



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL**

Anderson Miranda de Souza

**AVALIAÇÃO DE SUBPRODUTOS DE FRUTAS DO VALE  
DO SÃO FRANCISCO NA ALIMENTAÇÃO DE PACAMÃS**  
*Lophosilurus alexandri*

PETROLINA-PE

2015

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL**

Anderson Miranda de Souza

**AVALIAÇÃO DE SUBPRODUTOS DE FRUTAS DO VALE  
DO SÃO FRANCISCO NA ALIMENTAÇÃO DE PACAMÃS  
*Lophosilurus alexandri***

Dissertação apresentada à Universidade Federal do Vale do São Francisco – UNIVASF, *Campus* Ciências Agrárias, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciência Animal. Orientador: Prof. DSc. José Fernando Bibiano Melo.

PETROLINA-PE

2015

S719a Miranda de Souza, Anderson  
Avaliação de subprodutos de frutas do vale do são francisco na  
alimentação de pacamãs *lophiosilurus alexandri* / Anderson Miranda  
de Souza. – Petrolina, 2015.

77 f. : il. ; 29 cm.

Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) - Universidade  
Federal do Vale do São Francisco, Campus Ciências Agrárias,  
Petrolina, 2015.

Orientador (a): Prof. Dsc. José Fernando Bibiano Melo.

1. Peixes. 2. Carboidratos. 3. Metabolismo. I. Título. II.  
Universidade Federal do Vale do São Francisco.

CDD 597

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO**  
**CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL**

**FOLHA DE APROVAÇÃO**

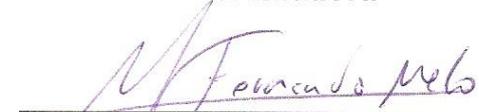
Anderson Miranda de Souza

**AVALIAÇÃO DE SUBPRODUTOS DE FRUTAS DO VALE DO SÃO FRANCISCO NA ALIMENTAÇÃO DE PACAMÃS *Lophosilurus alexandri***

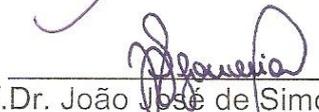
Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciência Animal, pela Universidade Federal do Vale do São Francisco.

Aprovada em: 05 de Janeiro de 2015.

**Banca Examinadora**

  
Prof.Dr. José Fernando Bibiano Melo  
CZOO/UNIVASF

  
Prof.Dr. Mateus Matuzzi da Costa  
CZOO/UNIVASF

  
Prof.Dr. João José de Simoni Gouveia  
CZOO/UNIVASF

**Aos meus familiares, amigos e a todos  
que contribuíram para a concretização  
desse trabalho.**

**DEDICO.**

# AGRADECIMENTOS

À Deus por me conceder o dom da vida, pela força que tem sempre me dado para nunca desistir dos meus ideais, pela sua proteção divina e pela oportunidade da realização deste trabalho.

Ao meu pai Ronaldo Luiz de Souza, que sempre procurou me ajudar e acreditar em minha formação acadêmica.

À minha mãe Vera Lúcia Mariano de Miranda, que sempre esteve ao meu lado, proporcionando todo suporte a minha formação, que nunca deixou-me faltar nada.

A minha noiva, futura esposa, companheira, amiga, Paloma Nunes Ramos, fundamental na minha formação, por sua atenção, paciência, conselhos, carinho, estímulos e companheirismo.

A minha irmã Débora, ao meu cunhado Marcelo e aos meus sobrinhos Antonio Marcelo e Maria Clara por existirem em minha vida.

Ao amigo e professor Dr. José Fernando Bibiano Melo, pela orientação, amizade, paciência e por ter participado em grande parte da minha formação profissional.

As minhas tias Elizângela Maria de Souza e Alda Mariano de Miranda, por toda sua dedicação, estímulos, não mediu esforços em me ajudar sempre.

Aos amigos, Paulo Ramos de Queiroz e Zélia Nunes de Souza, por todo apoio durante minha trajetória acadêmica, profissional e de vida.

A pesquisadora Daniela Ferraz Bacconi Campeche, por toda sua dedicação e ajuda em concretizar essa pesquisa.

Aos amigos Clerison dos Santo Belém, Edson Medeiros, Wildelfrancys Lima de Souza, Felipe Marco Araujo, Nadson Oliveira de Souza, Mauricio Rivelino por toda amizade.

Aos alunos Cleonilson Alves de Freitas, Thaylla Santos de Almeida, Geraldo Fernandes de Souza Germino, Altiery Felix e Silva, Angélica Ricarte da Silva.

Ao engenheiro de pesca Msc. Rozzanno Antônio Cavalcanti Reis Figueiredo pelo apoio, disponibilidade e ensinamentos.

À CODEVASF, pelo apoio físico, material técnico e assistência.

Ao curso de Pós-graduação em Ciência Animal da UNIVASF pelo apoio, ensino e estrutura para minha formação.

A todos os professores do curso de Pós-graduação em Ciência Animal da UNIVASF.

A assistente do curso de Pós-graduação em Ciência Animal da UNIVASF, Rosangela Fonseca, por toda sua bondade, paciência e humildade em nunca recusar um pedido.

Agradeço à CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pela concessão da bolsa durante todo o período de realização deste mestrado.

Agradeço à LABTEST- Diagnóstica SA, pelo fornecimento dos reagentes pelo projeto rede.

E, finalmente, agradeço à força superior que me fez superar obstáculos e dificuldades e concluir com êxito este mestrado.

*“O êxito da vida não se mede pelo caminho que você conquistou, mas sim pelas dificuldades que superou no caminho”. (Abraham Lincoln)*

## RESUMO

Foram realizados 2 experimentos com o objetivo de avaliar o efeito da substituição do farelo de milho pelas farinhas de mamão e goiaba sobre o desempenho, metabolismo e atividade de enzimas digestivas em juvenis de pacamãs (*Lophiosilurus alexandri*). Foram testadas quatro dietas para cada fruta, com diferentes concentrações de farinha de goiaba (experimento 1) e mamão (experimento 2) 0, 33, 66, e 100% em substituição ao farelo de milho. O período de alimentação foi de 45 dias, e a taxa de arraçoamento foi de 8% da biomassa. Foram utilizados 300 juvenis de pacamãs, com peso médio inicial de  $16,61 \pm 1,51$ g, distribuídos em 32 unidades experimentais, sendo 16 de 500L e 16 de 1000L, em um sistema de recirculação de água com biofiltro. Ao final do experimento, foram avaliados parâmetros de desempenho zootécnico, perfil metabólico e enzimático digestivo. Os níveis de substituição do milho pela farinha de goiaba influenciaram todas as variáveis de desempenho a partir de 66% de substituição ( $P < 0,05$ ). Os valores das variáveis do perfil metabólico foram alterados ( $P < 0,05$ ) e as atividades das enzimas digestivas apresentaram influencia na substituição do milho pela goiaba, com redução de atividades da amilase e protease alcalina inespecífica e aumento de atividade da lipase ( $P < 0,05$ ). Os níveis de substituição do milho pela farinha de mamão foram alterados em todas as variáveis de desempenho, a partir de 33% de substituição ( $P < 0,05$ ) e variáveis do perfil metabólico. As atividades das enzimas digestivas tiveram influencia da substituição do milho pelo mamão, com redução de atividades da amilase e protease alcalina inespecífica e aumento de atividade da lipase ( $P < 0,05$ ). A sobrevivência não foi influenciada pelo uso das farinhas de frutas. As farinhas de mamão e goiaba em substituição ao milho podem ser utilizadas em até 33 e 66% respectivamente em dietas para juvenis de pacamãs sem prejudicar o desempenho, metabolismo e atividades de enzimas digestivas.

**Palavras-chaves:** enzimas, farinhas, metabolismo, milho, peixes

## ABSTRACT

Two experiments were conducted to evaluate the effect of substituting corn meal for papaya and guava meals on the performance, metabolism, and activity of digestive enzymes in pacamã (*Lophiosilurus alexandri*) juveniles. Four diets were tested for each fruit, with different concentrations of guava meal (experiment 1) and papaya meal (experiment 2) — 0, 33, 66, and 100% — in substitution of corn meal. The feeding period was 45 days, and the feeding rate was 8% of the biomass. A total of 300 pacamã juveniles with an initial average weight of  $16.61 \pm 1.51$  g were distributed into 32 experimental units (16 with 500 L, and 16 with 1,000 L) in a water-recirculation system with biofilter. Animal performance parameters, metabolic profile and enzymatic-digestive profile were evaluated at the end of the experiment. The levels of substitution of corn for guava meal influenced all performance variables from 66% of substitution ( $P < 0.05$ ). The values of the metabolic-profile variables were altered ( $P < 0.05$ ), and the activities of the digestive enzymes were influenced by substitution of corn for guava, with reduced activity of amylase and non-specific alkaline protease and increased lipase activity ( $P < 0.05$ ). The levels of substitution of corn for the papaya meal were altered in all performance variables from 33% of substitution ( $P < 0.05$ ) and metabolic-profile variables. The activities of the digestive enzymes were influenced by the substitution of corn for papaya, with reduction in the activities of amylase and non-specific alkaline protease and increased lipase activity ( $P < 0.05$ ). Survival was not influenced by the use of the fruit meals. Papaya and guava meals in substitution of corn can be used at up to 33% and 66%, respectively, in diets for pacamã juveniles without impairing their performance, metabolism, or activity of digestive enzymes.

**Key words:** enzymes, meals, metabolism, corn, fish

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b>	Vista traseira (A), vista lateral (B), vista frontal (C) e vista dorsal (D) de um exemplar adulto de pacamã - <i>Lophisilurus alexandri</i> .....	<b>20</b>
<b>Figura 2.</b>	Goiaba ( <i>Pisidiumguajava</i> , L.).....	<b>25</b>
<b>Figura 3.</b>	Mamão ( <i>Carica papaya</i> L.).....	<b>25</b>

### ARTIGO 1

<b>Figura 1.</b>	Perfil metabólico de pacamãs alimentados com diferentes concentrações de farinha de goiaba em substituição ao milho.....	<b>53</b>
<b>Figura 2.</b>	Perfil enzimático de pacamãs alimentados com diferentes concentrações de farinha de goiaba em substituição ao milho.....	<b>56</b>

### ARTIGO 2

<b>Figura 1.</b>	Perfil metabólico de pacamãs alimentados com diferentes concentrações de farinha de mamão em substituição ao milho.....	<b>70</b>
<b>Figura 2.</b>	Perfil enzimático de pacamãs alimentados com diferentes concentrações de farinha de mamão em substituição ao milho.....	<b>72</b>

### ANEXO

<b>Figura 1. A</b>	Sistema utilizado no experimento com farinha de goiaba..	<b>77</b>
<b>Figura 1. B</b>	Sistema utilizado no experimento com farinha de mamão.	<b>77</b>
<b>Figura 2.</b>	Seleção dos animais para uniformidade dos tratamentos..	<b>77</b>
<b>Figura 3. A</b>	Peletização das dietas experimentais.....	<b>78</b>
<b>Figura 3. B</b>	Dietas experimentais.....	<b>78</b>

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b>	Composição química da goiaba, mamão e milho.....	<b>25</b>
------------------	--	-----------

### ARTIGO 1

<b>Tabela 1.</b>	Formulação e composição bromatológica das dietas experimentais.....	<b>47</b>
------------------	---	-----------

<b>Tabela 2.</b>	Valores médios das variáveis de desempenho de pacamãs alimentados com diferentes concentrações da farinha de goiaba em substituição ao milho.....	<b>50</b>
------------------	---	-----------

<b>Tabela 3.</b>	Valores médios das variáveis metabólicas de pacamãs alimentados com diferentes concentrações de farinha de goiaba em substituição ao milho.....	<b>52</b>
------------------	---	-----------

<b>Tabela 4.</b>	Valores médios das atividades de enzimas digestivas de pacamãs alimentados com diferentes concentrações de farinha de goiaba em substituição ao milho.....	<b>55</b>
------------------	--	-----------

### ARTIGO 2

<b>Tabela 1.</b>	Formulação e composição bromatológica das dietas experimentais.....	<b>64</b>
------------------	---	-----------

<b>Tabela 2.</b>	Valores médios das variáveis de desempenho de pacamãs alimentados com diferentes concentrações da farinha de mamão em substituição ao milho.....	<b>67</b>
------------------	--	-----------

<b>Tabela 3.</b>	Valores médios das variáveis metabólicas de pacamãs alimentados com diferentes concentrações de farinha de mamão em substituição ao milho.....	<b>67</b>
------------------	--	-----------

<b>Tabela 4.</b>	Valores médios das atividades de enzimas digestivas de pacamãs alimentados com diferentes concentrações de farinha de mamão em substituição ao milho. ....	<b>71</b>
------------------	--	-----------

## LISTA DE ABREVIATURAS, SÍMBOLOS E UNIDADES

<b>%</b>	Porcentagem
<b>&lt;</b>	Menor que
<b>&gt;</b>	Maior que
<b>≤</b>	Menor ou igual que
<b>°C</b>	Graus Celsius
<b>AAT</b>	Aminoácidos totais
<b>ALB</b>	Albumina
<b>BHT</b>	Butil hidroxil tolueno
<b>CAA</b>	Conversão alimentar aparente
<b>CHO</b>	Carboidrato
<b>COL</b>	Colesterol
<b>CTRA</b>	Consumo total de ração aparente
<b>dL</b>	Decilitro
<b>EB</b>	Energia bruta
<b>EE</b>	Extrato etéreo
<b>EM</b>	Enzima málica
<b>et al.</b>	e colaboradores
<b>FAO</b>	Organização para a Alimentação e Agricultura das Nações Unidas
<b>FB</b>	Fibra bruta
<b>g</b>	Gramas
<b>G6PDH</b>	Glicose 6-fosfato desidrogenase
<b>GH</b>	Glicogênio hepático
<b>GL</b>	Glicose
<b>GPM</b>	Ganho de peso médio
<b>Kcal</b>	Quilocalorias
<b>Kg</b>	Quilograma
<b>Km</b>	Quilômetros
<b>L</b>	Litro
<b>mg</b>	Miligramas

<b>mm</b>	Milímetro
<b>MM</b>	Matéria mineral
<b>mM</b>	Milimolar
<b>MPA</b>	Ministério da pesca e aquicultura
<b>MS</b>	Matéria seca
<b>NADPH</b>	Fosfato de dinucleótido de nicotinamida e adenina
<b>PB</b>	Proteína bruta
<b>pH</b>	Potencial hidrogeniônico
<b>PMF</b>	Peso médio final
<b>PMI</b>	Peso médio inicial
<b>PT</b>	Proteína total
<b>S</b>	Sobrevivência
<b>TCA</b>	Ácido tricloro acético
<b>TCE</b>	Taxa de crescimento específico
<b>TG</b>	Triglicerídeo
<b>UI</b>	Unidade internacionais
<b>Vit.</b>	Vitamina
<b>ZEE</b>	Zona econômica exclusiva

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL .....	166
2. REFERENCIAL TEÓRICO .....	188
2.1 Aquicultura Nacional.....	18
2.2 Pacamã ( <i>Lophiosilurus alexandri</i> ).....	19
2.3 Alimentos alternativos.....	22
2.3.1 Goiaba ( <i>Pisidiumguajava</i> , L.) e Mamão ( <i>Carica papaya</i> ). .....	24
2.4 Metabolismo de carboidratos.....	26
2.5 Enzimas digestivas em peixes .....	28
2.6 Metabolitos em peixes.....	31
3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	34
4. ARTIGO 1.....	43
5. ARTIGO 2.....	61
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	76
ANEXOS .....	77

## 1. INTRODUÇÃO GERAL

A aquicultura tem alcançado importante espaço no cenário mundial com o cultivo de peixes, devido à depleção nos estoques pesqueiros naturais. Diante disso, nos diversos sistemas de produção, a aquicultura tem conquistado grandes avanços, principalmente, no tocante à qualidade e eficiência do manejo, visando sempre obtenção máxima de produtividade, disponibilizando peixes de boa qualidade e menor custo, o que tem refletido positivamente nos sistemas de cultivos. Entretanto, para que haja uma maior expansão de produtividade é necessário que as dietas oferecidas aos peixes atendam suas exigências nutricionais através do uso adequado de rações balanceadas.

Atualmente, a piscicultura volta seu olhar para outras espécies, no Brasil em especial as nativas brasileiras, por possuírem grande diversidade de peixes carnívoros de destacado potencial de mercado, quer seja como peixe de mesa, esportivo ou ornamental (MEURER et al., 2010).

Dentre estas espécies destaca-se o pacamã (*Lophiosilurus alexandri*), peixe endêmico da bacia do rio São Francisco (TENÓRIO et al., 2003). A tecnificação para esta espécie ainda se encontra em fase inicial. No entanto, têm despertado interesse dos produtores em virtude de sua carne bastante apreciada pelos consumidores, devido à ausência de espinhos intramusculares e agradável sabor. O pacamã apresenta hábito alimentar carnívoro, comportamento sedentário, preferindo ambientes lânticos em regiões de fundo de areia ou de pedras (TRAVASSOS et al., 1959).

Na piscicultura intensiva, os custos relacionados à alimentação podem atingir até 70% do custo da produção total. Assim, estudos que envolvem a exploração de alimentos alternativos como componentes de rações se tornam cada vez mais frequentes, a fim de reduzir custos (GUIMARÃES et al., 2008).

