração espacial no mercado brasileiro de milho. 2006. 89p. Dissertação

(Mestrado em Economia Aplicada) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP.

CHO, C. Y.; BUREAU, D. P. A review of diet formulation strategies and feeding systems to reduce excretory and feed wastes in aquaculture. **Aquaculture Research**, p. 349-360, 2001.

CHO, C. Y.; COWEY, C. B.; WATANABE, T. **Finfish Nutrition in Asia. Methodological approaches to research and development**. International Development Research Centre, Ottawa. 154p. 1985.

CONAB (2012) - Companhia Nacional de Abastecimento – Acompanhamento da Safra Brasileira Cana-de-Açúcar Safra 2012/2013, Terceiro levantamento. Acesso em 10 jan. 2014. Online. Disponível em: http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/12_12_12_10_34_43_boletim_cana_portugues_12_2012.pdf

CONN, E. E.; STUMPF, P. K. **Introdução a bioquímica**. São Paulo, SP: Edgard Blucher, 525p. 1980.

COUSINS, B. W.; TANKSLEY, T. D.; KNABE, D. A. et al. Nutrient digestibility and performance of pigs fed sorghums varying in tannin concentration. **J. Anim. Sci.**, v.53, p.1524-1537, 1981.

CRAIG, S.; HELFRICH, L. A. Understanding Fish Nutrition, Feeds and eeding, **Cooperative Extension Service, publication**. Virginia State University, USA. p. 420-256, 2002.

DINIZ, G. M. M. **Produção de sorgo** (*Sorghum bicolor* L. Moench): aspectos gerais. 2010. 97f. Dissertação (Mestrado em Melhoramentos Genético de Plantas), Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, PE.

DUARTE, A. et al. Avaliação nutricional de cereais extrusados para cães. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 6, p. 1177-1183, 2006.

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

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations 2014 - SOFIA: **The State of World Fisheries and Aquaculture**. Roma. 230p. 2012.

FEDRIZI, L. F. B. Digestibilidade de nutrientes, crescimento e variáveis metabólicas em tilápias do nilo alimentadas com fontes de carboidratos peletizadas, extrusadas ou cruas. 2009. 188f. Tese (Doutorado em Aquicultura) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, SP.

FEDRIZI, L. F. B. Efeito do processamento de alimentos energéticos sobre o tempo de trânsito gastrintestinal e a digestibilidade de nutrientes e energia em juvenis de pacu, *Piaractus mesopotamicus*. 2005. 50f. Dissertação - (Mestrado em Aquicultura) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, SP.

FERNANDES, P. G. Avaliação agrônômica de dois cultivares de sorgo sacarino (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) em Sete Lagoas – MG. 2013. 75f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Goytacazes, RJ.

FERNANDES, J. B. K.; CARNEIRO, D. J.; SAKOMURA, N. K. Fontes e níveis de proteína bruta em dietas para juvenis de pacu *Piaractus mesopotamicus*. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, n. 3, p. 617-626, 2001.

FERNANDES, J. B. K.; CARNEIRO, D. J.; SAKOMURA, N. K. Fontes e níveis de proteína bruta em dietas para alevinos de pacu (*Piaractus mesopotamicus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.3, p.646-653, 2000.

FIALHO, E. T.; PINTO, H. Utilização de sorgo em rações para suínos e aves. **Embrapa**. Concórdia, SC. v.16, p. 4-19, 1992.

FIALHO, E. T.; LIMA, J. A. F.; OLIVEIRA, W. et al. Substituição do milho pelo sorgo sem tanino em rações de leitões: digestibilidade dos nutrientes e desempenho animal. **Revista Brasileira Milho Sorgo**, v.1, p.105-111, 2002.

FIGUEIREDO, J.; GUERREIRO, M. O arroz. **Ciência Viva: Agência nacional para a cultura científica e tecnológica**, 2003.

FREIRE, E. S. Avaliação biológica de sorgo alto e baixo tanino por meio do desempenho e digestibilidade em tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). 2002. 65f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Curso de Pós-graduação em Zootecnia, Universidade Estadual Paulista de Botucatu, Botucatu, SP.

FURUYA, W.; SILVA, L.; HAYASHI, C.; FURLAN, A.; NEVES, P.; BOTARO, D.; SANTOS, V. Substituição do milho pela silagem de sorgo com alto e baixo teor de tanino em dietas para juvenis de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Acta Scientiarum: Animal Sciences**, v. 25, n. 2, p. 243-247, 2003.

GARCIA, R.G.A.; MENDES, A.; ANDRADE, C.; PAZ, I.C.L .A.; TAKAHASHI, S.E.; PELÍCIA, K.; KOMIYAMA, C.M.; QUINTEIRO, R.R. Avaliação do desempenho e de parâmetros gastrintestinais de frangos de corte alimentados com dietas formuladas com sorgo alto tanino e baixo tanino. **Ciência Agrotécnica**, v.29, n.6, p.1248-1257, 2005.

GOBESSO, A. A. O.; D'AURIA, E.; PREZOTTO, L. D.; RENNO, F. P. Substituição de milho por sorgo triturado ou extrusado em dietas para equinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, p. 2011-2016, 2008.

GONÇALVES, E. G.; CARNEIRO, D. J. Coeficiente de digestibilidade aparente da proteína e energia de alguns ingredientes utilizados em dietas para o pintado (*Pseudoplatystoma coruscans*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.4, p.779-786, 2003.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Levantamento sistemático da produção agrícola**. Rio de Janeiro, RJ. v.23, n.09, p.1-80, 2010.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Levantamento sistemático da produção agrícola**. Rio de Janeiro, RJ. v.28, n.12, p. 1-88, 2014.

HALVER, J. E.; HARDY, R. W. (3.Ed.). **Fish nutrition**. Academic press, 824p. 2002.

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.

LEHNINGER, A. L.; NELSON, D. C.; COX, M. M. **Princípios de bioquímica**. 5. ed. São Paulo: Artmed, 1274p. 2011.

LIN, F. D.; KNABE, D. A.; TANKSLEY JR., T. D. et al. Apparent digestibility of amino acids, Gross energy and starch in corn, sorghum, wheat, barley, oat, groats and wheat middlings for growing pigs. **J. Anim. Sci.**, v.64, p.1655-1663, 1987.

MAGALHÃES, P. C.; DURAES, F.; SCHAFFERT, R. E. Fisiologia da planta de sorgo. Sete Lagoas - MG: **Embrapa Milho e Sorgo**, 46p. 2000.

MAGALHÃES, R. T.; GONÇALVES, L. C.; BORGES, I.; RODRIGUES, J. A. S.; FONSECA, J. F. Produção e composição bromatológica de vinte e cinco genótipos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). **Arq Bras Med Vet Zoo**, v. 62, p. 747-751, 2010.

MARQUES, B. M. F. P. P.; ROSA, G. B.; HAUSCHILD, L.; CARVALHO, A. d'A.; LOVATTO, P. A. Replacement of corn by low tannin sorghum in pig diets: digestibility and metabolism. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.59, n.3, p.767-772, 2007.

MATOS, M. A.; NINAUT, E. S.; CAIADO, R. C.; SALVI, J. V. A elevação dos preços das commodities agrícolas e a questão da agroenergia. **Informações Econômicas**, v. 38, n. 9, 2008.

MAY, A.; ALBUQUERQUE FILHO, M. R.; RODRIGUES, J. A. S.; PARRETA, R. A. C. MASSAFERA, R. **Cultivares de sorgo para o mercado brasileiro da safra 2011/2012**. Embrapa Milho e Sorgo. Sete Lagoas, MG. 2011.

MORENO, J. O.; ESPINDOLA, G. B.; SANTOS, M. S. V. et al. Desempenho e qualidade dos ovos de poedeiras comerciais, alimentadas com dietas contendo sorgo e páprica em substituição ao milho. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v.29, p.159-163, 2007.