No Brasil existe deficiência de técnicas modernas e adequadas no manuseio do transporte e estocagem de frutas, associadas à alta perecibilidade. A falta de recurso humano treinado e de infraestrutura para seu processamento e preservação, tem gerado perda em torno de 30% da produção e, em alguns casos, um excesso de 50% (ARGAIZ et al., 1993).

O vale do São Francisco se destaca como uma das regiões mais produtoras e exportadoras de frutas no Brasil, com destaque para a goiaba e mamão, que juntas possuem aproximadamente 20 mil hectares plantados (SANTOS e OLIVEIRA, 2009), entretanto há um índice elevado de perdas, que podem chegar entre 20 e 40% (SIGRIST, 1993).

Diversos autores consideram que a utilização de ingredientes regionais a base de subprodutos de frutas, podem ser introduzidos em dietas para peixes como fonte de carboidrato, é uma forma de baratear os custos (MELO et al., 2012) além dos subprodutos de frutas possuírem qualidade nutricional e promoverem desempenho semelhante àquelas dietas formuladas com alimentos convencionais (CAMPECHE et al., 2014).

Uma opção para substituir alimentos com fins energéticos nas dietas dos peixes são os ingredientes de origem vegetal, por serem ricos em carboidratos (ENES et al., 2011). Os carboidratos são importantes fontes energéticas quando comparado às proteínas pelo seu baixo custo (LITI et al., 2006), entretanto, os peixes possuem capacidade limitada na utilização deste nutriente, que depende do tipo e hábito alimentar do animal. Quando utilizado em nível adequado, o carboidrato pode poupar o uso da proteína para o crescimento (HONORATO et al., 2009).

Em peixes, as funções biológicas e o metabolismo dos carboidratos parecem ser bastante específicos, sendo considerados bastantes promissores na nutrição destes organismos. Sua utilização pode compensar o uso de outros componentes da dieta como fonte de energia (HEMRE et al., 2002), seu baixo custo e disponibilidade tem encorajado diversas pesquisas para maior eficácia na utilização (MUÑOZ-RAMIREZ, 2005).

Contudo, investigou-se o potencial nutricional e os efeitos do uso das farinhas de goiaba e mamão como fonte energética na alimentação de pacamã através do desempenho produtivo, respostas metabólicas e atividade de enzimas digestivas.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Aquicultura Nacional

O mercado de alimentos tem experimentado expansão sem precedentes e mudança nos padrões alimentares, tornando-se mais homogêneo e globalizado. Em 2013, o consumo de pescados foi de 20 kg por habitante por ano, com produção de mais de 160 milhões de toneladas (FAO, 2013). A demanda por produtos à base de pescado deve aumentar nas próximas décadas, seja por razões socioeconômicas, de saúde ou religiosas. Essa tendência vem sendo observada e, atualmente, quase metade da produção de pescado já é originada da aquicultura. Assim, o aumento do consumo per capita de pescado será cada vez mais dependente da disponibilidade dos produtos da aquicultura e sua capacidade de adequação às exigências do mercado consumidor.

O Brasil tem grande potencial para a aquicultura, pelas condições naturais, pelo clima favorável e pela sua matriz energética. Este potencial está relacionado à sua extensão costeira de mais de oito mil quilômetros, à sua zona econômica exclusiva (ZEE) de 3,5 milhões de km<sup>2</sup> e à sua dimensão territorial, que dispõe de, aproximadamente, 13% da água doce renovável do planeta. Em relação às águas continentais, fazem parte desse volume as áreas alagadas artificialmente pela construção de barragens, contidas em reservatórios de usinas hidrelétricas, bem como áreas particulares para produção em viveiros de terra escavados. Entre elas, destaca-se a possibilidade de utilização das águas da União, tanto as de reservatórios de hidrelétricas, como as de estuários para a instalação de parques aquícolas.

O marco legal que autoriza a utilização das águas da União, para fins de aquicultura, foi estabelecido em até 1% da área ou à capacidade de suporte do rio/lago/estuário (o menor dos dois critérios). No entanto, mesmo com tantos atributos favoráveis, o Brasil ainda possui muitas condições para desenvolver seu potencial produtivo para a aquicultura (ROCHA et al. 2013).

Fatos que normalmente são considerados extremamente positivos, tais como a dimensão continental do território brasileiro, a diversidade de biomas e a imensa biodiversidade, que abriga inúmeras espécies com potencial

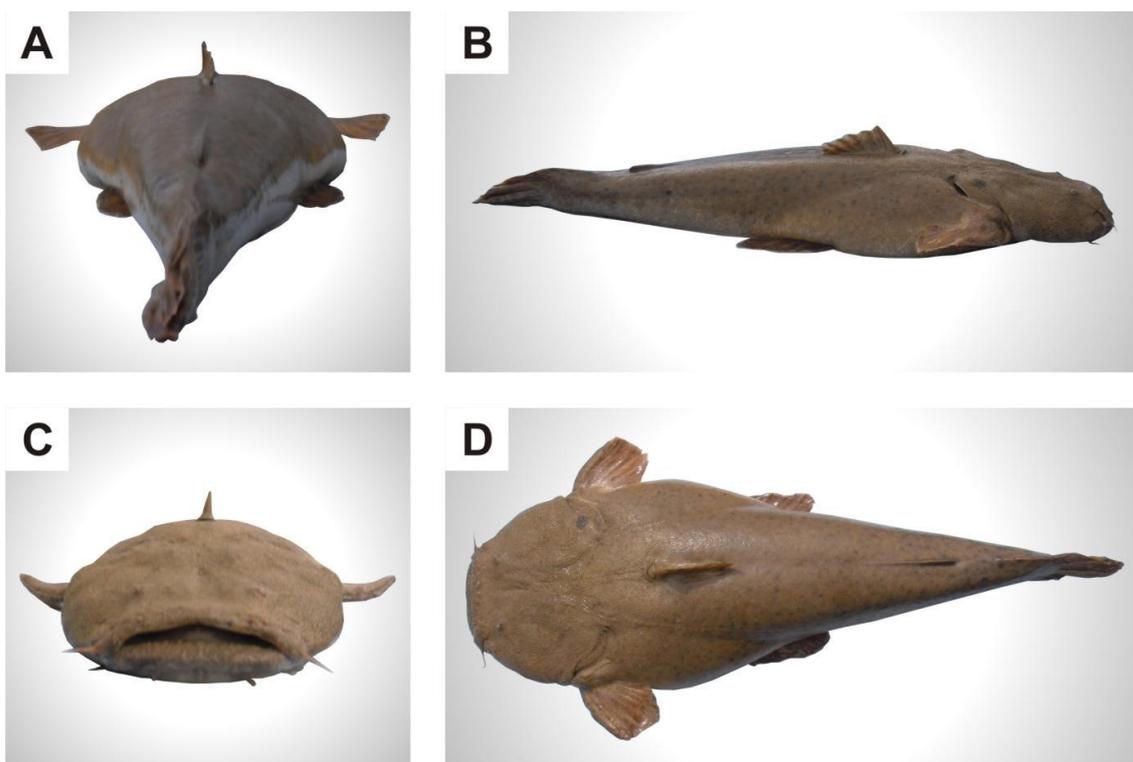
zootécnico, criam um cenário bastante complexo e podem pulverizar ações que, se não organizadas, podem comprometer ou atrasar o desenvolvimento da cadeia produtiva da aquicultura no país. Os investimentos em pesquisa, desenvolvimento e inovação são fundamentais para elevar o patamar tecnológico e favorecer a competitividade e a sustentabilidade da aquicultura brasileira.

O pescado é a carne mais demandada mundialmente (SIDONIO et al., 2012) e a de maior valor de mercado. Porém, no Brasil, seu consumo ainda é baixo, mesmo tendo aumentado nos últimos anos para 11,17 kg por habitante por ano (BRASIL, 2013), valor ainda abaixo do mínimo recomendado pela Organização Mundial de Saúde, que é de 12 kg por habitante por ano (FAO, 2012), mas 14,5% a mais do que em relação ao ano anterior (BRASIL, 2010).

No entanto, os benefícios nutricionais provenientes do consumo regular de pescado e o seu baixo consumo reforçam a validade de investimentos e incentivos por meio de políticas públicas para o aumento da disponibilidade e consumo deste alimento no Brasil, assim como a manutenção do padrão de ingestão principalmente na região do Nordeste.

## 2.2 Pacamã (*Lophiosilurus alexandri*)

No Brasil o cultivo de peixes de água doce é uma atividade, em desenvolvimento. O nosso país dispõe de uma ampla fauna aquática cultivável. No entanto, apesar da sua variedade de espécies nativas, o cultivo de peixes teve como início o cultivo de espécies exóticas, e até hoje se fundamenta nele, tais como as carpas e a tilápia do Nilo (FERNANDES et al., 2003). Com o intuito de conter o desequilíbrio ambiental com a introdução de espécies exóticas, muitos pesquisadores e produtores já visam à utilização de espécies nativas por ser mais segura e oferecer menor risco aos ecossistemas naturais.



**Figura 1.** Vista traseira (A), vista lateral (B), vista frontal (C) e vista dorsal (D) de um exemplar adulto de pacamã - *Lophisilurus alexandri*.

**Fonte:** (FIGUEIREDO, 2011).

A bacia do rio São Francisco possui uma área de 640.000 km<sup>2</sup>, com uma extensão em torno de 2.700 km, ocupando 8% do território nacional. Nela já foram identificadas cerca de 150 espécies de peixes nativos com potencial e cultivo. Destacam-se os grandes bagres carnívoros da ordem Siluriforme como o pacamã (*Lophisilurus alexandri*), espécie nativa e endêmico da bacia do São Francisco (TENÓRIO et al., 2006), pertencente à família Pseudopimelodidae, uma família de bagres neotropicais de água doce, que ocorre apenas na América do Sul, a qual é reconhecidamente pouco estudada (BARROS et al., 2007).

O pacamã é uma espécie de cabeça achatada, sua mandíbula ultrapassa a maxila superior, e seus dentes da mandíbula ficam fora da boca quando fechada (BRITSKI et al., 1996). Tem hábito alimentar carnívoro, a desova é parcelada liberando os ovos no substrato arenoso, apresenta cuidado parental para com seus ovos e larvas, são considerados grandes quando comparados a outras espécies (SATO et al., 2003).

Está espécie tem comportamento sedentário quando comparada com outras, como a tilápia do Nilo, tem preferência ambientes lânticos e regiões de fundo de areia ou de pedras (TRAVASSOS, 1959). Na fase adulta o pacamã pode atingir em peso vivo com mais de 8 kg (CARDOSO et al., 1996). Muitos autores enfatizam o grande potencial da espécie para a aquicultura. No entanto, poucos são os trabalhos realizados com a espécie, sendo a literatura bastante escassa com relação ao cultivo e nutrição (BARROS et al., 2007; GODINHO et al., 2007, MEURER et al., 2010).

A espécie tem despertado crescente interesse em virtude de sua importância na pesca artesanal (GODINHO et al., 2007) devido ao seu alto valor comercial, atualmente o alevino se encontra na faixa de R\$ 90,00 sendo bastante procurado por aquarofilistas. No entanto existe uma grande dificuldade de se encontrar não só como peixe ornamental como também para a produção de carne, devido à falta de criatórios com o intuito de produção em escala comercial, apesar de a sua carne ser bastante apreciada pelo consumidor devido ausência de espinhos intramusculares e pelo sabor agradável (LUZ e SANTOS, 2008).

López e Sampaio (2000) reportam que larvas de pacamãs apresentam acentuado canibalismo quando mantidas em diferentes densidades de estocagem e alimentadas com zooplâncton. A espécie é considerada ameaçada de extinção, por esse motivo vários estudos vêm sendo realizados com o intuito de aumentar o conhecimento sobre a espécie e subsidiar a manutenção de plantéis desta espécie em estações de piscicultura para a produção de alevinos e juvenis para a reposição dos estoques naturais (MEURER et. al., 2010).

Segundo alguns autores os programas de repovoamento estão apresentando resultados positivos (PIEDRAS et al., 2006; SANTOS e LUZ, 2009; SATO e SAMPAIO, 2005). Obtiveram sucesso com o manejo reprodutivo desta espécie em pelo menos, três estações de piscicultura (SATO et al., 2003).

De acordo com HAYASHI et al. (2002), as fases de maior importância para peixes são larvicultura e alevinagem, sendo etapas responsáveis pela obtenção de animais de qualidade e em quantidade para as fases posteriores de criação.

Segundo LOPEZ e SAMPAIO (2000), uma das variáveis mais importantes para o cultivo de pacamã é a disponibilidade de alimentos durante a larvicultura. PIEDRAS et al. (2006) concluíram que o fornecimento de zooplâncton de maior tamanho proporciona melhores índices de desempenho e favorece a expressão do potencial de crescimento desta espécie. MEURER et al. (2010) recomendaram oferecer pós- larvas de tilápia do Nilo para alevinos de pacamã em um nível de 30% do seu peso vivo.

FIGUEIREIDO (2011) ao testar diferentes relações de proteína e energia bruta, utilizando o farelo de milho como fonte de carboidrato, reportou que a maior relação de 1,24 PB:CHO apresentou melhores resultados no seu desempenho.

No entanto, devido à escassez de publicações relacionadas a aspectos nutricionais do pacamã em fase de produção, poucos trabalhos foram citados.

### 2.3 Alimentos alternativos

A importância de avaliar ingredientes não convencionais na alimentação de peixes se dá pela possibilidade de propor tecnologias apropriadas às necessidades econômicas de cada região. Estes ingredientes não devem competir com a alimentação humana e que preferencialmente devem ser subprodutos para alimentação animal (TEIXEIRA et al., 2006).

Alguns alimentos alternativos energéticos de origem vegetal no Semiárido nordestino, mais especificamente na região de Petrolina/PE, estão sendo estudados para uma possível substituição ao milho, com o objetivo de diminuir o custo das rações de peixes, devido o seu baixo custo e disponibilidade regional. Dessa forma, o estudo desses alimentos, no intuito de esclarecer sua influência no desempenho e metabolismo do pacamã com o objetivo de diminuir os custos da ração, deve ser avaliado, desde que o seu uso seja economicamente viável e ambientalmente correto.

Segundo GOMES (2001) as rações artesanais elaboradas com produtos regionais têm proporcionado um custo de 30 a 50% menor que as rações comerciais.

Diversas pesquisas têm sido realizadas com a finalidade de substituir fontes energéticas tradicionais, como o milho, objetivando diminuir custos com a alimentação e reduzir constituintes proteicos nas dietas, utilizando diversos ingredientes alternativos como os resíduos de frutas (CAMPECHE et al., 2014; SOUZA et al., 2013; MELO et al., 2012; LIMA e LUDKE, 2011a).

Dentre os alimentos alternativos regionais do semiárido nordestino, disponíveis para a possibilidade de utilização em rações de pacamãs, têm-se os energéticos: as farinhas de frutas (manga, goiaba, uva, mamão, banana, melão). Em estudo com farelo de coco e resíduo de goiaba como fonte proteica e energética respectivamente, na alimentação da tilápia, SANTOS (2007) concluiu que os dois ingredientes possuem potencial para utilização levando em conta a composição química e a digestibilidade. CAMPECHE et al. 2014 avaliaram o farelo de licuri em substituição ao milho em alevinos de tambaqui com peso médio de 30 gramas, e concluíram que pode haver 100% da substituição sem perdas no desempenho dos animais.

Avaliando a substituição do milho pela farinha de manga em dietas para tilápias (SOUZA et al., 2013) afirmaram que pode substituir o farelo de milho pela farinha de manga com cascas sem comprometer o desempenho zootécnico e a composição química da carcaça para tilápia em até 33%. No entanto, MELO et al. (2012) substituíram em 100% o farelo de milho pela farinha de manga sem casca em dietas para tilápias e não observaram diferenças significativas no desempenho.

Ao determinarem os coeficientes de digestibilidade aparente dos resíduos de abacaxi e manga para a tilápia do Nilo, COSTA et al., (2009) obtiveram os seguintes valores de digestibilidade respectivamente: para matéria seca, 89,91% e 63,79%; proteína bruta: 78,12% e 78,59%; energia bruta: 68,94% e 36,68%; e energia digestível: 2696 kcal/kg e 1497 kcal/kg. LIMA (2010) avaliando os níveis de inclusão dos farelos de resíduos de abacaxi e manga em rações para tilápia sobre o desempenho, concluiu que a inclusão de 10% do farelo do resíduo de abacaxi e 15% do farelo do resíduo de manga não comprometem o desempenho dos animais.

A avaliação e utilização de ingredientes convencionais ou alternativos na nutrição animal deve ser feita de forma cuidadosa, devidos alguns alimentos de origem vegetal possam conter fatores antinutricionais. De acordo com PINTO

et al (2001) estes fatores podem interferir na biodisponibilidade e digestibilidade de alguns nutrientes, e dessa forma prejudicar o desempenho do animal.

É de suma importância que ao substituir alimentos convencionais por alternativos, seja realizada a análise química do alimento para verificar seu potencial nutricional, seja feito uso de produtos que tenham oferta regular ao longo do ano, sejam produzidos em grandes quantidades, sejam de fácil processamento, armazenamento, baixo custo quando comparados aos convencionais, e que o desempenho dos animais seja semelhante ou superior aos daqueles alimentados com rações elaboradas utilizando-se ingredientes tradicionais, além de não causarem distúrbios metabólicos.

Deste modo, o uso de subprodutos, coprodutos ou resíduos de frutas como fonte energética ou proteica para compor as rações de peixes em substituição aos ingredientes tradicionais pode ser uma alternativa viável principalmente quando há uma grande disponibilidade no mercado, onde o seu aproveitamento diminui desperdícios, pode reduzir os custos em dietas, e pode contribuir para o desenvolvimento sustentável da fruticultura e piscicultura.

### 2.3.1 Goiaba (*Pisidiumguajava*, L.) e Mamão (*Carica papaya*).

O vale do submédio São Francisco é reconhecidamente um grande produtor de frutas, incluindo a goiaba (*Pisidiumguajava*, L.) e o mamão (*Carica papaya* L.). A cultura da goiaba ocupa 13.000 ha, é uma das mais importantes frutíferas do Brasil no aspecto socioeconômico, e contribui significativamente para a pauta das exportações brasileiras de frutas frescas. Nutricionalmente é uma excelente fonte de minerais e vitaminas (ROIZEN e PUMA, 2001), entretanto é considerada uma fruta com altos índices de perecibilidade (SIGRIST, 1983), e as principais perdas podem ser de ordem quantitativa ou qualitativa e o índice médio de perdas pós-colheita pode variar entre 20 a 40%, representando perda de alimento, e prejuízo econômico.



**Figura 2.** Goiaba (*Pisidium guajava*, L.).

**Fonte:** Arquivo pessoal.

**Figura 3.** Mamão (*Carica papaya* L.).

**Fonte:** Arquivo pessoal.

Para a substituição de alimentos convencionais por alternativos em dietas para uso animal, e necessário conhecer quimicamente o alimento, e nessa comparação, os alimentos alternativos devem apresentar constituintes equivalentes ou superiores aos alimentos convencionais. A composição química das frutas sem casca e do farelo de milho podem ser observados na (Tabela 1.).

**Tabela 01.** Composição química da goiaba, mamão<sup>1</sup> e farelo de milho.

Item	Goiaba <sup>2</sup>	Mamão <sup>3</sup>	Milho <sup>4</sup>
Matéria seca, %	90,81	91,64	87,50
Proteína bruta, %	10,09	4,69	8,36
Extrato etéreo, %	11,71	3,02	3,78
Matéria mineral, %	1,25	7,25	1,18
Fibra bruta, %	12,26	10,74	1,59
Energia bruta, kcal/kg	4290	4624	3826

<sup>1</sup> Valores expressos na polpa dos frutos.

<sup>2</sup> (SILVA et al., 2009).

<sup>3</sup> (SILVA et al., 2007).

<sup>4</sup> (GENEROSO et al., 2008).

O mamão é uma das frutas de maior consumo mundial depois dos cítricos, fazendo-se presente na dieta das diferentes camadas sociais, seja pela sua importância nutritiva, seja em função do seu preço acessível ao público consumidor e, sobretudo, pelo seu sabor. Índia, Brasil e Equador são

os maiores produtores mundiais de mamão (680 mil, 491 mil e 216 mil hectares, respectivamente em 2009), segundo dados da FAO (2012), sendo também grandes consumidores, já que ela assume o papel de uma das principais fontes de carboidratos para a população. Assim como a goiaba, o mamão também é uma das frutas mais produzidas na região. Na comercialização do mamão, como é comum a todos os produtos perecíveis, parte da quantidade posta à venda não é adquirida pelo consumidor, e estas sobras constituem sérios problemas para o comerciante, geralmente, se transformando em fonte de prejuízos.

O farelo de resíduo da goiaba e mamão já vem sendo utilizado na dieta de diversos animais tais como frangos e peixes (FURUYA et al., 2009; JUNIOR, 2006). Contudo, para que o uso seja bem sucedido, estes resíduos não podem afetar negativamente o desempenho nem o metabolismo dos animais.

## 2.4 Metabolismo de carboidratos

De acordo com WILSON (1994) os carboidratos são as fontes de menor custo para o fornecimento de energia na dieta para os animais domésticos. No entanto, sua utilização pelos peixes é diferente e permanece obscura. Não existe exigência de carboidratos em dietas para peixes, porém, sua inclusão em níveis adequados pode assegurar melhor eficiência na utilização de outros nutrientes e contribuir no processo de extrusão da dieta. Além de ser uma fonte energética abundante e barata em relação aos lipídeos e proteínas (KROGDAHL et al., 2005).

As indústrias de ração utilizam carboidratos em elevadas quantidades, em níveis acima de 20%, com o intuito de se obter através de extrusão, processo onde ocorre a expansão do amido, reduzindo a densidade dos pellets e proporcionando uma ração com maior flutuabilidade.

Peixes alimentados em níveis adequados de carboidratos tiveram melhor desempenho que aqueles tratados com dietas ausentes desse nutriente (HEMRE et al., 2002), onde o nível adequado depende do hábito alimentar e da espécie. Por outro lado, peixes mantidos com dietas contendo altos níveis de carboidratos apresentaram um quadro de hiperglicemia pós-prandial

prolongado (ENES et al., 2009). Devido a este quadro, os peixes, principalmente os carnívoros, são considerados intolerantes à glicose, quando comparados aos mamíferos.

Diferentes hipóteses têm sido levantadas para explicar essa baixa utilização de carboidratos pelos peixes. Porém, uma base fisiológica que explique a aparente intolerância de glicose não foi totalmente esclarecida. As hipóteses incluem: o maior efeito dos aminoácidos da dieta que a glicose na secreção de insulina (MOMMSEM e PLISETSKAYA, 1991), número relativamente baixo de receptores de insulina no músculo de peixes, comparado a ratos (HEMRE et al., 2002), limitada capacidade de fosforilação da glicose no tecido muscular, requisito indispensável para qualquer outra utilização metabólica da glicose (COWEY e WALTON, 1989), ausência de transportadores de glicose no músculo de peixe (WRIGHT et al., 1998), e inadequada regulação da homeostase da glicose atribuída ao desbalanço entre a glicólise e gliconeogênese hepática (ENES et al., 2009).

A eficiência metabólica dos carboidratos em peixes é bem evidenciada quando eles são submetidos a testes de tolerância à glicose. Testes de tolerância à glicose foram realizados em tambaqui (*Colossoma macropomum*), pacamã (*Lophiosilurus alexandri*), tilápia (*Oreochromis niloticus*) e híbrido de *Leiarius marmoratus* & *Pseudoplatystoma corruscans*, espécies de diferentes hábitos alimentares, mostraram diferenças no tempo de utilização da glicose, ou seja, diferenças na regulação da glicemia (MELO et al., 2011; SOUZA et al., 2011).

A adição de carboidrato na dieta é necessária para estimular a biossíntese de lipídios, não tanto pelo fornecimento de esqueletos de carbono, mas através do aumento da disponibilidade de equivalentes redutores citosólicos (HEMRE et al., 2002). Os carboidratos induzem a biossíntese de equivalente redutor através da indução das desidrogenases da via pentose fosfato, como a glicose 6-fosfato desidrogenase - G6PDH-, e duas outras desidrogenases fornecedoras de NADPH citosólico, dentre elas a enzima málica - EM (LIN et al., 1977).

Portanto, a glicose dietética é catabolizada, dentre outras vias, pela via das pentoses fosfato, produzindo o NADPH necessário para a síntese de lipídeos. Outra fonte alternativa de provimento de NADPH para a síntese de

ácidos graxos é o ciclo piruvato/malato, pela ação direta da enzima málica (RIBEIRO, 2007).

Estes dados demonstram a necessidade de conhecer como as espécies metabolizam carboidratos, da adequação desse nutriente para um desempenho satisfatório.

## 2.5 Enzimas digestivas em peixes

Como nos demais vertebrados, os peixes teleósteos possuem capacidade de modular fenotipicamente o perfil de enzimas digestivas em decorrência de variações ambientais naturais (GERMAN et al., 2004). A secreção de enzimas digestivas como amilase, lipase e proteases é modulada não apenas por variações na composição do alimento ingerido diariamente e nas diferentes estações, mas também pela frequência alimentar, quantidade de alimento consumido, temperatura ambiente, estágio de desenvolvimento e possibilidade de alterações cíclicas (DABROWSKI et al., 1992).

Normalmente, peixes de hábito alimentar carnívoro possuem uma capacidade adaptativa mais limitada que peixes onívoros (BUDDINGTON et al., 1997). Em adição, a atividade das proteases é menos dependente do hábito alimentar do que a atividade da amilase, a qual geralmente é maior nos peixes onívoros (HIDALGO et al., 1999). Para os peixes tropicais, essas afirmativas são verdadeiras, embora em alguns casos a resposta adaptativa do perfil enzimático não seja tão aparente para certas enzimas. Por exemplo, jundiás (*Rhamdia quelen*) alimentados com rações com concentração crescente de proteína bruta (20, 27, 34 e 41%) apresentaram aumento significativo nas proteases inespecíficas tanto do estômago quanto do intestino anterior. Inversamente, houve redução na atividade da amilase e da lipase também no intestino anterior, com o aumento na concentração proteica da dieta, o que permite inferir que o jundiá possui a capacidade de modificar o perfil de atividade das enzimas digestivas de acordo com o a concentração dos nutrientes no alimento consumido (MELO, 2004). De maneira contrária, a inclusão crescente de carboidratos na dieta da mesma espécie e concomitante redução na concentração de lipídios não influenciou o perfil enzimático dos

peixes (MORO et al., 2010). Essa variação de comportamento na mesma espécie pode ser explicada pelo estágio de desenvolvimento em que os animais se encontravam: 32 g no estudo de MELO (2004) e 0,62 g no estudo de MORO et al. (2010). Tal fato demonstra que a capacidade do jundiá modular a secreção enzimática pode não estar relacionada apenas à composição da dieta, mas também à idade dos peixes, e aparentemente peixes mais jovens possuem menor capacidade em alterar a composição enzimática do trato digestório, quando comparados com peixes mais velhos.

Gominho-Rosa (2012) comparou as atividades da amilase e maltase intestinal entre duas espécies onívoras, o jundiá e a tilápia-do-Nilo, alimentadas com ingredientes ricos em carboidratos: farelo de trigo, farelo de mandioca, milho moído e quirera de arroz. A atividade da amilase foi significativamente maior no jundiá do que na tilápia, mas não foi afetada pela fonte de carboidrato da dieta. Entretanto, a atividade da maltase foi significativamente maior no jundiá que na tilápia e também diferiu entre as fontes de carboidratos: o farelo de trigo, a fonte de carboidratos com o menor teor de amido, promoveu uma maior atividade de maltase no jundiá, que apresentou ainda maior atividade das carboidrases, provavelmente para compensar o tamanho reduzido do seu intestino, quando comparado à tilápia. Em estudo com juvenis de pintado, LUNDSTEDT et al., 2004, mediram a concentração enzimática em diferentes regiões do trato digestório dos peixes, alimentados com rações que continham níveis crescentes de proteína bruta (20, 30, 40 e 50%), níveis decrescentes de amido (36,23; 25,01; 13,44 e 1,94%) e nível de lipídios próximo de 13%. Apesar da grande variação na concentração de amido nas rações, não foram observadas diferenças significativas na concentração de amilase no intestino, mas houve variação na concentração desta enzima no estômago (LUNDSTEDT et al., 2004). Esse comportamento era esperado por se tratar de uma espécie carnívora, cujos alimentos ricos em carboidratos são praticamente inexistentes na dieta natural.

Fato interessante relatado por LUNDSTEDT et al. (2004) foi o aumento na concentração de proteases principalmente nas regiões anterior e média dos intestinos dos peixes. Entretanto, nos níveis mais altos de proteína bruta na dieta, a concentração das proteases diminuiu, demonstrando que o aumento da inclusão de um nutriente pode estimular a secreção das enzimas responsáveis

pela sua digestão até certo limite, mas quando em excesso, o efeito desse nutriente em estimular a secreção enzimática pode ser contrário ao esperado. A atividade da lipase, principalmente na porção anterior do intestino dos peixes, aumentou com o aumento da inclusão de proteína na dieta e redução na concentração de carboidratos. Provavelmente, a menor concentração de fontes de energia não proteica na dieta estimulou uma maior secreção de lipase, com o objetivo de tornar a digestão da gordura da dieta mais eficiente, conseqüentemente, melhor aproveitada.

O aumento na secreção de proteases alcalinas como resultado da maior concentração de proteína na dieta também foi observado para o rohu *Labeo rohita* (DEBNATH et al., 2007). Segundo HIDALGO et al. (1999), essa resposta é comum na maioria das espécies de peixes e não está muito relacionada ao hábito alimentar das espécies, ou seja, tanto em peixes carnívoros como em onívoros há um incremento na secreção de proteases em função da concentração de proteína no alimento. Esse mesmo comportamento não ocorre em relação à amilase, sendo que peixes onívoros possuem maior capacidade de modular a secreção dessa enzima do que peixes carnívoros (HIDALGO et al., 1999). Por exemplo, em um trabalho com o tambaqui, uma espécie onívora, o aumento da concentração de milho na dieta e conseqüente aumento na concentração de carboidratos, resultaram em uma maior atividade da amilase e maltase, tanto nos cecos pilóricos quanto no intestino dos peixes (CORRÊA et al., 2007).

Não só a concentração de um nutriente influencia diretamente a secreção de enzimas digestivas. Em alguns casos, a baixa concentração do nutriente ou a baixa qualidade do ingrediente resultam em uma maior secreção enzimática a fim de aumentar a eficiência digestiva e também absorptiva (GOMINHO-ROSA et al., 2015; GERMAN et al., 2004;). Por exemplo, para o tambaqui foi verificada maior atividade de proteases no estômago dos peixes quando a concentração proteica da dieta foi reduzida de 60% para 42% aproximadamente. Foi constatado ainda um aumento na atividade da lipase no intestino como resultado do aumento na inclusão de gordura na dieta. Antagonicamente, a atividade da amilase diminuiu no intestino dos peixes, possivelmente pela maior concentração de gordura na ração (DE ALMEIDA et al., 2006).

Alguns ingredientes possuem fatores antinutricionais que podem reduzir a atividade de algumas enzimas. A inclusão de farelo de soja como fonte proteica na dieta de jundiá (LAZZARI et al., 2010) reduziu a atividade da quimotripsina e tripsina no intestino dos animais. Outros trabalhos também comprovam que a inclusão de níveis elevados de farelo de soja em rações para peixes causa redução na atividade da tripsina e quimotripsina em função da presença de inibidores dessas enzimas naquele ingrediente, levando conseqüentemente a um menor crescimento dos peixes (KROGDAHL et al., 2003; OLIVA-TELES et al., 1994).

## 2.6 Metabolitos em peixes

A análise de metabolitos é crucial em muitos campos de pesquisa, principalmente na piscicultura. A medição de parâmetros bioquímicos pode ser útil como uma ferramenta de diagnóstico em nutrição de peixes com o intuito de identificar o seu metabolismo, os efeitos da dieta em órgãos-alvo, a condição fisiológica, o estado geral de saúde e realizar avaliações diagnósticas com fins preventivos.

Entre os metabolitos avaliados na pesquisa animal, as proteínas estão altamente relacionadas com o estado nutricional e a qualidade do alimento. A redução nos valores de proteínas totais e albumina sérica pode ter uma implicação significativa sobre as atividades fisiológicas, e pode ser vital em imunossupressão dos peixes, aquela que pode ter um forte impacto negativo sobre o desempenho posterior (GOMINHO-ROSA et al., 2015). No mesmo sentido, a diminuição do nível de proteína pode ser devido à sua degradação e também à sua possível utilização para efeitos metabólicos (KAVITHA et al., 2012). No entanto, tilápias alimentadas com farinha de manga em substituição ao milho, não alteraram os teores de proteínas totais (SOUZA, 2012).

Reportando ainda metabolitos proteicos, destaca-se os aminoácidos, por desempenharem numerosas funções em peixes, principalmente formação de proteínas musculares (BALLANTYNE, 2001). No entanto, são também necessários para a síntese de outros compostos associados com o metabolismo incluindo hormônios, neurotransmissores, purinas e enzimas

metabólicas. Além disso, podem ser catabolizados para suprir a demanda energética metabólica. Os aminoácidos para estes propósitos são provenientes da dieta e o seu “turnover” em tecidos proteicos ocorre constantemente (HALVER E HARDY, 2002). As mudanças na concentração dos aminoácidos são sequenciais e refletem as rotas metabólicas através dos tecidos de acordo com a digestão, absorção, metabolismo e conseqüentemente, crescimento (CARTER et al., 2001).

A glicose também é um índice importante, seus níveis no plasma podem apresentar variações específicas, como consequência do estresse, estado nutricional, estado reprodutivo, tamanho, idade, peso e temperatura ambiental. Carboidratos são a principal fonte de energia em muitos organismos, e sua reserva é utilizada para atender a demanda de energia em condições de estresse. O aumento ou diminuição do nível de glicose no plasma indica uma resposta ao estresse provocado por diversos fatores relativos ao metabolismo ou fisiologia do animal, ao gerar quebra de carboidratos ou alta utilização da glicose para efeitos metabólicos (KAVITHA et al., 2012).