MPA. Ministério da Pesca e Aquicultura. 2011. Acesso em outubro de 2014. Online. Disponível em: http://www.mpa.gov.br/images/Docs/Informacoes_e_estatisticas/Boletim%20MPA%202011FINAL.pdf

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

PERAGÓN, J. et al. Carbohydrates affect protein-turnover rates, growth, and nucleic acid content in the white muscle of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Aquaculture**, 425-437, 1999.

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

PINTO, M. M.; CARVALHO, M. R. B. et al. **Uso do sorgo com alto e baixo teor em taninos na alimentação de frangos de corte**. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, PRESIDENTE PRUDENTE, 2002.

PINTO, L. G. Q.; PEZZATO, L. E.; MIRANDA, E. C. D.; BARROS, M. M. Growth performance of piauçu (*Leporinus macrocephalus*) fed diets with different levels of tannin. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa v. 30, n. 4, p. 1164-1171, 2001.

PINTO, L. G. Q.; PEZZATO, L. E.; MIRANDA, E. C. et al. Ação do tanino na digestibilidade de dietas pela tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Acta Scientiarum**, v. 22, p. 677-681, 2000.

RABELO, P. C. Sorgo em dietas para o jundiá (*Rhamdia quelen*). 2014. 31f. Dissertação (Mestrado em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca). Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Toledo, PR.

RESENDE, A. V.; COELHO, A. M.; RODRIGUES, J. A. S.; SANTOS, F. C. Adubação maximiza o potencial produtivo do sorgo. Sete Lagoas: **Embrapa Milho e Sorgo**, 8p. 2009.

RIBEIRO, P. A. P.; MELO, D. C.; COSTA, L. S.; TEIXEIRA, E. A. **Manejo nutricional e alimentar de peixes de água doce**. Belo Horizonte, MG. 92p. 2012.

RODRIGUES, J. A. S.; SANTOS, F. G. Sistema de produção do sorgo. Sete Lagoas: **Embrapa Milho e Sorgo**. 2011.

RODRIGUES, P. B.; FREITAS, R. T. F.; FIALHO, T. E. et al. Digestibilidade dos nutrientes e desempenho de suínos em crescimento e terminação alimentados com rações à base de milho e sorgo suplementadas com enzimas. **Rev. Bras. Milho e Sorgo**, v.1, p. 91-100, 2002.

ROONEY, L. W.; PFLUGFELDER, R. L. Factors affecting starch digestibility with special emphasis on sorghum and corn. **Jornal Animal Science**, v.63, p.1607 - 1623, 1986.

ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L.; GOMES, P.C.; OLIVEIRA, R.F.; LOPES, D.C.; FERREIRA, A.S.; BARRETO, S.L.T.; EUCLIDES, R.F. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. Viçosa, MG. Universidade Federal de Viçosa, 252p. 2011.

SAINT-PAUL, U. Potential for aquaculture of South American freshwater fishes: a review. **Aquaculture**, v.54, n.3, p. 205-240, 1986.

SALLA, D. A.; FURLANETO, F. P. B.; CABELLO, C.; KANTHACK, R. A. D. Estudo energético da produção de biocombustível a partir do milho. **Ciência Rural**, v. 40, n. 9, p. 2017-2022, 2010.

SCHEUERMANN, G. N. Utilização do sorgo em rações para frangos de corte. Concórdia: **Embrapa Suínos e Aves**, 2p. 1998.

SILVA, J. D. T.; DIAS, L. T. S.; MACHADO, C. R. et al. Uso de sorgo com baixo teor em taninos na alimentação de frangos de corte. **Nucleus Animalium**, v.1, p. 39-52. 2009.

SILVA, J. D. T.; CARVALHO, M. R. B. et al. Efeito do sorgo e do ácido tânico na deposição de gordura visceral e abdominal em frangos de corte. In: **Congresso de Iniciação Científica**, Presidente Prudente, resumo, 2002.

SOLER-JARAMILLO, M. P. Sistema digestivo de los peces, camarones y su fisiología. In: **Fundamentos en nutrición y alimentación en acuicultura** (SOLER-JARAMILLO, M. P.; RODRÍGUEZ-GÓMEZ, H.; DAZA, P.V.). Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura, Santa Fé de Bogotá, Colombia., p. 23 – 52, 1996.

TACON, A. G. J. **The nutrition and feeding of farmed fish and shrimp – training manual. I. The essential nutrients**. FAO. Brasília, DF, 1987.

TEIXEIRA, E. A.; SALIBA, E. O. S.; EULER, A. C. C. et al. Coeficientes de digestibilidade aparente de alimentos energéticos para juvenis de surubim. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, p.1180-1185, 2010.

URBINATI, E. C.; GONÇALVES, F. D. Pacu (*Piaractus mesopotamicus*) In: BALDISSEROTO, B.; GOMES, L. C. **Espécies nativas para piscicultura no Brasil**. Santa Maria: Editora UESM, Cap. 10, p. 225-246, 2005.

VAN SOEST, P. J.; ROBERTSON, J. B.; LEWIS, B. A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, v.74, n.10, p. 3583-3597, 1991.

ZARDO, A. O.; LIMA, G. J. M. M. **ALIMENTOS PARA SUÍNOS**. Alimentos para suínos. Boletim informativo do Centro Nacional de pesquisa de suínos e aves – EMBRAPA e da Associação Riograndense de Empreendimentos de Assistência Técnica e Extensão Rural – EMATER, RS, 1999.

WAQUIL, J. M.; VIANA, P. A. Ocorrência e controle de pragas na cultura do sorgo no Sudoeste de Goiás safrinha. Sete Lagoas: **Embrapa Milho e Sorgo**, 14p. 2004.

WEBSTER, C. D.; LIM, C. **Nutrient requirements and feeding of finfish for aquaculture**. Cabi, 211p. 2002.

CAPÍTULO II

(Redigido de acordo com as normas da revista Pesquisa Agropecuária Brasileira)

Projeto aprovado pela Comissão de Ética do Uso de Animais – CEUA (EMBRAPA
MEIO AMBIENTE)
Protocolo nº 001/2014

Substituição do milho pelo sorgo em dietas para juvenis de pacu

Milena Souza dos Santos Sanchez⁽¹⁾, Marcelo dos Santos Nascimento⁽²⁾ e Hamilton Hisano⁽³⁾

Resumo

O objetivo por meio desse estudo foi avaliar o coeficiente de digestibilidade aparente (CDA%) dos nutrientes e energia do sorgo, bem como o desempenho produtivo, índices somáticos, parâmetros hematológicos e composição centesimal do filé de juvenis de pacu alimentados com dietas contendo sorgo. Para a determinação do CDA da matéria seca (MS), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), energia bruta (EB) do sorgo, foram utilizados 160 pacus com peso médio de $56,00 \pm 8,04$ g, alimentados com dieta referência e teste (30% sorgo), acrescidas com 0,1% de óxido de cromo III. Para avaliação do desempenho, utilizou-se 180 juvenis de pacu com peso médio de $10,80 \pm 0,77$ g, alimentados com cinco dietas experimentais, contendo 0, 25, 50, 75 e 100% de substituição da energia do milho pela do sorgo. Os CDA do sorgo pelo pacu foram 78,52% para MS; 74,82% para PB; 94,36% para EE e 77,24% para EB. Não foram observadas diferenças ($p > 0,05$) para as variáveis de desempenho, índices somáticos e parâmetros hematológicos, ao contrário da composição centesimal. O sorgo apresenta CDA semelhantes ao do milho, e pode substituí-lo integralmente em dietas para juvenis de pacu. Além disso, reduz o custo da formulação e simultaneamente da produção.

Palavras chaves: *Piaractus mesopotamicus*, digestibilidade, sorgo, desempenho, hematologia, custo.