Nos peixes o controle da glicose não é mantido sob uma faixa estreita como nos mamíferos. Este fato pode ser facilmente ilustrado pela glicemia persistente nos testes de tolerância à glicose. Ela é capaz de iniciar e manter uma resposta insulínica, no entanto, alguns aminoácidos, especialmente arginina, são secretagogos mais potentes do hormônio (HEMRE et al., 2002). A magnitude da resposta insulínica varia com a espécie e, geralmente, está bem abaixo do observado em mamíferos, onde a glicose provavelmente não é o mais importante estimulador da liberação de insulina (ENES et al., 2011). A hiperglicemia persistente observada em peixes carnívoros, alimentados com dietas ricas em carboidratos, relativa à baixa secreção de insulina e receptores, sugere um estado de resistência à insulina (PLAGNES-JUAN et al., 2008).

Peixes com comportamento hiperglicêmico disponibilizam maiores concentrações de glicose livre na corrente sanguínea, conseqüentemente essa glicose livre pode ser utilizada pela glicogênese na formação de glicogênio hepático, unidade de reserva energética dos animais. Entre outros fatores, relatam que a variação hepática do conteúdo de glicogênio, molécula que apresenta a mesma estrutura química em peixes e mamíferos (KJOLBERG et al., 1963), não demonstra uma relação definida com a ingestão de alimento.

Além disso, a maior concentração de glicogênio no fígado pode sofrer um efeito retardado do arraçoamento em função da estação do ano e da idade do peixe (DELAHUNTY et al. 1978). Além disso, o conteúdo de glicogênio hepático é extremamente variável entre indivíduos e espécies de peixes, com valores entre 2 a 1800  $\mu\text{moles}$  de glicose/g de tecido.

Metabolitos relacionados a fontes lipídicas são importantes no mapeamento do animal, entre eles o colesterol, por ser o componente estrutural de todas as membranas celulares, modulando sua fluidez, portanto é importante para o crescimento e diferenciação celular. Além disso, é o único precursor de ácidos biliares endógenos, hormônios esteróides e vitamina D (CHAMPE et al., 2010). O colesterol é um nutriente dietético essencial para o bom crescimento e sobrevivência elevada de crustáceos (HOLME et al., 2007). Já os peixes não requerem uma fonte dietética de colesterol, principalmente devido ao fato dos vertebrados poderem sintetizar o colesterol a partir do acetato (NRC, 2011). Nos peixes, os níveis de colesterol total no plasma são um bom indicador, pois estão significativamente relacionados com o estado nutricional e metabólico. Seus níveis no plasma podem ser alterados por outros nutrientes na dieta (ENDO et al., 2003).

Os triglicerídeos são quantitativamente a classe mais importante de gordura na dieta. A sua influência nos níveis de lipídeos plasmáticos é determinada pela natureza química de seus ácidos graxos constituintes. A presença ou ausência de ligações duplas, seu número e localização ( $n6 - n3$ ), e a configuração cis ou trans dos ácidos graxos insaturados são as características estruturais mais importantes (CHAMPE et al., 2010). A concentração de triglicérides em peixes alimentados com alimentos alternativos não foi alterada pela sua inclusão (NOGUEIRA-FILHO, 2012; SOUZA, 2012).

Diante de tais colocações é importante ressaltar que em peixes pouco se sabe sobre, como diferentes fontes de carboidratos podem afetar ou não o metabolismo, e com auxílio de ferramentas bioquímicas, estas podem predizer respostas, e realizar todo mapeamento do animal ao substituir ou incluir um novo ingrediente em dietas.

### 3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARGAIZ, A., VERGARA, F., WELTI, J., LÓPEZ-MALO, A. Durazano conservado por factores combinados. **Boletim Internacional de Divulgação**, 1, 22-30, 1993.

BALLANTYNE, J.S. (2001). Amino acid Metabolism. In: WRIGHT, P. & ANDERSON, P. (eds). Nitrogen Excretion. **Fish Physiology Series**, Vol. XX. Academic Press. pp. 77-107.

BARROS, M.D.M.; GUIMARÃES-CRUZ, R.J.; VELOSO-JÚNIOR, V.C.; SANTOS, J.E. Reproductive apparatus and gametogenesis of *Lophiosilurus alexandri* Steindachner (Pisces, Teleostei, Siluriformes). **Revista Brasileira de Zoologia**, v.24, n.1, p.213-221, 2007.

BRASIL. Ministério da Pesca e Aquicultura. **Boletim Estatístico da Pesca e Aquicultura: Brasil 2010**. Brasília: MPA, 2010. 128p.

BRASIL. Ministério da Pesca e Aquicultura. Consumo de pescado no Brasil aumenta 23,7% em dois anos. 2013. Disponível em: <<http://www.mpa.gov.br/index.php/imprensa/noticias/2226-consumo-de-pescado-no-brasil-aumenta-237-em-dois-anos>>. Acesso em: 18 out. 2013.

BRITSKI, H.A. **Manual de identificação de peixes da região de Três Marias: com chaves de identificação para os peixes da Bacia do São Francisco**. 2. ed. Brasília: Codevasf, 1986.

BUDDINGTON, R.K.; KROGDAHL, Å.; BAKKE-McKELLEP, A.M. The intestines of carnivorous fish: structure and functions and the relations with diet. **Acta Physiologica Scandinavica**, Oxford, v. 161, p. 67-80, 1997.

CAMPECHE, D.F.B., MELO, J.F.B., BALZANA, L., R.C. SOUZA., R.A.C.R. FIGUEIREDO. Farelo de licuri em dietas para alevinos de tambaqui (*Colossoma Macropomum*, Cuvier, 1818). **Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia**, 66, 539-545, 2014.

CARDOSO, E.L.; CHIARINI-GARCIA, H.; FERREIRA, R.M.A.; POLI, C.R. Morphological changes in the gills of *Lophiosilurus alexandri* exposed to unionized ammonia. **Journal of Fish Biology**, v.49, p.778-787, 1996.

CARTER, C.G.; HOULIHAN, D.F.; KIESSLING, A.; MÉDALE & JOBLING, M. (2001). Physiological effects of feeding. In: HOULIHAN, D.F.; BOUJARD, T. & JOBLING, M. (eds.). Food intake in fish. **Blackwell Science**. pp . 297-331.

CHAMPE, P. C.; HARVEY, R. A.; FERRIER, D. R. **Bioquímica ilustrada**. 4 ed. Porto Alegre: ArtMed, 2010.

CORRÊA, C.F.; De AGUIAR, L.H.; LUNDSTEDT, L.M.; MORAES, G. Responses of digestive enzymes of tambaqui (*Colossoma macropomum*) to dietary cornstarch changes and metabolic inferences. **Comparative Biochemistry and Physiology**, New York, v. 147A, p. 857-862, 2007.

COSTA, W. M.; LUDKE, M. C. M. M.; BARBOSA, J. M.; HOLANDA, M. A.; SANTOS, E. L.; RICARTE M. 2009. Digestibilidade de nutrientes e energia de resíduos de frutas pela tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **In** 46ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia. Anais... Maringá – PR.

COWEY, C. B.; WALTON, M. J. Intermediary metabolism. In: HALVER, J. E. (Ed.). **Fish Nutrition**. 2nd ed. New York: Elsevier Science, 1989. p.260-329.

DABROWSKI, K.; KRUMSCHNABEL, G.; PAUKKU, M.; LABANOWSKI, J. Cyclic growth and activity of pancreatic enzymes of Arctic charr (*Salvelinus alpinus*) alevins. **Journal of Fish Biology**, London, v. 40, p. 511-521, 1992.

DE ALMEIDA, L.C.; LUNDSTEDT, L.M.; MORAES, G. Digestive enzyme responses of tambaqui (*Colossoma macropomum*) fed on different levels of protein and lipid. **Aquaculture Nutrition**, Oxford, v. 12, p. 443-450, 2006.

DEBNATH, D.; PAL, A.K.; SAHU, N.P.; YENGGOKPAM, S.; BARUAH, K.; CHOUDHURY, D.; VENKATESHWARLU, G. Digestive enzymes and metabolic profile of *Labeo rohita* fingerlings fed diets with different crude protein levels. **Comparative Biochemistry and Physiology**, New York, v. 146B, p. 107-114, 2007.

DELAHUNTY, G. OLCESE, J.; PRACK, M.; VODICNIK, M.J. SCHERECK, C.B. & DE VLAMING, V. (1978). Diurnal variations in the physiology of goldfish *Carassius auratus*. **Journal of Interdisciplinary Cycle Research**, 9: 73-88.

ENES, P. et al. Effect of normal and waxy maize starch on growth, food utilization and hepatic glucose metabolism in European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) juveniles. **Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology**, New York, v. 143, n. 1, p. 89-96, Jan. 2009.

ENDO, H. et al. Enzyme sensor system for determination of total cholesterol in fish plasma. **Fisheries Science**, London, v. 69, n. 6, p. 1194-1199, Dec. 2003.

ENES, P.; PANSERAT, S.; KAUSHIK, S. AND OLIVA-TELES, A. Dietary carbohydrate utilization by European sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.) and

gilthead sea bream (*Sparus aurata* L.) juveniles. **Fish Science**, 19, 201-215, 2011.

FERNANDES, R.; GOMES, L.C.; AGOSTINHO, A.A. Pesque-pague: negócio ou fonte de dispersão de espécies exóticas?, **Acta Scientiarum of Biological Sciences**, v.25, p.115-120, 2003.

FIGUEIREDO, R. A. C. R. Avaliação da relação proteína:carboidrato na dieta de juvenis de pacamã, *lophiosilurus alexandri* steindachner, 1877 (pisces:siluriformes) 68p. **Dissertação**. Programa de Pós-graduação em Ciência Animal – UNIVASF, Petrolina, 2011.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **The state of world fisheries and aquaculture 2012**. Rome: FAO, 2012. 209p.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Food outlook: biannual report on global food markets**. Rome: FAO, 2013. 134p.

FURUYA, W.M. et al. Composição química e Coeficientes de digestibilidade aparente dos subproduto desidratados das polpas de tomate e goiaba para tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Boletim do Instituto de Pesca**, São Paulo, 34(4): 505 - 510, 2008.

GERMAN, D.P.; HORN, M.H.; GAWLICKA, A. Digestive Enzyme Activities in Herbivorous and Carnivorous Prickleback Fishes (Teleostei: Stichaeidae): Ontogenetic, Dietary, and Phylogenetic Effects. **Physiological and Biochemical Zoology**, Chicago, v. 77, n. 5, p. 789-804, 2004.

GODINHO, H.P. Estratégias reprodutivas de peixes aplicadas à aquicultura: bases para o desenvolvimento de tecnologias de produção. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, v.31, n.3, p.351-360, 2007.

GOMES, S.Z. Ração artesanal para peixes e crustáceos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PESCA, 12., 2001, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: AEP-SUL, FAEP-BR,2001.

GOMINHO-ROSA, M.C. **Carboidratos em dietas para o jundiá, *Rhamdia quelen*: desempenho, digestibilidade e metabolismo**. 2012. 113p. Tese (Doutorado. em Aquicultura) - Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, 2012.

GOMINHO-ROSA, M.C., RODRIGUES, A.P.O., MATTIONI, B., FRANCISCO, A., MORAES, G., FRACALLOSSI, D.M. 2015. Comparison between the omnivorous jundiá catfish (*Rhamdia quelen*) and Nile tilapia (*Oreochromis*

niloticus) on the utilization of dietary starch sources: Digestibility, enzyme activity and starch microstructure. **Aquaculture**, 435:92–99.

GUIMARÃES, I.G.; MIRANDA, E.C.; RIBEIRO, V.L.; MARTINS, G.P.; MIRANDA, C.C. Farinha de camarão em dietas para tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.9, n.1, p.140-149, 2008.

HALVER, J.E. & HARDY, R. W. (2002). Nutrient Flow and Retention. In: HALVER W. (eds.). **Fish Nutrition**. 3 ed, Academic Press. pp.755-770.

HAYASHI, C.; BOSCOLO, W.R.; SOARES, C.M. et al. Exigência de proteína digestível para larvas de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) durante a reversão sexual. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, p.823-828, 2002.

HEMRE, G.I., MOMMSEN, T.P., KROGDAHL, A. Carbohydrates in fish nutrition: effects on growth, glucose metabolism and hepatic enzymes. **Aquaculture Nutrition**, 8, 175–194, 2002.

HIDALGO, M.C.; UREA, E.; SANZ, A. Comparative study of digestive enzymes in fish with different nutritional habits. Proteolytic and amylase activities. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 170, p. 267–283, 1999.

HOLME, M. H.; SOUTHGATE, P. C.; ZENG, C. Survivor, development and growth response of mud crab, *Scylla serrata*, megalopae feed semi-purified diets containing various fish oil: corn oil ratios. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 269, n. 1-4, p. 427-435, Sept. 2007.

HONORATO, C.A., ALMEIDA, L.C., SILVA NUNES, C., CARNEIRO, D.J., MORAES, G. Effects of processing on physical characteristics of diets with distinct levels of carbohydrates and lipids: the outcomes on the growth of pacu (*Piaractus mesopotamicus*). **Aquaculture**, 16, 91-99, 2009.

JÚNIOR, J.E.L. et al. Caracterização físico-química de subprodutos obtidos do processamento de frutas tropicais visando seu aproveitamento na alimentação animal. **Revista Ciência Agronômica**, v.37, n.1, p.70-76, 2006.

KAVITHA, C. et al. Toxicity of Moringa oleifera seed extract on some hematological and biochemical profiles in a freshwater fish, *Cyprinus carpio*. **Experimental and Toxicologic Pathology**, Hannover, v. 64, n. 7–8, p. 681-687, Nov. 2012.

KJOLBERG, O.; MANNERS, D.J. & WRIGHT, A. (1963). The molecular structure of some gly. **Comp. Biochem. Physiol.**, 8: 353-365.

KROGDAHL, Å.; BAKKE-McKELLEP, A.M.; BAEVERFJORD, G. Effects of graded levels of standard soybean meal on intestinal structure, mucosal enzyme activities, and pancreatic response in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). **Aquaculture Nutrition**, Oxford, v. 9, p. 361-371, 2003.

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

LAZZARI, R.; RADÜNZ NETO, J.; PEDRON, F.A.; LORO, V.L.; PRETTO, A.; GIODA, C.R. Protein sources and digestive enzyme activities in jundiá (*Rhamdia quelen*). **Scientia Agricola**, Piracicaba, n. 67, p. 259-266, 2010.

LIMA, M. R. Avaliação de Resíduos de frutas nas Rações de Tilápia do Nilo. Recife. 2010. 61f. **Dissertação** (Mestrado em Zootecnia). Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife – PE, 2010.

LIMA, M.R.; LUDKE, M.C.M.M.; PORTO-NETO, F.F.; PINTO, B.W.C.; TORRES, T.R.; SOUZA, E.J.O. Farelo de resíduo de manga para tilápia do Nilo. **Acta Scientiarum**, v.33, n.1, p. 65-71, 2011.

LIMA, M. R.; LUDKE, M.C.M.M. Utilização de ingredientes energéticos pela tilápia do Nilo. **Revista Eletrônica Nutritime**, v.08, n.2, p.1418-1430, 2011a.

LIN, H. et al. Effects of Fasting and Feeding Various Diets on Hepatic Lipogenic Enzyme Activities in Coho Salmon (*Oncorhynchus kisutch* (Walbaum)). **The Journal of Nutrition**, Bethesda, v. 107, n. 8, p. 1477-1483, Aug. 1977.

LITI, D.M., MUGO, R.M., MUNGUTI, J.M., WAIDBACHER, H. Growth and economic performance of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) fed on three brans (maize, wheat and rice) in fertilized ponds. **Aquaculture Nutrition**, 12, 239-245, 2006.

LÓPEZ, C.M.; SAMPAIO, E.V. Sobrevivência e crescimento larval do pacamã *Lophiosilurus alexandri* Steindachner, 1876 (Siluriformes, Pimelodidae), em função de três densidades de estocagem em laboratório. **Acta Scientiarum**, v.22, p.491-494, 2000.

LUNDSTEDT, L.M.; MELO, J.F.B.; MORAES, G. Digestive enzymes and metabolic profile of *Pseudoplatystoma corruscans* (Teleostei: Siluriformes) in response to diet composition. **Comparative Biochemistry Physiology**, New York, v. 137B, p. 331-339, 2004.

LUZ, R.K.; SANTOS, J.C.E. dos. Densidade de estocagem e salinidade da água na larvicultura do pacamã. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.43,

p.903-909, 2008.

MELO, J.F.B. Digestão e metabolismo de jundiá *Rhamdia quelen* submetido a diferentes regimes alimentares. **Tese** 2004. 80p. (Doutorado em Ciências Fisiológicas) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2004.

MELO, J.F.B.; ROSAS, L.M.S.; SOUZA, R.C.; QUEIROZ, A.C.S.; FIGUEIREDO, R.A.C.R.; CAMPECHE, D.F.B.; CAMPOS, R.M.L.; SOUZA, A.M. Glucose tolerance of tambaqui and pacamã produced in the semiarid region of Brazil. IV Simpósio internacional de Nutrição e Saúde de peixes – **Aquanutri**. Anais... 2011.