Substitution of corn to sorghum in diets of pacu juveniles

Abstract

The aim through this study was to evaluate the apparent digestibility coefficient (ADC%) of nutrients and energy of sorghum as well as the performance, somatic rates, hematological parameters and chemical composition of pacu juveniles fillet fed diets containing sorghum. To determine the ADC of dry matter (DM), crude protein (CP), ether extract (EE), gross energy (GE) of sorghum, we used 160 pacus with an average weight of 56.00 ± 8.04 g, fed with reference and test diets (30% sorghum), added 0.1% of chromium III oxide. To evaluate the performance, we used 180 juvenile pacu with an average weight of 10.80 ± 0.77 g, fed with five experimental diets containing 0; 25; 50; 75; and 100% replacement of corn by the energy sorghum. The sorghum ADC for pacu were 78.52% for DM; 74.82% of CP; 94.36% to 77.24% for EE and GE. There were no differences ($p > 0.05$) for the performance variables, somatic rates and hematological parameters, unlike for chemical composition. Sorghum has ADC similar to corn, and we can replace it entirely in diets for pacu juveniles. It also reduces the cost of the formulation and production simultaneously.

Key words: *Piaractus mesopotamicus*, digestibility, sorghum, performance, hematology, cost.

Introdução

O mercado de produção animal é crescente no cenário mundial e vem sendo impulsionado pela demanda da carne por países em desenvolvimento que apresentam crescimento demográfico, urbanização e variações das preferências e hábitos alimentares dos consumidores (FAO, 2014). Essa intensificação promoveu o aumento do consumo de pescado, que no Brasil atingiu 14 kg por habitante em 2014 (MPA, 2014).

Simultaneamente ao aumento do consumo de pescado ocorreu a expansão da aquicultura e conseqüentemente o aumento da produção de rações para organismos aquáticos. Assim, houve aumento da demanda pelos alimentos convencionais como o milho, que também é utilizado na confecção de rações de diferentes espécies animais, na alimentação humana e na produção de biocombustível (Matos et al., 2008; Salla et al., 2010; Cifuentes et al., 2014).

Frente ao exposto e ao fato de o milho ser uma commodity, cujo preço depende das circunstâncias do mercado, há necessidade de se promover pesquisas para a substituição parcial ou total do milho na alimentação de peixes. Dentre os alimentos energéticos, o sorgo apresenta características nutricionais mais próximas a do milho (Freire, 2002; Fedrizzi, 2005) além de ser viável economicamente (CONAB, 2012).

Segundo a CONAB (2012) o custo do grão do sorgo no Brasil é aproximadamente 80% do valor pago ao milho. De acordo com os fornecedores das fabricas de rações do mercado local da região de Campinas, SP, os preços do milho e do sorgo, correspondem a R\$ 0,45 e R\$ 0,30 por quilo, respectivamente.

O uso do sorgo na dieta dos animais pode ser limitado pela presença dos fatores antinutricionais presentes no grão, como o tanino. Por outro lado, existem variedades

com menores teores, que popularmente são conhecidas como sorgo baixo tanino. Logo, esta opção pode minimizar os efeitos antinutricionais indesejado causados pela presença desta substância (Magalhães et al., 2010).

A presença do tanino é devido à constituição genética da planta, e pode ser mensurada a partir dos teores de compostos fenólicos presentes nos grãos. Grãos que apresentam 0,65% de compostos fenólicos são considerados ausentes de tanino, apesar de possuírem compostos fenólicos que não são antinutricionais como ácido fenólico e flavonóides (Cabral Filho, 2004).

O pacu é um peixe que pertence à família Characidae de clima tropical, originário das bacias dos rios Paraná, Paraguai e Uruguai (Saint-Paul, 1986; Baldisseroto e Gomes, 2005). Possui hábito alimentar onívoro, com tendência a herbívoro, o que permite a utilização de várias fontes proteicas e energéticas na sua alimentação, sejam elas de origem animal ou vegetal.

A espécie também apresenta alto valor comercial e aceitação do mercado consumidor, fácil adaptação à alimentação artificial e exploração para a pesca esportiva (Abimorad e Carneiro, 2004). E mesmo apresentando crescimento promissor e ótimo potencial produtivo, ainda é desconhecido o uso do sorgo em substituição ao milho sobre o seu desempenho produtivo.

Em função da limitada informação sobre a inclusão do sorgo na alimentação de pacu, objetivou-se neste estudo, avaliar a digestibilidade aparente dos nutrientes do sorgo para juvenis de pacu, bem como o desempenho produtivo, índices somáticos, parâmetros hematológicos e composição centesimal destes, alimentados com dietas contendo diferentes níveis de sorgo.

Material e Métodos

Os ensaios de digestibilidade e desempenho foram conduzidos no Laboratório de Ecossistemas Aquáticos – LEA da Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna/SP. Para determinação do coeficiente de digestibilidade aparente (CDA%) da matéria seca (MS), proteína bruta (PB), energia bruta (EB) e extrato etéreo (EE) do grão de sorgo, foram confeccionadas duas rações: referência e teste.

A dieta referência foi elaborada de forma a se apresentar isoenergética (3.200 kcal kg⁻¹) e isoproteica (23% PD), tendo como alimentos principais o farelo de soja, farelo de trigo e milho. Para a ração teste foi substituído 30% da ração referência pelo sorgo, sendo ambas acrescidas com 0,1 % de óxido de cromo III (Cr₂O₃) como marcador inerte.

Foram utilizados 160 juvenis de pacu com peso médio inicial de 56 ± 8,04 g, distribuídos em oito gaiolas cilíndricas de polietileno (80L), acopladas a dois tanques de polietileno (2.000L) contendo sistema de recirculação de água, com temperatura média controlada em torno de 27°C e aeração constante.

Para coleta de fezes foram utilizados quatro aquários de fibra de vidro com formato cilíndrico e fundo cônico (200L), semelhantes ao modelo Guelph modificado por Cho e Slinger (1979), com aeração contínua e temperatura controlada em torno de 27 °C.

O período experimental teve duração de 16 dias, sendo sete destinados à adaptação dos peixes a dieta experimental e nove para coleta de fezes. As oito gaiolas foram divididas em dois grupos de coleta, aonde as fezes de cada grupo foram coletadas em dias alternados, permitindo o descanso dos animais ao manejo estressante.

Os animais foram alimentados sete vezes ao dia, as 10:00, 13:00, 14:00, 14:30, 15:00, 15:30 e 16:00h até apresentarem saciedade aparente. Os períodos de alimentação foram definidos a partir do tempo de trânsito gastrointestinal de 20h apresentado por pacus alimentados com dietas com até 9% de fibra bruta em sua composição segundo Rodrigues et al. (2010) e de 21h para pacu produzidos em temperatura de 27°C de acordo com Dias-Koberstein et al. (2005).

Ao final da tarde os peixes eram transferidos para os aquários de coleta, aonde permaneciam até a manhã seguinte, quando tinham suas fezes coletadas e armazenadas em placas de petri a -20°C. No final do experimento as amostras foram descongeladas em temperatura ambiente, centrifugadas a 4.200 rpm por 8 minutos a 20 °C, desidratadas em estufa de circulação forçada a 55 °C por 24h, moídas em graal de pistilo e armazenadas sob refrigeração a aproximadamente 7 °C.

A qualidade da água dos tanques de polietileno que sustentaram as gaiolas para o arraçoamento diário dos peixes, foi monitorada diariamente pela manhã (concentração de oxigênio dissolvido, temperatura e pH) através de sonda portátil e semanalmente (nível de amônia) através de kits colorimétricos.

As análises da composição químico-bromatológica das rações, fezes e sorgo, foram realizadas segundo a metodologia descrita pela AOAC (2000). No sorgo foi quantificado o teor de tanino, fibra bruta (FB) e matéria mineral (MM). O cromo presente nas rações e nas fezes foi quantificado segundo a metodologia descrita por Silva (2005).

As análises de PB, MS e MM foram realizadas no Laboratório de Solos e Água – LSA da Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, SP. As análises de Cr₂O₃ foram realizadas no Laboratório de Análise de Solos da Embrapa Agropecuária Oeste, Dourados, MS e as análises, EE, EB, FB e tanino pelo Laboratório CBO, Campinas, SP.

Após a realização da análise quantitativa do Cr_2O_3 e dos nutrientes das dietas experimentais, através da fórmula proposta por Cho e Slinger (1979) foi calculado os coeficientes de digestibilidade aparente das dietas referência e teste:

$$\text{CDA} (\%) = 100 - \left[100 \times \left(\frac{\% \text{ Id}}{\% \text{ If}} \times \frac{\% \text{ Nf}}{\% \text{ Nd}} \right) \right]$$

Onde: CDA = coeficiente de digestibilidade aparente; Id = concentração de cromo na dieta; If = concentração de cromo nas fezes; Nd = nutriente na dieta; Nf = nutriente nas fezes.

Os valores de digestibilidade aparente dos nutrientes do ingrediente, também foram determinados segundo a fórmula proposta por Cho e Slinger (1979):

$$\text{CDA}_{(\text{ing})} = (\text{CD}_{(\text{RT})} - b \cdot \text{CD}_{(\text{Rb})}) / a$$

Onde: CDA (ing) = coeficiente de digestibilidade aparente do ingrediente; CD (rt) = coeficiente de digestibilidade aparente da ração com o ingrediente teste; CD (rb) = coeficiente de digestibilidade aparente da ração basal; b = percentagem da ração basal; a = percentagem do ingrediente teste.

A partir dos dados de digestibilidade do sorgo para os juvenis de pacu, foram formuladas quatro rações com diferentes níveis de substituição da energia do milho pela do sorgo, 25, 50, 75 e 100%, sendo considerada a ração controle (0% de sorgo) a que manteve o milho como fonte de energia principal. Essas, elaboradas de forma a serem isoenergéticas ($3.200 \text{ kcal kg}^{-1}$) e isoproteicas (23% PD), de modo a suprir as exigências

nutricionais da espécie de acordo com Abimorad e Carneiro (2007), como podem ser observadas na Tabela 1.

Para a preparação das rações experimentais, os ingredientes foram triturados em moinho tipo faca com peneira de 0,5 mm e posteriormente misturados, umedecidos com água a 50°C e peletizadas em moedor de carne. Posteriormente, os grânulos foram secos em estufa de ventilação forçada a 55,0°C por 24 horas e em seguida, fracionados para obtenção de grânulos de 4 e 6 mm e armazenados em freezer a 7°C.

Para avaliação do desempenho foram utilizados 180 juvenis de pacu com peso inicial médio de $10,80 \pm 0,77\text{g}$, distribuídos aleatoriamente em 15 aquários (200L) acoplados a um sistema de recirculação de água contendo biofiltro, controle de temperatura em torno dos 27°C e aeração contínua, abastecido com água proveniente de poço artesiano. Cada aquário foi considerado uma unidade experimental.

O período experimental da avaliação do desempenho teve duração de 67 dias, sendo sete destinados à adaptação dos peixes as dietas experimentais. Durante o experimento, os peixes receberam as dietas experimentais quatro vezes ao dia, 8:00, 11:00, 13:00 e 16:00h em pequenas quantidades até apresentarem saciedade aparente.

Durante o ensaio, foram aferidos os parâmetros de qualidade de água, como temperatura (°C), oxigênio dissolvido (mg L^{-1}), e pH com auxílio de sonda multiparâmetro portátil diariamente pela manhã e os teores de amônia, semanalmente por kits colorimétrico.

Após o período experimental, os peixes foram anestesiados com benzocaína a 100 mg L^{-1} , medidos e pesados para determinação dos parâmetros de desempenho avaliados que foram: ganho de peso ($\text{GP (g)} = \text{peso final (g)} - \text{peso inicial (g)}$), taxa de crescimento específico ($\text{TCE (\%)} = 100 \times [(\ln \text{ peso final (g)} - \ln \text{ peso inicial (g)}) / \text{período experimental}]$), consumo de ração ($\text{CR (g)} = \text{alimento consumido total (g)} /$

período experimental), conversão alimentar aparente ($CAA = \text{alimento fornecido (g)} / \text{ganho de peso (g)}$), taxa de eficiência protéica ($TEP (\%) = 100 \times (\text{ganho de peso (g)} / \text{proteína bruta consumida (g)})$) e sobrevivência.

Posteriormente, para avaliação dos parâmetros hematológicos, nove peixes por tratamento tiveram o sangue colhido por punção do vaso caudal, através de seringas e agulhas humedecidas internamente com EDTA a 3%. Foram determinados o percentual de microhematócrito pelo método de Goldenfarb et al. (1971) e os níveis de hemoglobina pelo método de cianometahemoglobina de Collier (1944). De posse desses dados, calculou-se a concentração de hemoglobina corpuscular média (CHCM) (Wintrobe, 1934).

Em seguida, estes mesmos peixes foram eutanasiados com super dosagem de benzocaína 200 mg L^{-1} e tiveram coletados o fígado, o tecido adiposo e o filé para a realização do cálculos do índice hepatossomático ($IHS (\%) = 100 \times [\text{peso do tecido hepático(g)} / \text{peso corporal (g)}]$) e índice de gordura-víscero-somático (peso da gordura do órgão/peso do (IGVS $(\%) = 100 \times [\text{peso da gordura visceral (g)} / \text{peso corporal (g)}]$) e composição centesimal do filé.

Na composição centesimal do filé, foram determinados os teores de MS, PB, EE e MM segundo metodologia descrita pela AOAC (2000).

O custo por quilo de peixe produzido ($\text{R\$ Kg}^{-1}$ de ganho de peso) compreendeu ao custo da ração formulada (considerando os ingredientes) multiplicado pela conversão alimentar. Os valores dos ingredientes foram obtidos em consulta aos fabricantes de rações do estado de São Paulo, sendo os preços vigentes em janeiro de 2015.

Para avaliação do desempenho produtivo, os dados foram submetidos à análise de variância ($p < 0,05$) e quando significativas, as médias foram submetidas à análise de regressão polinomial ao nível de 5% de significância. Para a avaliação dos índices

somáticos, parâmetros hematológicos e composição centesimal, os dados foram submetidos à análise de variância ($p < 0,05$) e as médias quando significativas foram submetidas ao teste de Duncan ao nível de 5% de significância, utilizando o programa estatístico SAS (SAS, 1995).

Resultados e Discussão

Durante o período experimental dos ensaios de digestibilidade e desempenho, não houve mortalidade dos peixes avaliados para os respectivos tratamentos.

Os parâmetros de qualidade de água mensurados durante o ensaio de digestibilidade foram $26,30 \pm 0,33^{\circ}\text{C}$ para temperatura, $7,75 \pm 0,96 \text{ mg L}^{-1}$ para oxigênio dissolvido, $7,67 \pm 0,23$ para pH e $0,08 \pm 0,01 \text{ mg L}^{-1}$ para amônia total. Já no ensaio de desempenho, apresentaram $25,49 \pm 0,43^{\circ}\text{C}$ para temperatura, $5,89 \pm 0,13 \text{ mg L}^{-1}$ para oxigênio dissolvido, $7,25 \pm 0,25$ para pH e $0,03 \pm 0,014 \text{ mg L}^{-1}$ para amônia total. Logo, mantiveram-se em níveis adequados para a espécie (Mylonas et al., 2005; Urbinati e Gonçalves, 2005).