MELO, J. F. B., SEABRA, A.G.L., SOUZA, S.A., SOUZA, R.C., FIGUEIREDO, R.A.C.R. Substituição do farelo de milho pela farinha de manga no desempenho da tilápia-do-nilo. **Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia**, 64, 177-182, 2012.

MEURER, F.; OLIVEIRA, S. T. L.; DOS SANTOS, L.; OLIVEIRA, J. S.; COLPINI, LEDA M. S. Níveis de oferta de alimento vivo para alevinos de pacamã (*Lophiosilurus alexandri*). **Revista brasileira de ciências agrárias, no prelo**. 2010.

MOMMSEN, T.P.; PLISETSKAYA, E.M. Insulin in fishes and agnathans: history, structure and metabolic regulation. **Reviews in Aquatic Sciences**, v. 4, p. 225–259, 1991.

MORO, G.V.; CAMILO, R.Y.; MORAES, G.; FRACALLOSSI, D.M. Dietary non-protein energy sources: growth, digestive enzyme activities and nutrient utilization by the catfish jundiá, *Rhamdia quelen*. **Aquaculture Research**, Oxford, v. 41, p. 394–400, 2010.

MUNÕZ-RAMÍREZ, A.P. 2005. Utilização de carboidratos digestíveis em dietas para o pacu (*Piaractus mesopotamicus*). Jaboticabal. 116f. **Tese** (Doutorado), Universidade Estadual Paulista - Centro de Aquicultura da Unesp – CAUNESP. Jaboticabal, SP.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of fish and shrimp**. Washington: The National Academic Press, 2011.

NOGUEIRA-FILHO. 2012. Banana in natura na alimentação de alevinos de tilápia-do-nilo *oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758), como fonte de carboidrato na ração e no processamento de produto. pp.60. **Dissertação**. Programa de Pós-graduação em Ciência Animal – Univasf, Petrolina.

OLIVA-TELES, A.; GOUVEIA, A.; GOMES, E.; REMA, P. The effect of different processing treatments on soybean meal utilization by rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 124, p. 343-349, 1994.

PIEDRAS, S. R. N.; POUHEY, J. L. O. F.; MORAES, P. R. R.; RODRIGUES, F. V. Resposta De Alevinos De Jundiá (*Rhamdia* Sp.) Alimentados Com Diferentes Níveis De Proteína Bruta E Energia Digestível. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 12, p. 217-220, 2006.

PINTO, N. A. V. D.; CARVALHO, V.D.; CORRÊA, A.D.; RIOS, A.O. Avaliação de fatores antinutricionais das folhas de taioba (*Xanthosoma sagittifolium* Schoot). **Ciência Agrotecnológica**, Lavras, v. 25, p. 601-604, 2001.

PLAGNES-JUAN, E. et al. Insulin regulates the expression of several metabolism-related genes in the liver and primary hepatocytes of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **The Journal of Experimental Biology**, Edinburgh, v. 211, n. 15, p. 2510-2518, Aug. 2008.

RIBEIRO, P. A. P. Efeito de fontes de ácidos graxos na dieta e da redução da temperatura sobre o metabolismo lipídico de tilápias nilóticas (*Oreochromis niloticus*) e truta arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*). 2007. 162 p. **Tese** (Doutorado em Nutrição de Monogástrico). Departamento de Zootecnia, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2007.

ROCHA, C.M.C.; RESENDE, E.K.; ROUTLEDGE, E.A.B.; LUNDSTEDT, L.M. Avanços na pesquisa e no desenvolvimento da aquicultura brasileira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.48, n.8, p.iv-vi, ago. 2013.

ROIZEN, M. F.; PUMA, J. L. **A dieta da idade verdadeira**. Rio de Janeiro: Campus, 328 p. 2001.

SANTOS, E. L.; LUDKE, M. C. M. M.; BARBOSA, J. M.; RABELLO, C. B. V.; LUDKE, J. V.; WINTERLE, W. M. C.; SILVA, E. G. Níveis de farelo de coco em rações para alevinos de tilápia do Nilo. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 10, n. 2, p. 390-397, 2009.

SANTOS, E.L. Avaliação do farelo de coco e do farelo do resíduo de goiaba na alimentação de tilápia-do-Nilo. Recife, 2007. 70 f. **Dissertação** (Mestrado em Zootecnia). Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, PE, 2007.

SANTOS, J.C.E. DOS; LUZ, R.K. Effect of salinity and prey concentrations on *Pseudoplatystoma corruscans*, *Prochilodus costatus* and *Lophiosilurus alexandri* larviculture. **Aquaculture**, v.287, p.324-328, 2009.

SANTOS, R.C.; OLIVEIRA, G.B. Um estudo sobre o cultivo de frutas como alternativa de desenvolvimento do submédio São Francisco. **Rev. Fac. Santa Cruz.** 7, 31-47, 2009.

SATO, Y.; SAMPAIO, E.V. A ictiofauna na região do alto São Francisco, com ênfase no reservatório de Três Marias, Minas Gerais. In: NOGUEIRA, M.G.; HENRY, R.; JORCIN, A. (Eds.) **Ecologia de reservatórios: impactos potenciais, ações de manejo e sistemas em cascata.** São Carlos: RiMa, 2005. p.251-274.

SATO, Y; FENERICH-VERANI, N.; GODINHO, H.P. Reprodução induzida de peixes da bacia do São Francisco. In: GODINHO, H.P.; GODINHO, A.L. (Eds.) **Águas e peixes e pescadores do São Francisco das Minas Gerais.** Belo Horizonte: PUC Minas. 2003. p.275-290.

SIDONIO, L.; CAVALCANTI, I.; CAPANEMA, L.; MORCH, R.; MAGALHÃES, G.; LIMA, J.; BURNS, V.; ALVES JÚNIOR, A.J.; MUNGIOLI, R. **Panorama da aquicultura no Brasil: desafios e oportunidades.** BNDES Setorial, v.35, p.421-463, 2012.

SIGRIST, J. M. M. Perdas pós-colheita de frutas e hortaliças. In: Cereda, M. P., Sanches, L. Manual de armazenamento e embalagem - produtos agropecuários. Botucatu: **Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais.** pp. 1-12, 1993.

SILVA, E.P. Composição físico-química e valores energéticos dos resíduos de goiaba e tomate para frangos de corte de crescimento lento1 **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.6, p.1051-1058, 2009.

SILVA, G.G.; DINIZ, R.G.; SILVA, M.E. Avaliação química do mamão papaia (*Carica papaya* L.) Em diferentes estádios de maturação. **Revista Capixaba de Ciência e Tecnologia, Vitória**, n. 3, p.1-7, 2. sem.2007.

SOUZA, A.M.; MELO, J.F.B.; FIGUEIREDO, R.A.C.R.; CAMPECHE, D.F.B.; SOUZA, R.C.; QUEIROZ, A.C.S.; ROSAS, L.M.S.; CAMPOS, R.M.L. Glucose tolerance of some fish of commercial interest in Brazil semiarid. IV Simpósio internacional de Nutrição e Saúde de peixes – Aqanutri, FMVZ, UNESP, Botucatu. SP. **Anais...** 2011.

SOUZA, R.C. 2012. Farinha de manga na alimentação de alevinos de tilápia do Nilo como fonte de carboidrato na ração e elaboração de hambúrguer. pp.73. **Dissertação.** Programa de Pós-graduação em Ciência Animal – Univasf, Petrolina.

SOUZA, R.C., MELO, J.F.B., NOGUEIRA FILHO, R.M., CAMPECHE, D.F.B., FIGUEIREDO, R.A.C.R. Influencia da farinha de manga no crescimento e composição corporal da tilápia do nilo. **Archivos de Zootecnia**, 62, 217-225, 2013.

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

TENÓRIO, R. A., Aspectos da biologia reprodutiva do niquim *Lophiosilurus alexandri* Steindachner, 1876 (Actinopterygii, Pimelodidae) e crescimento da progênie em diferentes condições ambientais. 2003. **Dissertação** (Mestrado) – Universidade Federal Rural de Pernambuco. Recife, Pernambuco. 73p.

TRAVASSOS, H. Nótula sobre o pacamã, *Lophiosilurus alexandri* Steindachner, 1876. **Atas Societ Biology**, v.4, p.1-2, 1959.

WILSON, R. P. Utilization of dietary carbohydrate by fish. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 124, n. 1–4, p. 67-80, July 1994. WRIGHT, J.R. et al. GLUT-4 deficiency and absolute peripheral resistance to insulin in the teleost fish tilapia. **General and Comparative Endocrinology**, v.111, p.20-27, 1998.

#### 4. ARTIGO 1

---

### **Utilização de subproduto da goiaba em dietas para juvenis de pacamãs, *lophiosilurus alexandri***

Anderson M. Souza <sup>a</sup>, Daniela F. B. Campeche <sup>b</sup>, Rozzano A. C. R. Figueiredo <sup>c</sup>, José F. B. Melo, <sup>a,\*</sup>

<sup>a</sup> Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF)

Rodovia BR 407, km 12 - Lote 543

Projeto de Irrigação Senador Nilo Coelho, s/n “C1”,

CEP: 56300-990

Petrolina, PE, Brasil

\* Corresponding author

e-mail: melojfb@yahoo.com.br

+55 0xx (87) 2101-4845

<sup>b</sup> Embrapa Semiárido (CPATSA) - Rodovia BR-428, Km 152, Zona Rural - Caixa Postal 23

CEP: 56302-970 - Petrolina, PE

Fone: +55(87) 3866-3600

<sup>c</sup> Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e Parnaíba (CODEVASF)

3º SR. Perímetro Irrigado S/N – Projeto Bebedouro

CEP: 56300-000

Petrolina, PE, Brasil.

**RESUMO**

46  
47 Objetivou-se no presente estudo avaliar o efeito da substituição do farelo de milho pela  
48 farinha de goiaba sobre o desempenho, metabolismo e atividade de enzimas digestivas em  
49 pacamãs. Foram testadas quatro dietas com diferentes concentrações de farinha de goiaba 0,  
50 33, 66, e 100% em substituição ao milho. O período de alimentação foi de 45 dias, e a taxa de  
51 arraçamento foi de 8% da biomassa. Foram utilizados 160 juvenis de pacamãs, com peso  
52 médio inicial de 16,29g, distribuídos em 16 caixas de 1000L, em um sistema de recirculação  
53 de água com biofiltro. Ao final do experimento, foram avaliados parâmetros de desempenho  
54 zootécnico, perfil metabólico e enzimático digestivo. O nível de substituição de 66% do milho  
55 pela goiaba alteraram as variáveis de desempenho, com exceção da sobrevivência ( $P<0,05$ ).  
56 Os valores das variáveis do perfil metabólico foram alterados ( $P<0,05$ ). As atividades das  
57 enzimas digestivas tiveram influencia da substituição do milho pela goiaba, com redução de  
58 atividades da amilase e protease alcalina inespecífica e aumento de atividade da lipase  
59 ( $P<0,05$ ). O farelo de milho em substituição a farinha de goiaba pode ser utilizada em até 66%  
60 em dietas para juvenis de pacamãs sem prejudicar o desempenho, metabolismo e atividades  
61 de enzimas digestivas.

62 **Palavras-chaves:** carboidratos, desempenho, enzimas, metabolismo  
63  
64  
65  
66  
67  
68  
69  
70  
71  
72  
73  
74  
75  
76  
77

## 78 1. Introdução

79  
80 No Brasil existe deficiência de técnicas modernas e adequadas no manuseio do transporte  
81 e estocagem de frutas, associadas à alta perecibilidade. A falta de pessoal treinado e de  
82 infraestrutura para seu processamento e preservação, tem gerado perda em torno de 30% da  
83 produção e, em alguns casos, um excesso de 50% (Argaiz et al., 1993).

84 O vale do São Francisco se destaca como uma das regiões mais produtoras e exportadoras  
85 de frutas no Brasil, com destaque para a goiaba, que possui aproximadamente 20 mil hectares  
86 plantados (Santos e Oliveira, 2009), entretanto há um índice elevado de perdas, que pode  
87 chegar entre 20 e 40% (Sigrist, 1993).

88 Uma opção para substituir alimentos com fins energéticos nas dietas dos peixes são os  
89 ingredientes oriundos da fruticultura, por serem ricos em carboidratos (Enes et al., 2011). Os  
90 carboidratos são importantes fontes energéticas quando comparado às proteínas pelo seu  
91 baixo custo (Liti et al., 2006), entretanto, os peixes possuem capacidade limitada na utilização  
92 deste nutriente, que depende do tipo e hábito alimentar do animal, porém quando utilizados  
93 em níveis adequados, pode poupar o uso da proteína para o crescimento (Honorato et al.,  
94 2009).

95 Em peixes, as funções biológicas e o metabolismo dos carboidratos parecem ser bastante  
96 específicos, sendo considerados controversos na nutrição destes organismos. Sua utilização  
97 pode afetar o uso de outros componentes da dieta (Hemre et al., 2002), entretanto seu baixo  
98 custo e disponibilidade tem encorajado diversas pesquisas para maior eficácia na utilização  
99 (Muñoz-Ramirez, 2005).

100 Vários ingredientes regionais vêm sendo estudados e incluídos em dietas para peixes,  
101 visando reduzir custos na alimentação, entre eles farelo de licuri (Campeche et al., 2014),  
102 farelo de coco (Santos et al., 2009), farelo do resíduo de manga (Melo et al., 2012; Souza et  
103 al., 2013; Lima et al., 2011), folhas de mandioca, vagem de algaroba (Jesus et al., 2011),  
104 resíduo de café (Pimenta et al., 2011).

105 Entre as fontes alternativas, pode ser utilizada a goiaba na forma de farinha. Entre as  
106 frutas tropicais, a goiaba (*Pisidiumguajava*, L.) apresenta maior expressão econômica no  
107 mercado brasileiro e internacional, e seus resíduos e descartes podem ser uma nova alternativa  
108 na alimentação dos peixes devido a sua composição de nutrientes. Esta fruta pode apresentar  
109 entre 36 e 58g de carboidratos por 100g do fruto (Gondim et al., 2005).

110 Estes ingredientes não devem competir com a alimentação humana e que sejam  
111 preferencialmente subproduto ou resíduos do cultivo vegetal (Teixeira et al., 2006). Agregar

112 valor aos resíduos, subprodutos ou coprodutos provenientes seja da indústria processadora de  
113 frutas, exportações, pós-colheitas, rejeitos de feiras livres ou supermercados podem  
114 representar ganhos econômicos, ambientais, tanto para produtores como piscicultores.

115 O pacamã (*Lophiosilurus alexandri*), é uma espécie endêmica da bacia do rio São  
116 Francisco, destaca-se entre os bagres de maior interesse para aquicultura por apresentar carne  
117 com excelente sabor e poucos ossos, além de ser utilizada em programas de repovoamento em  
118 reservatórios (Luz et al., 2011), visto que já foi considerada ameaçada de extinção no Estado  
119 de Minas Gerais (Lins et al., 1997). Assim, estudos acerca do pacamã são importantes em  
120 função de garantir sua preservação e também possibilitar sua utilização em criações  
121 comerciais.

122 Diante deste contexto, objetivou-se avaliar nesse estudo o desempenho zootécnico,  
123 respostas metabólicas e atividade de enzimas digestivas em pacamãs, alimentados com rações  
124 contendo níveis crescentes de farinha de goiaba em substituição ao milho.

125

## 126 **2. Material e Métodos**

127

### 128 *2.1. Preparação e controle do sistema*

129

130 Foram utilizados 160 juvenis de pacamãs, com peso médio inicial de  $16,29 \pm 1,50$ g. Os  
131 peixes foram distribuídos em 16 caixas d'água de 1000L, sendo 10 peixes por unidade  
132 experimental. As unidades experimentais foram constituídas de um sistema fechado com  
133 recirculação de água acoplada a um biofiltro. Diariamente foram realizadas sifonagens na  
134 proporção de 20% do volume para retirada de fezes e sobra de rações das caixas. Os  
135 parâmetros de qualidade de água foram monitorados três vezes por semana, com exceção da  
136 temperatura, que foi aferida diariamente.

137

### 138 *2.2. Confeção, formulação e avaliação das dietas experimentais*

139

140 Foram formuladas quatro dietas experimentais de acordo com as exigências nutricionais  
141 da espécie (Souza et al., 2013; Figueiredo, 2011) ilustradas na (Tabela 1). Foram avaliadas as  
142 dietas utilizando a farinha de goiaba em substituição ao farelo de milho nas proporções (0, 33,  
143 66 e 100%) em quatro repetições. A goiaba utilizada no experimento foi a *Pisidium guajava*,  
144 a qual é a mais cultivada na região do Vale do São Francisco.