A composição químico-bromatológica e as médias dos CDA% das frações MS, PB, EB e EE do sorgo estão apresentadas na Tabela 2. Verificou-se que as médias dos CDA das frações de MS, PB e EB do sorgo determinadas neste estudo foram inferiores as observadas por Fedrizi (2005) 87,34%, 86,84% e 86,75%, respectivamente, também para o pacu. Possivelmente, essa diferença foi influenciada pela variação na composição químico-bromatológica do alimento, já que o autor utilizou sorgo com proporções superiores de PB 12,27% e EB 4176 Kcal Kg⁻¹.

Por outro lado, Abimorad e Carneiro (2004) determinaram valores superiores aos observados neste estudo para PB (92,93%) e EB (93,36%) para o pacu. Esses

resultados podem ter sido afetados pelo tamanho dos peixes avaliados pelos autores, que foram de 250 g, superiores ao desse estudo 56 g. Por sua vez, o aumento do intestino do peixe é proporcional ao seu tamanho, por isso, a digestibilidade da dieta pode aumentar de acordo com sua fase de crescimento (principalmente em peixes onívoros e herbívoros) (Ferraris et al., 1986; Lanna et al., 2004).

Outros fatores como os níveis de fibra presentes na dieta e a proporção de amilose e amilopectina do amido presente no grão podem influenciar a digestibilidade da dieta pelos peixes (Guimarães et al., 2011). A fração fibrosa que compõem os alimentos influencia a digestibilidade da energia e o aproveitamento de outros nutrientes da dieta (Rodrigues et al., 2010).

O milho e o sorgo são compostos por 62,66% e 63,24% de amido, respectivamente (Rostagno et al., 2011), estes, são compostos por 22% de amilose e 78% de amilopectina no milho (Duarte et al., 2006) e 25% de amilose e 75% de amilopectina no sorgo (Van Soest et al., 1991).

O CDA do sorgo para juvenis de pacu apresenta-se próximos ao do milho para as frações de PB e EB, e essa diferença observada entre os grãos, está relacionada ao tipo de proteína que envolve o amido. A distribuição das proteínas ao redor do amido do endosperma é maior no sorgo do que no milho, as prolaminas presentes no sorgo podem formar ligações entre si diminuindo a digestibilidade do amido do endosperma e da proteína que o envolve, diminuindo a degradação física e enzimática do alimento e influenciando na digestibilidade (Rooney e Pflugfelder, 1986).

O CDA do sorgo para a tilápia-do-nylo é de 23,44% para MS, 67,83% para PB e 38,61% para EE (Pezzato et al., 2002). Ainda para esta espécie, Sklan et al. (2004) observaram CDA do sorgo para a PB de 85,5%, EE de 82,5% e EB de 69,1%. Segundo

Fedrizi (2009) os valores do CDA do sorgo para a PB e EE podem chegar a 87,08% e 78,07%, respectivamente para a tilápia-do-nilo.

Em contrapartida aos resultados supracitados, observou-se que o CDA do sorgo para a fração de EE relatado para a tilápia-do-nilo são inferiores ao observado neste estudo para pacu. As frações de PB determinadas para o pacu foram superiores as descritas por Pezzato et al. (2002) e inferiores as observadas por Sklan et al. (2004) e Fedrizi (2009) para a tilápia-do-nilo. Assim como a MS relatada por Pezzato et al. (2002).

Em comparação a outros alimentos energéticos avaliados para o pacu, o CDA do sorgo observado neste estudo foi inferior ao farelo de trigo e milho descritos por Abimorad et al. (2008) para PB 87,7% e 85,8% e próximos ao do sorgo para EB 74,4% e 75,8% respectivamente. Já Abimorad e Carneiro (2004) observaram valores superiores para o CDA do milho, farelo de trigo e farelo de arroz, para PB 84,38%, 93,89% e 80,82% e EB 86,69%, 81,16% e 92,73% respectivamente.

Os valores encontrados para GP, CAA, TCE e TEP não apresentaram diferença ($p > 0,05$) e podem ser observados na Tabela 3.

Em experimento com juvenis de tilápias-do-nilo (55,9 g), durante 67 dias Furuya et al. (2003) avaliaram a substituição integral do milho por silagem de sorgo baixo tanino, e constaram valores superiores aos descritos nesse estudo para GP (72,55 g), CAA (1,65) e TEP de (2,20%). Estas alterações podem estar associadas ao processo de ensilagem do grão, que aumenta a digestão do amido, por meio das rupturas das pontes de hidrogênio mais fracas que compõem às cadeias de amilose e amilopectina (Rooney e Pflugfelder, 1986).

Ao substituir totalmente o milho pelo sorgo em dietas peletizadas para juvenis de tilápia-do-nilo (38,4 g), Fedrizi (2009) não observou diferença entre os parâmetros

avaliados, que demonstraram-se superiores a este estudo para GP diário (1,42 g) e TEP (2,80%), e semelhantes para CAA 1,22 e TCE 1,92%. Também corroboram com este estudo os valores de CAA (1,29 a 1,43) e TEP (1,91 a 2,07%) observados por Rabelo (2014) ao substituiu até 30% do milho pelo sorgo em dietas de jundiás *Rhamdia quelen* (4,49g).

A ligeira diferença observada entre o desempenho do pacu e os peixes dos trabalhos supracitados pode ser atribuída ao hábito alimentar das espécies, que mesmo apresentando hábito alimentar onívoro, possuem suas particularidades. Pois, espécies herbívoras e onívoras possuem capacidade trópica de adaptar morfológica e fisiologicamente suas estruturas e propriedades absorptivas do sistema digestivo em resposta as mudanças da dieta (Abelha et al., 2001).

Essas adaptações aos alimentos influenciam a disponibilidade de enzimas digestivas e a capacidade de transporte trans-epitelial dos nutrientes do trato digestivo (Jobling, 1995; Lemieux et al., 1999), possibilitando maior digestão, absorção e conversão dos nutrientes do alimento (Weatherley e Gill, 1987). O que possibilita as espécies onívoras utilizarem elevados níveis de ingredientes vegetais, e os carboidratos (Viola e Arieli, 1983) e as proteína dessas fontes (Tengjaroenkul et al., 2000), quando comparada as espécies carnívoras.

Assim como o hábito alimentar e a anatomia morfofisiológica das espécies e a composição do amido presente no grão utilizado na confecção das rações, outros fatores como densidade de estocagem, frequência de arraçoamento e período experimental, podem influenciar o desempenho dos peixes, e a expressão dos mesmos em relação às dietas.

Os índices somáticos e hematológicos estão apresentados na Tabela 4. Não foram observadas diferenças ($p > 0,05$) entre os tratamentos, para os IHS, IGVS,

hematócrito, hemoglobina e CHCM. Evidenciando, que a substituição energética do milho pelo sorgo com até 0,42% de tanino na alimentação de juvenis de pacu, não influenciou a proporção de gordura presente no peixe, quando as dietas utilizadas são isoenergéticas.

O estado nutricional dos peixes pode ser elucidado por meio de análise das características teciduais e hematológicas. Pois os tecidos, até os mais dinâmicos do organismo como o sangue, alteram-se em função do tipo de dieta consumida (Ranzini-Paiva e Silva-Souza, 2004).

No presente trabalho, a substituição do milho pelo sorgo não influenciou os valores médios de hematócrito, hemoglobina e CHCM. Os resultados dos parâmetros hematológicos avaliados deste estudo, estão próximo ao relatados por Tavares-Dias et al. (1999) para hemoglobina 6,6 (g dL⁻¹) e CHCM 21,4 %, e por Tavares-Dias e Mataqueiro (2003) para hematócrito 31,9 %, ambos para pacus produzidos em cativeiro, demonstrando que a substituição do sorgo não afeta os níveis de hemoglobina, CHCM e hematócrito, pois estão dentro da faixa preconizada pela espécie segundo estes autores.