145

146

147 **Tabela 1**

148 Formulação e composição bromatológica das dietas experimentais.

Ingredientes	Porcentagem de inclusão da farinha de goiaba			
	0%	33%	66%	100%
Farinha de peixe	40,41	40,41	40,41	40,41
Farelo de soja	15,58	15,58	15,58	15,58
Farinha de vísceras	9,35	9,35	9,35	9,35
Farelo de milho	30,00	20,00	10,00	-
Farinha de goiaba	-	10,00	20,00	30,00
DL-metionina	0,60	0,60	0,60	0,60
Óleo de Soja	1,52	1,52	1,52	1,52
Premix <sup>1</sup>	2,00	2,00	2,00	2,00
Sal	0,50	0,50	0,50	0,50
Vit.C <sup>2</sup>	0,05	0,05	0,05	0,05
BHT <sup>3</sup>	0,01	0,01	0,01	0,01
<i>Composição bromatológica (matéria seca)<sup>4</sup></i>				
PB (%)	37,19	36,63	35,76	35,21
EB (Kcal/kg <sup>-1</sup> )	3876	3894	3954	4029
EE (%)	13,29	13,43	13,31	13,55
FB (%)	4,93	6,53	8,23	9,89
MS (%)	94,15	93,14	92,76	93,81
MM (%)	20,81	18,85	19,57	19,87

149 **1. Premix min. e vit.** (*mineral and vitamin mix*) (Supremais, Campinas-SP): Composição por quilo de produto (*composition per kg the*  
150 *product*): Vit. A = 1.200.000 UI; vit. D3 = 200.000 UI; vit. E = 12.000 mg; vit. K3 = 2400 mg; vit. B1 = 4800 mg; vit. B2 = 4800 mg; vit. B6  
151 = 4000 mg; vit. B12 = 4800 mg; ác. fólico (*folic acid*) = 1200 mg; pantotenato de cálcio (*calcium pantothenate*) = 12.000 mg; vit. C = 48.000  
152 mg; biotina (*biotin*) = 48 mg; colina (*choline*) = 65.000 mg; ácido nicotínico (*nicotinic acid*) = 24.000 mg; Fe = 10.000 g; Cu = 600 mg; Mn  
153 = 4000 mg; Zn = 6000 mg; I = 20 mg; Co = 2 mg e Se = 20 mg. **2. Vit. C** (BASF, São Paulo-SP): sal cálcica 2-monofosfato de ácido  
154 ascórbico, 42% de princípio ativo. **3. BHT**: Butil hidroxi tolueno.

155 **4. PB** - Proteína bruta; **EB**: - Energia bruta; **EE** - Extrato etéreo; **FB** - Fibra Bruta; **MM** - Matéria mineral; **MS** - Matéria seca.  
156  
157

158 As rações foram secas em estufa de ventilação forçada a 55°C até 24h. Foram coletadas  
159 amostras das dietas e da farinha de goiaba para avaliação bromatológica. Para a elaboração da  
160 farinha de goiaba, foram utilizadas frutas de descarte, e foram desprezadas as cascas. Estas  
161 foram colhidas, lavadas, após isso, cortadas em pedaços pequenos, colocadas em estufa a 55°  
162 C, até que obteve-se o ponto de serem moídas, em média 24 horas.

163 Todos os ingredientes foram moídos em um moinho de faca com peneira 0,5mm, em  
164 seguida misturados até apresentar-se homogêneo. Para a peletização das dietas, utilizou-se um  
165 processador de carne, tipo moedor. Para elaboração das rações experimentais foram usados  
166 aproximadamente 30% de água para a peletização.

167

168 *2.3. Manejo alimentar e desempenho zootécnico*

169  
 170 Os peixes foram alimentados duas vezes ao dia, às 8h e às 17h. A quantidade de ração  
 171 ofertada diariamente foi de 8% do peso corporal, sendo corrigidos a cada quinze dias, quando  
 172 foram realizadas as biometrias. O desempenho zootécnico dos juvenis de pacamãs em cada  
 173 parcela experimental foi analisado através dos seguintes parâmetros:

174

175  $\text{Peso médio final (PMF, g)} = \text{Peso final} - \text{Peso inicial}$

176  $\text{Ganho de peso médio (GPM, g)} = \text{Peso médio final} - \text{Peso médio inicial}$

177  $\text{Taxa de crescimento específico (TCE, \%)} = \left( \frac{\ln(\text{Pf}) - \ln(\text{Pi})}{t} \right) \times 100$

178  $\text{Consumo total de ração aparente (CTRA, g)} = \frac{\text{Total de ração consumida (g)}}{\text{Número de peixes por repetição}}$

179  $\text{Conversão alimentar aparente (CAA)} = \frac{\text{Consumo de ração (g)}}{\text{Ganho em peso (g)}}$

180  $\text{Sobrevivência (S, \%)} = \frac{(\text{n}^\circ \text{ final de peixes})}{(\text{n}^\circ \text{ inicial de peixes})} \times 100.$

181  $\ln$  = logaritmo neperiano

182  $\text{Pf}$  = peso final

183  $\text{Pi}$  = peso inicial

184

#### 185 *2.4. Coleta de material biológico e determinação do perfil metabólico*

186

187 Ao final do período experimental foram amostrados 10 animais de cada tratamento para  
 188 coleta de sangue através de punção do vaso caudal, com seringas heparinizadas. Os peixes  
 189 antes de eutanasiados foram anestesiados com benzocaína ( $1\text{g}/10\text{L}^{-1}$ ) e após foram coletados  
 190 sangue, fígado e intestinos.

191 Para a análise dos metabólitos utilizou-se sangue na determinação da glicemia através de  
 192 glicosímetro (Accu-Chek<sup>®</sup>) em seguida obteve-se o plasma através de centrifugação a 5.000 x  
 193 rpm por 5 minutos. Logo, todo material biológico foi estocado a  $-20^\circ\text{C}$ . No plasma foram  
 194 aferidos os triglicérides, proteínas totais, albumina sérica e colesterol total (mg/dL) segundo  
 195 métodos colorimétricos dos reagentes (Labtest<sup>®</sup>). Os aminoácidos totais livres foram  
 196 determinados segundo Copley (1941). Foram retirados os fígados para determinação do  
 197 glicogênio hepático ( $\text{nmol.g}^{-1}$ ) segundo Bidinotto et al., (1997).

198

#### 199 *2.5. Determinação da atividade de enzimas digestivas*

200

201 Para determinação de atividades das enzimas digestivas, os tecidos foram  
 202 homogeneizados em tampão (10 mM fosfato / 20 mM tris-pH 7,0) durante 10 minutos ( $4^\circ\text{C}$ ),

203 utilizando um homogeneizador (Marconi). Os sobrenadantes foram utilizados nos ensaios  
204 enzimáticos.

205 A atividade de amilase foi estimada segundo o método proposto por Bernfeld (1955)  
206 modificado por Hidalgo et al., (1999). Em 1,0ml de solução de amido em tampão Tris 0,1M  
207 (pH 7,0), contendo NaCl 0,02M, foi adicionado volume adequado de homogeneizado celular,  
208 sendo a mistura da reação incubada por 40 minutos a 25°C. Decorrido o tempo de reação, foi  
209 adicionado 250µl de ácido tricloro acético (TCA) 15%, sendo a mistura da reação  
210 centrifugada a 3000 x g por 2 minutos. No sobrenadante foi estimada a concentração de  
211 glicose pelo método de Park-Johnson (1949).

212 Na determinação da atividade proteolítica alcalina foi utilizada solução de caseína 1 %  
213 como substrato da reação. A mistura de incubação foi composta de 250 - 400 µl de azocaseína  
214 1 %, tampão Tris/HCl 0.1 M (pH 8.0). Após a incubação da mistura por 30 minutos à 35 °C, a  
215 reação foi interrompida pela adição de 1.0 ml de TCA 15 %, depois foi centrifugada a 1.800  
216 g por 10 minutos (Walter, 1984). Foi utilizada tirosina como padrão e a unidade de atividade  
217 enzimática será definida como a quantidade de enzima necessária para catalisar a formação de  
218 1µg de tirosina por minuto.

219 A atividade de lipase não específica foi determinada segundo método descrito por  
220 Gawlicka et al. (2000). A reação era incubada a 35 °C em meio contendo 0,4 mM p-nitrofenil  
221 meristato em solução tampão 24 mM de bicarbonato de amônio pH 7.8 e 0,5% Triton X-100.  
222 Após 30 minutos, as reações eram interrompidas pela adição de NaOH 25 mM. A leitura em  
223 espectrofotômetro foi realizada a 405 nm.

224

## 225 *2.6 Análise estatística*

226

227 As análises estatísticas foram realizadas utilizando o programa estatístico ASSISTAT  
228 Versão 7.5. Todos os dados foram testados a normalidade e homogeneidade pelo teste de  
229 Kolmogorov-Smirnov, em seguida submetidos à ANOVA pelo teste de Tukey para dados de  
230 desempenho e teste T não paramétrico para dados metabólicos e enzimas com nível de  
231 significância de 5%. Foram aplicados testes de regressão para variáveis metabólicas que  
232 apresentaram significância (P<0,05).

233

## 234 **3.0 Resultados e discussão**

235

### 236 *3.1 Paramentos de qualidade de água*

237

238 Durante o experimento os parâmetros analisados de qualidade de água foram monitorados  
 239 e estiveram adequados a criação de peixes tropicais conforme (Urbinati e Gonçalves, 2005). A  
 240 temperatura média da água das unidades experimentais foi  $27\pm 1,62$  °C, oxigênio dissolvido  
 241 de  $6,85\pm 0,98$  mg/L<sup>-1</sup> e pH  $7,9\pm 0,65$ . Não houve nenhuma mortalidade.

### 242 243 3.2 Variáveis de desempenho

244 Os resultados de desempenho relativo aos diferentes tratamentos avaliados estão descritos  
 245 na (Tabela 3). O desempenho apresentou diferença significativa na maioria dos parâmetros  
 246 analisados, com exceção do peso médio inicial e sobrevivência ( $P>0,05$ ).  
 247

248

#### 249 **Tabela 2**

250 Valores médios das variáveis de desempenho de pacamãs alimentados com diferentes  
 251 concentrações da farinha de goiaba em substituição ao milho.

Variáveis de Desempenho <sup>1</sup>	Porcentagem de inclusão da farinha de goiaba				CV (%)
	0%	33%	66%	100%	
PMI (g)*	16,04	16,90	16,87	16,61	8,33
PMF (g)	32,40 <sup>a</sup>	29,63 <sup>ab</sup>	30,02 <sup>ab</sup>	27,02 <sup>b</sup>	5,54
GPM (g)	16,29 <sup>a</sup>	13,52 <sup>ab</sup>	13,91 <sup>ab</sup>	10,91 <sup>b</sup>	12,08
GPMD (g)	0,36 <sup>a</sup>	0,30 <sup>ab</sup>	0,31 <sup>ab</sup>	0,24 <sup>b</sup>	12,08
TCE (%) dia	1,55 <sup>a</sup>	1,35 <sup>ab</sup>	1,38 <sup>ab</sup>	1,15 <sup>b</sup>	9,23
CTRA (g)	51,94 <sup>a</sup>	47,16 <sup>ab</sup>	47,62 <sup>ab</sup>	44,23 <sup>b</sup>	5,34
CAA	2,82 <sup>b</sup>	3,51 <sup>ab</sup>	3,31 <sup>ab</sup>	4,24 <sup>a</sup>	13,50
S (%)*	100	100	100	100	-

252 <sup>1</sup>PMI: peso médio inicial; PMF: peso médio final; GPM: ganho de peso médio; GPMD: ganho de peso médio diário; TCE: taxa de  
 253 crescimento específico; CTRA: consumo total de ração aparente; CAA: conversão alimentar aparente; S: sobrevivência.

254 \*Letras diferentes na mesma linha indicam diferença significativa ( $P<0,05$ ).  
 255

256 Os resultados das variáveis de desempenho mostram que o pacamã utiliza de forma  
 257 satisfatória para o crescimento, os nutrientes das rações contendo em até 66% de substituição  
 258 do milho pela farinha de goiaba. Foi observado que os peixes submetidos aos tratamentos 0,  
 259 33 e 66% apresentaram valores significativamente maiores para as variáveis de desempenho,  
 260 quando comparados aos peixes alimentados com dietas contendo 100% de substituição do  
 261 milho pela farinha de goiaba. Pode-se explicar este fato pelo maior consumo de ração dos  
 262 peixes nos tratamentos 0, 33 e 66% (Tabela 2). Jesus et al. (2011) observaram os mesmos  
 263 resultados obtidos no presente estudo.

264 Os resultados do presente trabalho corroboram com resultados obtidos por Nwanna et al.  
 265 (2014), ao testar diferentes níveis de inclusão do farelo de banana com casca em substituição

266 ao milho em dietas para catfish Africano. Essa espécie obteve maior desempenho corporal  
267 quando alimentados com a dieta com 60% de milho e 40% de banana. Este dado assemelha-se  
268 a espécie do presente estudo, por apresentar hábito alimentar carnívoro. No entanto, a  
269 literatura apresenta em maiores números, publicações em termos de alimentos alternativos  
270 para peixes onívoros (Campeche et al., 2014; Pimenta et al., 2011; Santos et al., 2009), e  
271 espécies de maior interesse comercial.

272 Melo et al. (2012) ao testar a substituição do farelo de milho pela farinha de manga sem  
273 casca em dietas para tilápias, não observaram diferenças significativas ( $P>0,05$ ), nas variáveis  
274 de desempenho. No entanto, a substituição 100% do milho pela farinha de goiaba, mostrou  
275 redução nas variáveis de desempenho em pacamãs ( $P>0,05$ ). Este fato pode ter ocorrido  
276 possivelmente devido a troca total das fontes de açúcares nas dietas, uma vez que, o farelo  
277 milho tem predominância de amido, diferentemente da farinha de goiaba, com valores  
278 expressos em frutose, sacarose e ácido galacturônico (Santos, 2011).

279 Nos estudos realizados por Rawles e Lochmann (2003), o uso de dietas com amido  
280 contendo maior proporção de amilose (30% e 70%) melhorou a utilização dos carboidratos  
281 obtendo maior ganho de peso em *sunshine bass* (*Morone chrysops* x *M. saxatilis*). Cui et al.  
282 (2010) utilizaram fontes mais complexas, como dextrina e amido de milho, e obtiveram maior  
283 crescimento do bagre do canal (*Ictalurus punctatus*) quando comparadas com glicose,  
284 maltose, frutose e sacarose. Enes et al. (2011) compararam a utilização de amido e da glicose  
285 no híbrido de tilápia (*Oreochromis niloticus* x *O. aureus*) e encontraram melhor utilização do  
286 amido de milho para o crescimento. Dados demonstram a prevalência do amido, quando  
287 comparado com outros açúcares em dietas para peixes.

288

### 289 3.3 Respostas metabólicas

290

291 Os valores médios das variáveis metabólicas estudadas estão descritos na (Tabela 3). A  
292 substituição do farelo de milho pela farinha de goiaba em dietas para pacamã alterou os  
293 parâmetros metabólicos ( $P<0,05$ ), com redução do colesterol, triglicérides, proteínas totais,  
294 albumina e aminoácidos plasmáticos, com aumento da glicemia plasmática e glicogênio  
295 hepático (Fig. 1).

296

297 As alterações da glicemia podem ocorrer pela modificação dos alimentos e nutrientes das  
298 dietas em peixes. No presente estudo a glicemia apresentou maiores concentrações nos peixes  
299 alimentados com maiores níveis de farinha de goiaba em substituição ao milho (Fig. 1A).  
Souza (2012) ao estudar a inclusão da farinha de manga em tilápias obteve o mesmo efeito,

300 linear ao incluir 100% da farinha de manga. Este efeito pode estar relacionado ao tipo e  
 301 utilização do açúcar presente na fonte de carboidrato utilizado. Quando os carboidratos  
 302 absorvidos não são utilizados para fins energéticos podem ser depositados no fígado como  
 303 glicogênio ou convertido a lipídios

304

### 305 **Tabela 3**

306 Valores médios das variáveis metabólicas de pacamãs alimentados com diferentes  
 307 concentrações de farinha de goiaba em substituição ao milho.