A composição centesimal do filé não apresentou diferença significativa entre os tratamentos sobre o percentual de MS, ao contrário dos percentuais de PB, EE e MM que podem ser observados na Tabela 5.

A deposição de PB foi superior ($p < 0,05$) em filé de peixes submetidos as dietas com 0 e 25% de inclusão de sorgo quando comparadas aos que receberam dietas com 75%, esses dados vão de encontro com os encontrados para a deposição de EE, que demonstrou-se menor ($p < 0,05$) nos peixes alimentados com ração contendo apenas milho, seguido dos alimentados com 100 e 25%, enquanto que os que alimentados com 50 e 75% de sorgo nas dietas, apresentaram maior ($p < 0,05$) deposição de lipídios totais

no filé. Menor ($p < 0,05$) retenção de MM foi observada nos filés de peixes submetidos a dietas com 75% de sorgo, que diferiu apenas dos peixes alimentados com 25% de sorgo.

De acordo com Aiura e Carvalho (2007) fontes de tanino na alimentação de peixes, proporcionam menor deposição de gordura na carcaça, vísceras e filés. O tanino condensado tem a capacidade de danificar o uso dos lipídios que compõem a dieta, uma vez que se complexa as enzimas digestivas, contribuindo para a menor deposição de lipídio corporal (CHUNG et al., 1998). Logo, constata-se que sorgo com apenas 0,42% de taninos totais, não apresentam a capacidade de alterar a deposição lipídica dos filés de pacu.

O custo da ração por quilo de ganho de peso apresentou maior redução dos custos (14,4%) na ração ao nível de 50% de substituição do milho pelo sorgo, bastante representativo, quando comparado aos níveis de 25%, 75% e 100% que apresentaram redução de 7,2%, 9,6% e 10,4%, respectivamente. Logo, para todos os níveis de substituição, a inclusão do sorgo reduziu o custo da formulação (considerando os ingredientes).

Os resultados descritos neste estudo demonstram que o sorgo substituiu integralmente o milho nas dietas de juvenis de pacu. Considerando a elevada capacidade da espécie em aproveitar carboidratos como fonte de energia e a sazonalidade do preço do milho em determinados períodos do ano, verifica-se que o sorgo é uma alternativa segura e viável economicamente para a produção de rações para a espécie.

Conclusão

O sorgo apresenta CDA semelhantes ao do milho, podendo substituir integralmente este alimento energético em dietas para juvenis de pacu sem proporcionar

alterações negativas no desempenho produtivo, índices somáticos e hematologia. De forma que, também reduz o custo da formulação da dieta e concomitantemente o custo de produção.

Referências

- Abelha, M. C. F.; Agostinho, A. A.; Goulart, E. Plasticidade trófica em peixes de água doce. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, v. 23, n. 2, p. 425-434, 2001.
- Abimorad, E. G.; Squassoni, G. H.; Carneiro, D. J. Apparent digestility 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.; 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.; Carneiro, D. J. Métodos de coleta 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.
- Aiura, F. S.; Carvalho, M. R. B. Composição em ácidos graxos e rendimento de filé de tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*) alimentada com dietas contendo tanino. **Revista Portuguesa de Ciências Veterinárias**, v. 99, n. 550, p. 93-98, 2004.
- AOAC - Association of Official Analytical Chemists. 2000. **Official methods of analysis of association of official analytical chemists**. 17 edição. Gaithersburg, Maryland.
- Baldisserotto, B.; Gomes, L. C. **Espécies nativas para piscicultura no Brasil**. Santa Maria, UFSM, 2005.
- Cabral Filho, S. L. S. Efeito do teor de tanino do sorgo sobre a fermentação ruminal e parâmetros nutritivos de ovinos. 2004. 88f. Tese (Doutorado em Ciências) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP.
- Caldarelli, C. E.; Bacchi, M. R. P. Fatores de influência no preço do milho no Brasil. **Nova Economia**, Belo Horizonte, v.22, n.1, p. 141-164, 2012.
- CONAB (2012) - Companhia Nacional de Abastecimento – Acompanhamento da Safra Brasileira Cana-de-Açúcar Safra 2012/2013, Terceiro levantamento. Acesso em 10 jan. 2014. Online. Disponível em: http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/12_12_12_10_34_43_boletim_cana_portugues_12_2012.pdf
- Cho, C. Y.; Slinger, S. J. Apparent digestibility measurement in feedstuffs for rainbow trout. In: **Finfish Nutrition and Fishfeed Technology** (Halver, J.E. & Tiews, K. ed.), Heinemann, Berlin, Germany, v.2, p. 239-247, 1979.

Chung, K. T.; Wong, T. Y.; Wei, C. I.; Huang, Y. W.; Lin, Y. Tannins and human health: a review. **Critical Reviews. Food Nutrition**, Amherst, v.38, n.6, p. 421-464, 1998.

Cifuentes, R.; Bressani, R.; Rolz, C. The potential of sweet sorghum as a source of ethanol and protein. **Energy for Sustainable Development**, p. 13-19, 2014.

Collier, H. B. The standardizations of blood hemoglobin determinations. **Canadian Medical Association Journal**, Ottawa, v. 50, p. 550-552, 1994.

Dias-Koberstein, T. C. R.; Carneiro, D. J.; Urbinati, E. C. Tempo de trânsito gastrintestinal e esvaziamento gástrico do pacu (*Piaractus mesopotamicus*) em diferentes temperaturas de cultivo. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v. 27, p.413-417, 2005.

Duarte, A. et al. Avaliação nutricional de cereais extrusados para cães. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 6, p. 1177-1183, 2006.

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

Fedrizi, L. F. B. Digestibilidade de nutrientes, crescimento e variáveis metabólicas em tilápias do nilo alimentadas com fontes de carboidratos peletizadas, extrusadas ou cruas. 2009. 188f. Tese (Doutorado em Aquicultura) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, SP.

Fedrizi, L. F. B. Efeito do processamento de alimentos energéticos sobre o tempo de trânsito gastrintestinal e a digestibilidade de nutrientes e energia em juvenis de pacu, *Piaractus mesopotamicus*. 2005. 50f. Dissertação - (Mestrado em Aquicultura) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, SP.

Ferraris, R. P.; Catacutan, M. R.; Mabelin, R. L.; Jazul, A. P. Digestibility in milk fish, *Chanos chanos* (Forsskal): effects of protein source, fish size and salinity. **Aquaculture**, v.59, p. 93-105, 1986.

Furuya, W.; Silva, L.; Hayashi, C.; Furlan, A.; Neves, P.; Botaro, D.; Santos, V. Substituição do milho pela silagem de sorgo com alto e baixo teor de tanino em dietas para juvenis de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Acta Scientiarum: Animal Sciences**, v. 25, n. 2, p. 243-247, 2003.

Goldenfarb, P.B.; Bowyer, F.P.; Hall, E.; Brosious, E. Reproducibility in the hematology laboratory: the microhematocrit determinations. **American Journal of Clinical Pathology**, v.56, p.35-39, 1971.

Guimaraes, I. G.; Pezzato, L. E.; Barros, M. M; Tachibana, L.; Fernandes, R. N. Digestibilidade do amido e disponibilidade de Ca e P em alimentos energéticos extrusados para a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Ciência Animal Brasileira**, v. 12, n. 3, p. 415-419, 2011.

Jobling, M. **Environmental Biology of Fishes**. New York: Chapman & Hall, 1995.

Lanna, E. A. T.; Pezzato, L. E.; Cecon, P. R.; Furuya, W. M.; Bomfim, M. A. D. Digestibilidade aparente e trânsito gastrointestinal em tilápia do nilo (*Oreochromis niloticus*), em função da fibra bruta da dieta. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 33, n. 6, p. 2186-2192, 2004.