Variáveis	Porcentagem de inclusão da farinha de goiaba				CV (%)
	0%	33%	66%	100%	
<i>Sangue</i>					
GL <sup>1</sup> (mg/dL)*	22,07 <sup>b</sup>	25,33 <sup>b</sup>	23,96 <sup>b</sup>	40,06 <sup>a</sup>	23,69
<i>Fígado</i>					
GH <sup>7</sup> (µmoles glicose/ g tecido)*	20,92 <sup>b</sup>	21,25 <sup>b</sup>	35,35 <sup>a</sup>	37,64 <sup>a</sup>	26,41
<i>Plasma</i>					
COL <sup>2</sup> (mg/dL)*	165,55 <sup>a</sup>	105,67 <sup>ab</sup>	110,17 <sup>ab</sup>	67,17 <sup>b</sup>	42,87
TG <sup>3</sup> (mg/dL)*	409,60 <sup>a</sup>	282,33 <sup>ab</sup>	314,99 <sup>ab</sup>	227,70 <sup>b</sup>	40,69
ALB <sup>4</sup> (g/dL)*	1,93 <sup>a</sup>	1,24 <sup>b</sup>	1,48 <sup>ab</sup>	1,01 <sup>b</sup>	40,08
PT <sup>6</sup> (g/dL)*	4,35 <sup>a</sup>	3,38 <sup>ab</sup>	3,49 <sup>ab</sup>	2,14 <sup>b</sup>	34,32
AAT <sup>5</sup> (nmoles/ml)*	40,79 <sup>a</sup>	17,27 <sup>b</sup>	15,09 <sup>b</sup>	7,54 <sup>b</sup>	43,22

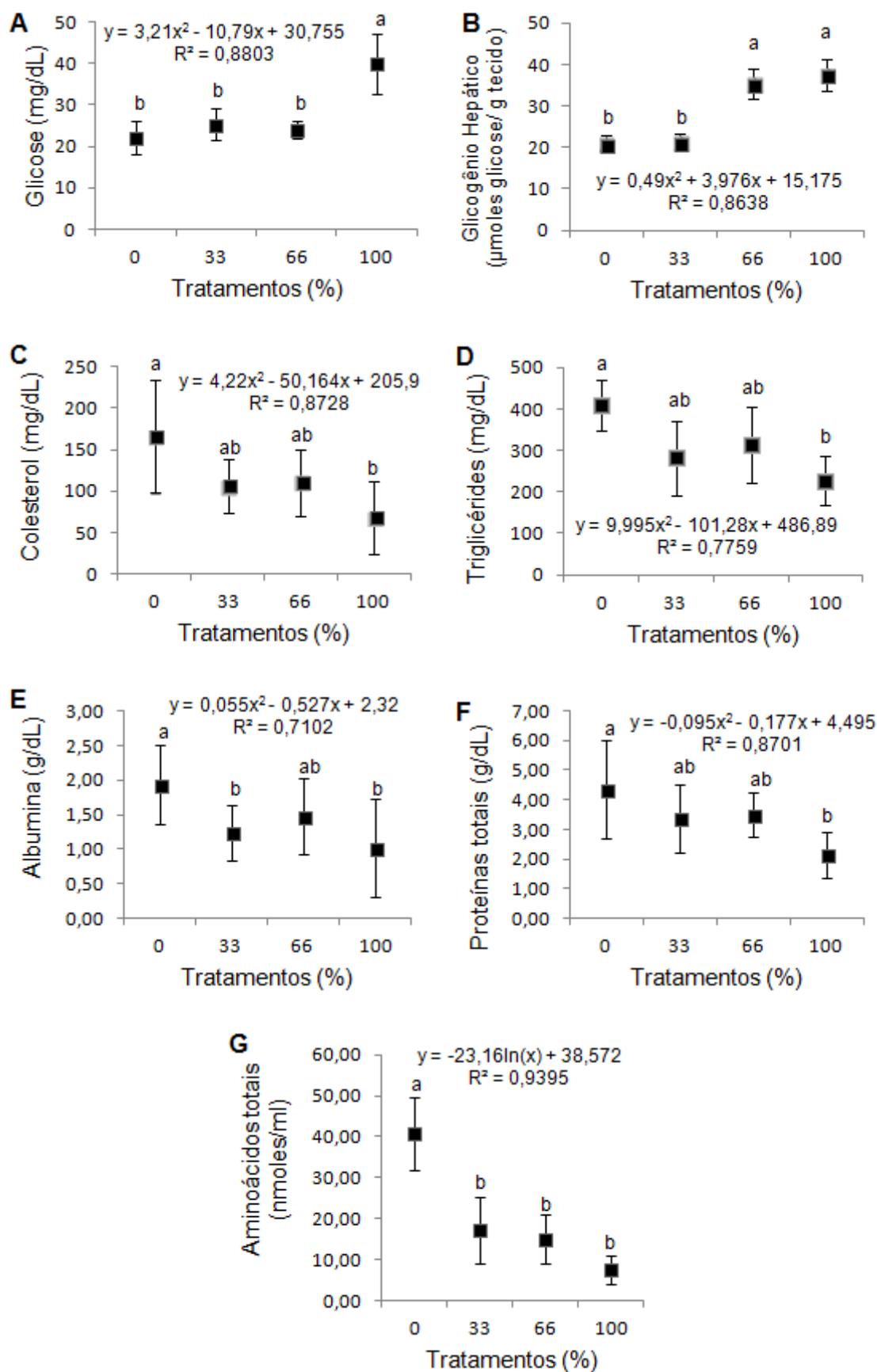
308 1- Glicemia; 2- Colesterol; 3- Triglicérides; 4- Albumina; 5- Aminoácidos totais; 6- Proteínas totais; 7- Glicogênio hepático.

309 \*Valores médios acompanhados de letras iguais na mesma linha não diferem entre si pelo teste de Tukey (p>0,05).

310

311 As concentrações de glicogênio hepático foram elevadas a partir da substituição do milho  
 312 pela goiaba, o GH seguiu o mesmo crescimento linear da glicose plasmática. Este fato explica  
 313 a ocorrência de glicogênese, pela disponibilidade de glicose sanguínea livre, levando a síntese  
 314 de glicogênio no fígado a parti de glicose (Fig. 1B). Figueiredo et al. (2014) ao diminuírem a  
 315 relação PB:CHO, obtiveram maior concentração de glicogênio hepático em dietas para  
 316 pacamãs, fato ocorrido pela maior disponibilidade de carboidratos presentes.

317 Os peixes realizam a manutenção dos níveis glicêmicos, através de rotas metabólicas  
 318 alternativas, utilizando substratos como proteína e lipídeos no processo denominado  
 319 gliconeogênese. Este mantém os níveis circulantes de glicose e transferem energia a partir de  
 320 aminoácidos e triglicerídeos (Tacon, 1989). No presente estudo verificou-se que alguns  
 321 metabólitos possam ter contribuído para manter a glicemia, principalmente os aminoácidos  
 322 totais livres para uso na gliconeogênese e os triglicerídeos para produzirem energia (Fig. 1).



323

324

325

326

327

328

**Fig. 1.** Perfil metabólico de pacamãs alimentados com diferentes concentrações de farinha de goiaba em substituição ao milho.

329 As reduções das concentrações de aminoácidos totais livres plasmáticos refletem em sua  
330 possível utilização. Em estudo realizado por Figueiredo et al. (2014) a redução dos níveis de  
331 aminoácidos livres plasmáticos e o aumento na atividade de transaminases no fígado de  
332 pacamãs foi o indicativo do uso destes como fonte de energia.

333 As concentrações de triglicerídeos plasmáticos foram reduzidas pela substituição do  
334 milho pela goiaba (Fig. 1D). Esta redução dos triglicerídeos do pacamã no tratamento 100%  
335 indica que a demanda metabólica nos tecidos não foi suprida, sendo os triglicerídeos usados  
336 para fins compensatórios de energia.

337 Foram verificadas concentrações menores de colesterol plasmáticos nos peixes  
338 alimentados com 100% de substituição (Fig. 1C). Este fato explica que houve uma  
339 modificação na sua estrutura, devido à ineficiência de peixes ósseos em quebrar moléculas de  
340 colesterol (Schneedorf, 2005). Essa modificação ocorreu pelo aumento da atividade da enzima  
341 lipase, ao aumentar a substituição do milho pela goiaba (Tabela 4).

342 As concentrações de proteínas e albumina totais plasmática apresentaram diferença  
343 significativa entre os tratamentos ( $P < 0,05$ ). Houve redução nas concentrações de proteína e  
344 albumina (Fig.1). As proteínas totais e albumina plasmática podem apresentar-se em baixas  
345 concentrações em dietas com baixo aporte proteico e também podem ser indicativas do estado  
346 nutricional dos peixes (Pádua et al., 2009).

347 A redução das concentrações de proteínas e albumina totais pela substituição gradativa do  
348 milho pela goiaba pode estar associada à baixa disponibilidade de nutriente no trato  
349 digestório, principalmente aminoácidos, fato este ocorrido, pela redução da atividade  
350 enzimática da protease alcalina (Fig. 2). Pádua et al. (2009) relataram que a hipoalbuminemia  
351 tem efeitos no estado nutricional a partir da deficiência de ingestão proteica ou enfermidades  
352 que afetam a síntese de albumina. Santos et al. (2010) avaliaram o desempenho e respostas  
353 fisiológicas de tambaquis alimentados com teores crescentes de farinha de castanha da  
354 Amazônia, não observaram alterações nas concentrações de proteínas plasmáticas.

355

#### 356 *3.4 Atividade de enzimas digestivas*

357

358 As atividades das enzimas digestivas estão descritas na (Tabela 4). Estas apresentaram  
359 diferenças significativas ( $P < 0,05$ ) entre os tratamentos, e variam conforme a quantidade e  
360 qualidade dos alimentos. Os peixes apresentam capacidade de adequação e adaptação dos seus  
361 processos digestivos (Lin e Luo, 2011). No presente estudo, observou-se redução nas  
362 atividades das enzimas amilase e protease alcalina inespecífica e aumento da lipase.

363 A digestão de carboidratos é normalmente desconsiderada em peixes carnívoros e a  
 364 amilase não é considerada fundamental no processo digestivo, embora trabalhos relatem a  
 365 presença desta atividade (Fracalossi e Cyrino 2013). Vários fatores que podem ter  
 366 influenciado a redução da atividade da amilase, entre eles a diminuição da quantidade de  
 367 amido contido nas dietas, a qual é estimulada pela sua hidrólise (Costa et al., 2011). Outro  
 368 fator, pode ser em decorrência da redução do consumo de ração, onde as enzimas digestivas  
 369 são induzidas pelo tipo, quantidade e frequência de alimentos oferecidos (Moura et al., 2007).  
 370

#### 371 **Tabela 4**

372 Valores médios das atividades de enzimas digestivas de pacamãs alimentados com diferentes  
 373 concentrações de farinha de goiaba em substituição ao milho.

Atividade Enzimática <sup>1</sup>	Porcentagem de inclusão do farelo de goiaba				CV (%)
	0%	33%	66%	100%	
<i>Intestino total</i>					
Amilase	6,24 <sup>a</sup>	4,39 <sup>b</sup>	4,43 <sup>b</sup>	4,54 <sup>b</sup>	20,26
Lipase	5,67 <sup>b</sup>	5,41 <sup>b</sup>	8,78 <sup>a</sup>	8,51 <sup>a</sup>	22,49
Protease alcalina <sup>2</sup>	2,49 <sup>a</sup>	2,23 <sup>a</sup>	2,09 <sup>a</sup>	1,56 <sup>b</sup>	30,78

374 <sup>1</sup>Atividade em (UI / mg de proteína).

375 <sup>2</sup> Enzima Inespecífica.

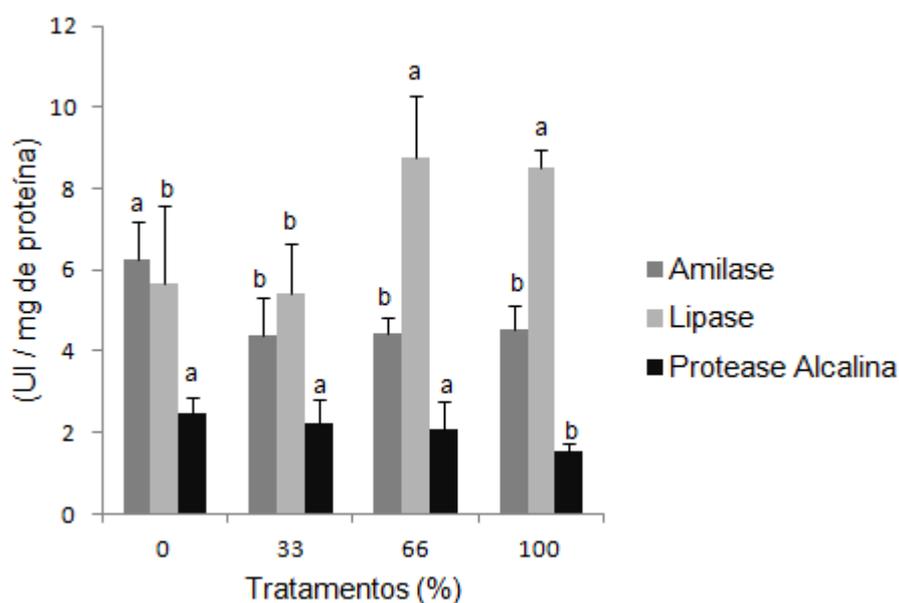
376 \*Letras diferentes na mesma linha indicam diferença significativa (P<0,05).

377

378 O perfil observado dessas enzimas digestivas indica que seu potencial hidrolítico é  
 379 variável (Fig. 2). Existe uma atividade proteolítica que é máxima em 0 % de substituição da  
 380 goiaba pelo milho, o qual obtinha ligeiramente maior quantidade de proteína na dieta (Tabela  
 381 1). A redução da atividade bem como a manutenção da atividade das proteases inespecíficas  
 382 no intestino pode ser atribuída a diferentes fatores. Primeiro pode ter ocorrido pela presença  
 383 de inibidores, onde houve aumento da farinha de goiaba, conseqüentemente redução das  
 384 atividades das enzimas. A presença de compostos fenólicos como os taninos, quando  
 385 incorporados às rações ou usados como alimento suplementar diminuem o desempenho dos  
 386 peixes (Iha et al., 2008). Na goiabeira a presença de tanino já foi constatada, alcança valores  
 387 de 15,98% na fruta integral (Trugillo et al., 1997).

388 Essas substâncias podem causar mudanças relacionadas ao comportamento fisiológico do  
 389 peixe como perda do apetite, diminuição do desempenho produtivo, menor utilização do  
 390 alimento, inibindo a ação de enzimas digestivas, alterações histopatológicas nos tecidos e até  
 391 a morte, quando o consumo for prolongado (Leenhouders et al., 2007).

392 Outro fator que pode ter contribuído para a redução da atividade das proteases alcalinas  
 393 inespecíficas, e o aumento de substrato dentro do trato digestório. Também pode estar  
 394 relacionado ao tempo de passagem dos nutrientes, visto que a inibição da atividade destas  
 395 enzimas não alterou o crescimento dos peixes em até 66% de substituição do milho pela  
 396 goiaba (Fig. 2).  
 397



398  
 399 **Fig. 02.** Perfil enzimático de pacamãs alimentados com diferentes  
 400 concentrações de farinha de goiaba em substituição ao milho.  
 401

402 Observou-se aumento de atividade da lipase no trato digestório, a partir da substituição  
 403 do milho pela goiaba. Este fato pode ter ocorrido devido a uma pequena diminuição de  
 404 proteína nas dietas com 66 e 100% de substituição, onde pode ter favorecido os sítios de  
 405 ligação das enzimas. Este fato pode ser explicado pelo aumento relativo dos teores de  
 406 carboidratos derivados da goiaba. Analisando desta forma, poderíamos entender que estas  
 407 enzimas apresentam um caráter indutivo. Moura (2011) afirma que a lipase tem função muito  
 408 importante, esta pode potencializar a digestão dos lipídios, disponibilizando energia de  
 409 natureza não proteica e causando o efeito poupador da proteína para fins energéticos.

410 O conteúdo e o tipo de lipídio parece também ser bastante importante na dieta do pacamã,  
 411 onde assume que peixes, principalmente carnívoros, consomem alimentos ricos em gorduras  
 412 de origem vegetal. Neste sentido, a ocorrência de atividade da lipase no trato digestório do  
 413 pacamã é plenamente justificada.

414  
 415

#### 416 4. Conclusão

417  
 418 O farelo de milho pode ser substituído pela farinha de goiaba em até 66% em dietas para  
 419 juvenis de pacamãs sem prejuízo no desempenho, na digestão e no metabolismo dos peixes.  
 420 Considerando as variações testadas nas dietas, podemos admitir que, um perfeito ajustes nos  
 421 níveis poderão otimizar o potencial de crescimento do pacamã.

#### 422 Referências

- 425 Argaiz, A., Vergara, F., Welti, J., López-Malo, A., 1993. Durazano conservado por factores  
 426 combinados. Bol. Intern. Divulg. 1, 22-30.
- 427 Bernfeld, P., 1955. Amylases  $\alpha$  e  $\beta$ : colorimetric assay method. In: Colowich, S.P.; Kaplan,  
 428 N. O. Methods in Enzymology (Eds). New York: Academic Press pp.149 – 154.
- 429 Bidinnoto, P.M., Souza, R.H.S., Moraes, G., 1998. Hepatic glycogen in eight tropical  
 430 freshwater teleost fish: A procedure for field determinations of microsamples. Bol. Tec.  
 431 CEPTA. 10, 53-60.
- 432 Campeche, D.F.B., Melo, J.F.B., Balzana, L., R.C. Souza., R.A.C.R. Figueiredo., 2014.  
 433 Farelo de licuri em dietas para alevinos de tambaqui (*Colossoma Macropomum*, Cuvier,  
 434 1818). Arq. Bras. Med. Vet. Zootec. 66, 539-545.
- 435 Copley, N. G., 1941. Alloxan and ninhydrin test. Analyst 66, 492 – 493.
- 436 Costa, M.L. Radünz Neto, J. Lazzari, R. Veiverberg,C.A., Sutili,F.J., Loro,V.L., 2011.  
 437 Enzimas digestivas de juvenis de carpa capim alimentados com forragem e ração. Arch.  
 438 Zootec. 60, 563-570.
- 439 Cui, X.P., Zhou, Q.P., Liang, H.O., Yang, J., Zhao, L.M., 2010. Effects of dietary  
 440 carbohydrate sources on the growth performance and hepatic carbohydrate metabolic  
 441 enzyme activities of juvenile cobia (*Rachycentron canadum* Linnaeus.). Aquaculture  
 442 Research 42, 99-107.
- 443 Enes, P., Panserat, S., Kaushik, S. and Oliva-Teles, A., 2011. Dietary carbohydrate utilization  
 444 by European sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.) and gilthead sea bream (*Sparus aurata* L.)  
 445 juveniles. Fish Sci. 19, 201-215.
- 446 Figueiredo, R. A. C. R., 2011. Avaliação da relação proteína:carboidrato na dieta de juvenis  
 447 de pacamã, *lophiosilurus alexandri* steindachner, 1877 (pisces:siluriformes) pp.68.  
 448 Dissertação. Programa de Pós-graduação em Ciência Animal – UNIVASF, Petrolina.
- 449 Figueiredo, R.A.C.R., Souza, R.C., Bezerra, K.S., Campeche, D.F.B., Campos, R.M.L.,  
 450 Souza, A.M., Melo, J.F.B., 2014. Relação proteína:carboidrato no desempenho e  
 451 metabolismo de juvenis de pacamã (*Lophiosilurus alexandri*). Arq. Bras. Med. Vet.  
 452 Zootec. 66, 1567-1576.
- 453 Fracalossi, D.M., Cyrino, J.E.P., 2013. Nutriaqua - Nutrição e alimentação de espéciesde  
 454 interesse para a aquicultura brasileira. (Ed.). Florianópolis : Sociedade Brasileira de  
 455 Aquicultura e Biologia Aquática.