Lemieux, H.; Blier, P.; Dutil, J. D. Do digestive enzymes set a physiological limit to growth rate and food conversion efficiency in the Atlantic cod (*Gadus morhua*). **Fish Physiology and Biochemistry**, v. 20, n. 4, p. 293-303, 1999.

Magalhães, R. T.; Gonçalves, L. C.; Borges, I.; Rodrigues, J. A. S.; FONSECA, J. F. Produção e composição bromatológica de vinte e cinco genótipos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). **Arq Bras Med Vet Zoo**, v. 62, p. 747-751, 2010.

Matos, M. A.; Ninaut, E. S.; Caiado, R. C.; Salvi, J. V. A elevação dos preços das commodities agrícolas e a questão da agroenergia. **Informações Econômicas**, v. 38, n. 9, 2008.

May, A.; Albuquerque Filho, M. R.; Rodrigues, J. A. S.; Parreta, R. A. C. Massafera, R. **Cultivares de sorgo para o mercado brasileiro da safra 2011/2012**. Embrapa Milho e Sorgo. Sete Lagoas, MG. 2011.

MPA. Ministério da Pesca e Aquicultura. 2014. Acesso em fevereiro de 2015. Online. Disponível em: http://www.mpa.gov.br/images/Docs/Informacoes_e_estatisticas/Boletim%20MPA%202011FINAL.pdf

Mylonas, C. C.; Cardinaletti, G. ; Sigelaki, I.; Polzonetti-Magni, A. Comparative efficacy of clove oil and 2-phenoxyethanol as anesthetics in the aquaculture of European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) and gilthead sea bream (*Sparus aurata*) at different temperatures. **Aquaculture**, v.246, p.467-481, 2005.

Pezzato, L. E.; Miranda, E. C; Barros, M. M.; Pinto, L. G. Q.; Furuya, W. M.; Pezzato, A. C. Digestibilidade aparente de ingredientes pela tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 31, n.4, p. 1595-1604, 2002.

Rabelo, P. C. Sorgo em dietas para o jundiá (*Rhamdia quelen*). 2014. 31f. Dissertação (Mestrado em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca). Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Toledo, PR.

Ranzani-Paiva, M. J. T.; Silva, A. T. S. Hematologia de Peixes Brasileiros. In: Sanidade de Organismos Aquáticos / organizadores Maria José Tavares Ranzani-Paiva, Ricardo Massato Takemoto, Maria de Los Angeles Perez Lizama. – São Paulo: Editora Varela, 2004.

Ranzani-Paiva, M. J. T.; Salles, F. A.; Eiras, J. C.; et al. Análise hematológica de curimatá (*Prochilodus scrofa*), pacu (*Piaractus mesopotamicus*) e tambaqui (*Colossoma macropomum*) das estações de piscicultura do Instituto de Pesca, Estado de São Paulo. **Boletim do Instituto de Pesca**, São Paulo, v.25, p.77-83, 1999.

Rodrigues, L. A.; Fabregat, T. E. H. P.; Fernandes, J. B. K.; Nascimento, T. M. T. Digestibilidade e tempo de trânsito gastrointestinal de dietas contendo níveis crescentes de fibra bruta para pacu. **Acta Science Animal Science**, v.32, p.169-173, 2010.

Rooney, L. W.; Pflugfelder, R. L. Factors affecting starch digestibility with special emphasis on sorghum and corn. **Jornal Animal Science**, v.63, p.1607 - 1623, 1986.

Rostagno, H. S.; Albino, L. F. T.; Donzele, J. L.; Gomes, P. C.; Oliveira, R. F.; Lopes, D. C.; Ferreira, A. S.; Barreto, S. L. T.; Euclides, R. F. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. Viçosa, MG. Universidade Federal de Viçosa, 252p. 2011.

Saint-Paul, U. Potential for aquaculture of South American freshwater fishes: a review. **Aquaculture**, v.54, n.3, p. 205-240, 1986.

Salla, D. A.; Furlaneto, F. P. B.; Cabello, C.; Kanthack, R. A. D. Estudo energético da produção de biocombustível a partir do milho. **Ciência Rural**, v. 40, n. 9, p. 2017-2022, 2010.

SAS. Statistical Analysis Systems Institute. User's guide, Version 6. 4. ed. Cary: **SAS Intitute**, 1995.

Silva, S. S. **Análise de alimentos (Métodos químicos e biológicos)**. 4 ed., Viçosa, 2005.

Sklan, D.; Prag, T.; Lupatsch, I. Apparent digestibility coefficients of feed ingredients and their prediction in diets for tilapia *Oreochromis niloticus* x *Oreochromis aureus* (Teleostei, Cichlidae). **Aquaculture Research** v.35, p.358-364, 2004.

Tavares-Dias, M.; Mataqueiro, M. I. Características hematológicas, bioquímicas e biométricas em *Piaractus mesopotamicus* Holmberg, 1887 (Characidae) de cultivo intensivo. **Acta Scientiarum**, 2003.

Tavares-Dias, M.; Tenani, R. A. Gioli, L. D.; Faustino, C. D. Características hematológicas de teleósteos brasileiros. II. Parâmetros sanguíneos do *Piaractus mesopotamicus* Holmberg, 1887. (Osteichthyes: Characidae) em policultivo intensivo. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 16, p. 423-431, 1999.

Tengjaroenkul, B.; Smith B.J.; Caceci, T.; Smith, S.A. Distribution of intestinal enzyme activities along the intestinal tract of cultured Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* L. **Aquaculture**, v.182, p.317-327, 2000.

Urbinati, E. C.; Gonçalves, F. D. Pacu (*Piaractus mesopotamicus*) In: Baldisseroto, B.; Gomes, L. C. **Espécies nativas para piscicultura no Brasil**. Santa Maria: Editora UESM, Cap. 10, p. 225-246, 2005.

Van Soest, P. J.; Robertson, J. B.; Lewis, B. A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, v.74, n.10, p. 3583-3597, 1991.

Viola, S., Arieli, Y. Evaluation of different grains as ingredients in complete feeds for carp and tilapia in intensive culture. **Israel J. Aquaculture**, v.35, p. 38-43, 1983.

Weatherley, A. H.; Gill, H. S. **Tissues and growth. In The Biology of Fish Growth**, New York: Academic Press. p. 147-175, 1987.

Wintrobe, M. M. Variation in the science and hemoglobin content of erythrocytes in the blood of various vertebrates. **Folia Haematologica**, v.51, p.32-49, 1934.

Tabela 1 - Composição percentual e calculada de dietas experimentais contendo diferentes níveis de inclusão de sorgo como substituto do milho para juvenis de pacu

Ingredientes	Níveis de substituição (%)				
	0	25	50	75	100
Farelo de soja	45,20	44,80	45,20	45,10	45,20
Sorgo	-	8,79	17,59	26,39	35,18
Fubá de milho	31,48	23,61	15,74	7,87	-
Farelo de trigo	17,06	16,38	14,91	13,83	12,56
Óleo de soja	1,62	2,01	2,40	2,85	3,28
Fosfato bicálcico	3,38	3,00	2,60	2,25	1,90
Calcário	0,20	0,35	0,52	0,66	0,83
L-Lisina (78%)	0,37	0,37	0,36	0,37	0,37
DL-Metionina (99%)	0,07	0,07	0,06	0,06	0,06
Cloreto de Sódio (NaCl)	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Premix vitamínico e mineral ¹	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
BHT ²	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Custo da formulação ³ (R\$/Kg)	0,91	0,89	0,88	0,87	0,86
	Composição química calculada (%)				
	0	25	50	75	100
Proteína Bruta	25,58	25,56	25,77	25,82	25,92
Energia Bruta (kcal kg ⁻¹)	3200,29	3199,30	3199,08	3200,43	3200,11
Proteína Digestível	23,15	23,01	23,00	23,01	22,99
Metionina	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38
Lisina	1,65	1,64	1,64	1,64	1,64
Extrato etéreo	4,12	4,85	5,56	6,34	7,09
Fibra bruta	4,58	4,46	4,31	4,18	4,03
Cálcio	1,06	1,05	1,05	1,04	1,05
Fósforo disponível	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70

¹ Suplemento mineral e vitamínico: (Composição/kg de ração) Selênio: 75 mg, ferro: 15g, cobre: 1.250 mg, manganês: 3750 mg, zinco: 17,5 g, cobalto: 50 mg, iodo: 100 mg, niacina: 8750 mg, ácido fólico: 625 mg, ácido pantotênico: 7500 mg, biotina: 50 mg, vitamina C 37,5 g, colina: 100 g, Inositol: 12,5 g vitamina A: 1.750.000 UI, vitamina D3, 375.000 UI, vitamina E 20.000 UI, vitamina K3, 500 mg, vitamina B1 2.000 mg, vitamina B2: 2.500 mg, vitamina B6: 2.500 mg, vitamina B12: 5.000 mcg;. ² Butil-hidroxi-tolueno; ³ Custo da formulação (R\$/Kg): calculados a partir dos preços vigentes em janeiro de 2015.

Tabela 2 – Composição químico-bromatológica do sorgo e valores médios dos coeficientes de digestibilidade aparente (CDA %) da matéria seca, proteína bruta, energia bruta e extrato etéreo do sorgo por juvenis de pacu (Valores com base na matéria seca)

Nutrientes	Composição	CDA (%)
Matéria Seca (%)	92,90	78,52
Proteína Bruta (%)	10,01	74,82
Energia Bruta (Kcal Kg ⁻¹)	3957	77,24
Extrato Etéreo (%)	7,46	94,36
Fibra Bruta (%)	1,22	-
Tanino (%)	0,42	-

Tabela 3 – Valores médios de desempenho produtivo de juvenis de pacu alimentados com dietas contendo diferentes níveis de sorgo em substituição ao milho e custo (R\$/Kg de ganho de peso)

Parâmetros	Nível de substituição do Sorgo (%)				
	0	25	50	75	100
PI ¹ (g)	10,91 ± 0,16	10,79 ± 0,15	10,83 ± 0,11	10,69 ± 0,22	10,75 ± 0,03
GP ² (g)	22,27 ± 5,36	22,02 ± 0,70	24,71 ± 5,85	22,68 ± 3,38	22,17 ± 4,32
CAA ³	1,38 ± 0,39	1,30 ± 0,17	1,22 ± 0,19	1,30 ± 0,17	1,31 ± 0,26
TCE ⁴ (%)	1,84 ± 0,28	1,85 ± 0,03	1,97 ± 0,26	1,90 ± 0,20	1,86 ± 0,23
TEP ⁵ (%)	1,43 ± 0,34	1,41 ± 0,04	1,58 ± 0,37	1,46 ± 0,22	1,42 ± 0,42
Custo ⁶	1,25 ± 0,36	1,16 ± 0,15	1,07 ± 0,17	1,13 ± 0,15	1,12 ± 0,22

¹ Peso inicial, ² Ganho de peso (GP), ³ conversão alimentar aparente (CAA), ⁴ taxa de crescimento específico (TCE), ⁵ taxa de eficiência proteica (TEP) e ⁶ Custo (R\$ Kg⁻¹ de ganho de peso): Custo da formulação multiplicado pela conversão alimentar aparente, sendo os preços vigentes em janeiro de 2015.

Tabela 4 – Valores médios dos índices somáticos e hematológicos de juvenis de pacu alimentados com dietas contendo diferentes níveis de sorgo em substituição ao milho

Parâmetros	Nível de substituição do Sorgo (%)				
	0	25	50	75	100
	0,95 ± 0,18	1,15 ± 0,26	1,16 ± 0,24	1,01 ± 0,16	1,12 ± 0,24
	1,61 ± 0,64	1,60 ± 0,35	1,79 ± 0,12	1,64 ± 0,22	1,61 ± 0,10
IHS (%)	31,0 ± 2,00	32,0 ± 2,00	30,0 ± 3,00	31,0 ± 2,00	32,0 ± 2,00
IGVS (%)	5,56 ± 0,35	5,93 ± 0,54	5,76 ± 0,27	5,85 ± 0,53	5,46 ± 0,67
Htc (%)	17,93 ± 0,74	18,46 ± 0,97	19,03 ± 1,67	18,74 ± 2,18	17,1 ± 1,45
Hb (g dL ⁻¹)					
CHCM (%)					

Índice hepatossomático (IHS), índice gordura-víscero-somática (IGVS), hematócrito (Htc), hemoglobina (Hb) e concentração de hemoglobina corpuscular média (CHCM).

Tabela 5 – Composição centesimal de filés de juvenis de pacu alimentados com dietas contendo diferentes níveis de energia do sorgo em substituição a energia do milho (Valores com base na matéria seca)

Nível de substituição do Sorgo (%)	Parâmetros			
	Matéria Seca (%)	Proteína Bruta (%)	Extrato Etéreo (%)	Matéria Mineral (%)
0	32,49 ± 0,11	75,83 ± 10,73 a	4,17 ± 0,39 c	6,67 ± 0,34 ab
25	31,44 ± 0,76	74,17 ± 2,38 a	6,41 ± 0,17 a	6,83 ± 0,04 b
50	32,37 ± 0,39	73,33 ± 3,88 ab	10,01 ± 0,19 b	6,52 ± 0,37 ab
75	32,66 ± 0,48	65,21 ± 2,60 b	11,05 ± 0,17 b	6,17 ± 0,22 a
100	32,08 ± 0,09	71,25 ± 0,68 ab	6,70 ± 0,26 a	6,49 ± 0,42 ab

Médias seguidas com letras iguais na mesma coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização de dietas balanceadas e de boa qualidade permite as espécies expressar o seu potencial produtivo, estabelecendo menor impacto ambiental. Contudo, pesquisas têm sido realizadas no intuito de substituir o milho por outros alimentos energéticos, com a finalidade de substituição parcial ou integral.

Dentre os mais importantes, o sorgo baixo tanino se destaca, por apresentar pequena quantidade de fatores antinutricionais e baixo custo em relação a outros alimentos energéticos, o que permite alcançar maiores níveis de inclusão nas dietas sem afetar o crescimento e o estado de saúde do peixe, o e que pôde ser comprovado no presente estudo.

Por outro lado, trata-se de um recurso de baixo custo, disponível no mercado nos períodos de entressafra. Período em que o preço do milho encontra-se mais oneroso e concomitantemente encarece as dietas cuja maioria é composta pelo mesmo. Por isso, principalmente nesta época, adotar o uso do milho pode ser uma alternativa de garantia a estabilidade e sustentabilidade da produção.

Esta substituição influencia no beneficiamento econômico das indústrias de rações, que simultaneamente reflete sobre os custos de produção dos piscicultores, que conseguem garantir maior disponibilidade de pescado no mercado a preços competitivos. De forma, a proporcionar o acesso de diferentes classes sócias ao produto final.

Este estudo demonstra que o sorgo é um alimento em potencial de uso para aquicultura e pode ser utilizado na composição das dietas para pacu, pois apresenta valores nutricionais semelhantes ao milho e benefícios econômicos.

Mesmo assim, ainda são necessários estudos que determinem a digestibilidade dos aminoácidos presentes no sorgo para o pacu, pois o seu valor nutricional esta relacionado com quantidade destes nutrientes e sua digestibilidade.

Além disso, pode se contar com as propriedades farmacológicas do alimento, para uma maior qualidade do produto final. Para isso, novas pesquisas devem ser elaboradas para verificar se as pequenas quantidades de compostos fenólicos presente no sorgo baixo tanino, podem trazer benefícios à produção e principalmente a qualidade do produto final que é disponível no mercado consumidor.