- 456 Gawlicka, A., Parent, B., Horn, H.M., Ross, N., Opstad, I., Torrissen, J. 2000. Activity of  
457 digestive enzymes in yolk-sac larvae of Atlantic halibut (*Hippoglossu hippoglossus*):  
458 indication of readiness for first feeding. *Aquaculture* 184, 303-314.
- 459 Gondim, J. A. M. 2005. Composição centesimal e de minerais em cascas de frutas. In:  
460 *Ciência Tecnologia em Alimentação*. pp. 825-827.
- 461 Hemre, G.I., Mommsen, T.P., Krogdahl, A., 2002. Carbohydrates in fish nutrition: effects on  
462 growth, glucose metabolism and hepatic enzymes. *Aquacult. Nutr.* 8, 175–194
- 463 Hidalgo, M.C., Urea, E. and Sanz, A. 1999. Comparative study of digestive enzymes in fish  
464 with different nutritional habits. Proteolytic and amylase activities. *Aquaculture* 170, 267-  
465 283.
- 466 Honorato, C.A., Almeida, L.C., Silva Nunes, C., Carneiro, D.J., Moraes, G., 2009. Effects of  
467 processing on physical characteristics of diets with distinct levels of carbohydrates and  
468 lipids: the outcomes on the growth of pacu (*Piaractus mesopotamicus*). *Aquaculture* 16,  
469 91-99.
- 470 Iha, S.M.; Migliato, K.F.; Velloso, J.C.R., 2008. Estudo fitoquímico de goiaba (*Psidium*  
471 *guajava* L.) com potencial antioxidante para o desenvolvimento de formulação  
472 fitocosmética. *Rev Bras Farmacogn.* 18, 387-393.
- 473 Jesus, L.S.F.; Azevedo, R.V.; Carvalho, J.S.O., Braga, L.G.T., 2011. Farelos da vagem da  
474 algaroba e da folha da mandioca em rações para juvenis de tilápia do Nilo mantidos em  
475 água salobra. *Ver. Bras. Saúde Prod. Anim.* 12, 1116-1125.
- 476 Leenhouders, J.I.; Ter Veld, M.; Verreth, J.A.J.; Schrama, J.W., 2007. Digesta  
477 characteristics and performance of African catfish (*Clarias gariepinus*) fed cereal grains  
478 that differ in viscosity. *Aquaculture* 264, 330-341.
- 479 Lima, M.R., Ludke, M.C.M.M., Porto-Neto, F.F., Pinto, B.W.C., Torres, T.R., Souza, E.J.O.,  
480 2011. Farelo de resíduo de manga para tilápia do Nilo. *Acta Scient.* 33, 65-71.
- 481 Lin, S., Luo, L., 2011. Effects of dietary levels of soybean meal inclusion in replacement for  
482 fish meal on growth, digestive enzymes and transaminase activities in practical diets for  
483 juvenile tilapia, (*Oreochromis niloticus* x *O. aureus*). *Ani. F. S. and Tec.* 168, 80-87.
- 484 Lins, L.V., Machado, A.B.M., Costa, C.M.R., Hermann, G., 1997. Roteiro metodológico para  
485 elaboração de listas de espécies ameaçadas de extinção: contendo a lista oficial de fauna  
486 ameaçada de Minas Gerais. Belo Horizonte: Fundação Biodiversitas. pp.55.
- 487 Liti, D.M., Mugo, R.M., Munguti, J.M., Waidbacher, H., 2006. Growth and economic  
488 performance of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) fed on three brans (maize, wheat  
489 and rice) in fertilized ponds. *Aquac Nutr.* 12, 239-245.
- 490 Luz, R.K., Santos, J.C.E., Pedreira, M.M., Teixeira, E.A., 2011. Effect of water flow rate and  
491 feed training on “pacamã” (Siluriforme: Pseudopimelodidae) juvenile production. *Arquivo*  
492 *Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia* 63, 973-979.
- 493 Melo, J. F. B., Seabra, A.G.L., Souza, S.A., Souza, R.C., Figueiredo, R.A.C.R., 2012.  
494 Substituição do farelo de milho pela farinha de manga no desempenho da tilápia-do-nilo.  
495 *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.* 64, 177-182.
- 496 Moura, G.S. 2011. Uso do complexo enzimático Solid State Fermentation (SSF) em rações  
497 para tilápia do nilo. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Viçosa. Minas Gerais, 63  
498 pp.

- 499 Moura, G.S., Oliveira, M.G.A., Lanna, E.T.A., Júnior, A.M., Maciel, C.M.R.R., 2007.  
500 Desempenho e atividade de amilase em tilápias-do-nilo submetidas a diferentes  
501 temperaturas. *Pesq. Agropec. Bras.* 42, 1609-1615.
- 502 Muñoz-Ramírez, A.P. 2005. Utilização de carboidratos digestíveis em dietas para o pacu  
503 (*Piaractus mesopotamicus*). Jaboticabal. 116f. Tese (Doutorado), Universidade Estadual  
504 Paulista - Centro de Aquicultura da Unesp – CAUNESP. Jaboticabal, SP.
- 505 Nwanna, L. C., Ogundowole, O. E., Nwanna, E. E., 2014. Use of Plantain ( *Musa paradisiaca*)  
506 Peels in Low Cost Diets for Enhancement of Growth and Carcass Quality of African  
507 Catfish. *Journal of Applied Aquaculture* 26, 1-10.
- 508 Pádua, D.M.C.; Silva, P.C.; Pádua, J.T.; Urbinati, E.C., 2009. Respostas fisiológicas do pacu  
509 (*Piaractus mesopotamicus*), alimentado com rama de mandioca. *C. A. Bras.* 10, 385-396.
- 510 Park, J. T.; Johnson, M. J., 1949. Submicro determination of glucose. *J. Biol. Chem.* 249, 149  
511 – 151.
- 512 Pimenta, C.J., Oliveira, M.M., Ferreira, L.O., Pimenta, M.E.S.G., Logato, P.V.R., Leal, R.S.,  
513 Murgas, L.D.S., 2011. Aproveitamento do resíduo do café na alimentação de tilápia do  
514 nilo. *Arch Zootec.* 60, 583-593.
- 515 Rawles, S.; Lochmann, R., 2003. Effects of amylopectin/amylose starch ratio on growth, body  
516 composition and glycemic response of sunshine bass (*Morone chrysops* x *M. saxatilis*). *J.*  
517 *World Aquac. Soc.* 34, 278-288.
- 518 Santos, C.X. 2011. Caracterização físico-química e análise da composição química da polpa  
519 de goiaba e mamão oriunda de resíduos agroindustriais. 61f. Dissertação, Universidade  
520 Estadual do Sudoeste da Bahia – UESB. Itapetinga, BA.
- 521 Santos, E. L. 2009. Avaliação do farelo de coco e do farelo do resíduo de goiaba na  
522 alimentação de tilápia-do-nilo. 70f. Dissertação - Universidade Federal Rural de  
523 Pernambuco, Recife-PE.
- 524 Santos, G.M., Alexandre, A., Coe, H.H.G., 2010. The Phytolith14C puzzle: a tale of  
525 background determinations and accuracy tests. *Radiocarbon* 52, 113-128.
- 526 Santos, R.C., Oliveira, G.B., 2009. Um estudo sobre o cultivo de frutas como alternativa de  
527 desenvolvimento do submédio São Francisco. *Rev. Fac. Santa Cruz.* 7, 31-47.
- 528 Schneedorf, J.M., 2005. Bioquímica em agropecuária. Alfenas: Ciência Brasilis, pp.225.
- 529 Sigrist, J. M. M. 1993. Perdas pós-colheita de frutas e hortaliças. In: Cereda, M. P., Sanches,  
530 L. Manual de armazenamento e embalagem - produtos agropecuários. Botucatu: Fundação  
531 de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais. pp. 1-12.
- 532 Souza, R.C. 2012. Farinha de manga na alimentação de alevinos de tilápia do Nilo como fonte  
533 de carboidrato na ração e elaboração de hambúrguer. pp.73. Dissertação. Programa de Pós-  
534 graduação em Ciência Animal – Univasf, Petrolina.
- 535 Souza, R.C., Melo, J.F.B., Nogueira Filho, R.M., Campeche, D.F.B., Figueiredo, R.A.C.R.,  
536 2013. Influencia da farinha de manga no crescimento e composição corporal da tilápia do  
537 nilo. *Arch. Zootec.* 62, 217-225.
- 538 Tacon, A.G.J., 1989. Nutrición y alimentación de peces y camarones cultivados – Manual de  
539 Capacitación. Brasília: FAO, pp.136.
- 540 Teixeira, E.A., Crepaldi, D.V., Faria, P.M.C., Ribeiro, L.P., Melo, D.C., Euler, A.C.C.,  
541 Saliba, E.O.S. 2006. Substituição de farinha de peixes em rações para peixes. *Rev. Bras.*  
542 *Reprod. Anim.* 30, 118-125.

- 543 Trugillho, P.F.; Caixeta, R.P.; Lima, J.T; Mendes, L.M., 1997. Avaliação do conteúdo em  
544 taninos condensados de algumas espécies do cerrado mineiro. Rev. Cerne. 3, pp.186.
- 545 Urbinati, E.C., Gonçalves, F.D., 2005. Pacu (*Piaractus mesopotamicus*). In: Baldisseroto, B.;  
546 Gomes, L.C. (Ed.). Espécies nativas para piscicultura no Brasil. Santa Maria: Universidade  
547 Federal de Santa Maria. pp. 225-256.
- 548 Walter, H.E., 1984. Proteinases: Methods with hemoglobin, casein and azocoll as  
549 substrates. In Bergmeyer, H.U.(Ed.). Methods of enzymatic Analysis, vol. V.  
550 Verlag Chemie, Weinheim, pp. 270- 277.
- 551
- 552

## 5. ARTIGO 2

---

### **Fonte de carboidrato alternativa sobre o desempenho corporal, perfil metabólico e atividade de enzimas digestivas em pacamãs (*lophosilurus alexandri*)**

[*Alternative carbohydrate source on body performance, metabolic profile and activity of digestive enzymes in pacamãs (lophosilurus alexandri)*]

A.M. Souza<sup>1\*</sup>, T.S. Almeida<sup>2</sup>, D.F.B. Campeche<sup>3</sup>, E. M. Souza<sup>1</sup>, J.F.B. Melo<sup>2</sup>

<sup>1</sup>UFBA – Escola de Medicina Veterinária e Zootecnia – Salvador-BA

\*E-mail: anderson\_zootecnia@yahoo.com.br

<sup>2</sup>UNIVASF - Universidade Federal do Vale do São Francisco - Petrolina-PE

<sup>3</sup>CPATSA - Embrapa Semiárido - Petrolina-PE

### **RESUMO**

Avaliou-se nessa pesquisa o efeito da substituição do farelo de milho pela farinha de mamão sobre o desempenho, metabolismo e atividade de enzimas digestivas em juvenis de pacamãs. Foram testadas quatro dietas com diferentes concentrações de farinha de mamão 0, 33, 66, e 100% em substituição ao milho. O período de alimentação foi de 45 dias, e a taxa de arraçamento foi de 8% da biomassa. Foram utilizados 96 juvenis de pacamãs, com peso médio inicial de 16,61g, distribuídos em 16 caixas de 500L, em um sistema de recirculação de água com biofiltro. Ao final do experimento, foram avaliados parâmetros de desempenho zootécnico, perfil metabólico e enzimático digestivo. Os níveis de farinha de mamão em substituição ao milho alteraram a maioria das variáveis de desempenho a partir de 33 % de substituição, com exceção da sobrevivência ( $P < 0,05$ ). Os valores das variáveis do perfil metabólico foram alterados ( $P < 0,05$ ) ao substituir a partir de 33%. As atividades das enzimas digestivas sofreram influencia da substituição do milho pelo mamão, com redução de atividades da amilase e protease alcalina inespecífica e efeito quadrático da atividade de lipase ( $P < 0,05$ ). A substituição do farelo de milho pela farinha de mamão pode ser utilizada em até 33 % em dietas para juvenis de pacamãs sem prejudicar o desempenho, metabolismo e atividades de enzimas digestivas.

Palavras-chaves: farelo de milho, farinha de mamão, metabolismo, digestivo

**ABSTRACT**

41  
42 *It was evaluated in this study the effect of replacing corn meal for papaya flour on*  
43 *performance, metabolism and activity of digestive enzymes in pacamãs juveniles. We tested*  
44 *four diets with different papaya flour concentrations of 0, 33, 66, and 100% replacing corn.*  
45 *The feeding period was 45 days, and the feeding rate was 8% of the biomass. 96 juvenile*  
46 *pacamãs were used, with average weight 16,61g, distributed in 16 500L boxes in a water*  
47 *recirculation system with biofilter. At the end of the experiment were evaluated parameters of*  
48 *production performance, metabolic profile and digestive enzyme. Papaya flour levels*  
49 *replacing corn altered most of the performance variables from 33% replacement, except*  
50 *survival ( $P < 0.05$ ). The values of the variables of the metabolic profile have changed ( $P$*   
51  *$< 0.05$ ) to replace from 33%. The activities of digestive enzymes suffered influence of*  
52 *replacing corn with papaya, down activities of amylase and nonspecific alkaline protease and*  
53 *quadratic effect of lipase activity ( $P < 0.05$ ). Replacing corn meal for papaya flour can be*  
54 *used in up to 33% in diets for juvenile pacamãs without sacrificing performance, metabolism*  
55 *and activity of digestive enzymes.*

56  
57 *Keywords: corn bran, papaya flour, metabolism, digestive*

58

**INTRDOUÇÃO**

59

60  
61 O pacamã *Lophiosilurus alexandri* é um peixe da família *Pseudopimelodidae* (Ordem  
62 Siluriformes), nativo da bacia do rio São Francisco (Shibata, 2003), que apresenta alto valor  
63 de mercado por sua carne sem espinhos intramusculares e pelo sabor apreciado pelo  
64 consumidor. É uma espécie que apresenta hábito alimentar carnívoro, com comportamento  
65 sedentário, desova parcelada e preferência por ambientes lênticos em regiões de fundo de  
66 areia ou de pedras (López e Sampaio, 2000). A literatura sobre a criação de pacamã é escassa.  
67 Por esses motivos, esforços têm sido direcionados, principalmente na sua nutrição, a fim de  
68 desenvolvimento de seu modelo comercial.

69 No cultivo de peixes, um dos problemas é o gasto com a alimentação, que pode chegar  
70 até a 70% dos custos de produção (Jesus *et al.*, 2011). Diante disto, os pesquisadores vêm  
71 tentando buscar alternativas para minimizar este percentual tão elevado, e uma das opções  
72 seria a inclusão de subprodutos para substituir os ingredientes tradicionais. Porém, os  
73 ingredientes alternativos variam de acordo com a região, no Vale do São Francisco existe uma  
74 grande disponibilidade de resíduos de frutas, devido situar-se um excelente pólo frutífero.

75 Dentre as frutas que são produzidas, o mamão (*Carica papaya* L.) é uma das que mais se  
76 destaca.

77 A composição química do mamão é constituída principalmente de água, carboidratos,  
78 ácidos orgânicos, sais minerais, proteínas, vitaminas e pigmentos, possui complexo de  
79 enzimas do grupo papaína, sendo também rica em vitaminas A e C e uma pequena quantidade  
80 de vitaminas do complexo B (Cardello e Cardello, 2008).

81 A produção de frutas destina-se a atender a demanda de frutas frescas. No entanto,  
82 existe uma tendência mundial para o mercado de produtos transformados, como conservas,  
83 sucos, geleias e doces (Lousada Júnior *et al.*, 2006). Após o processamento, cerca de 35 a  
84 60% do peso total da fruta são descartados na forma de resíduo, que inclui cascas e caroços,  
85 cujas proporções variam entre 10 a 30% (Larrauri *et al.*, 1996).

86 Vários ingredientes regionais vêm sendo estudados e incluídos em dietas para peixes,  
87 visando reduzir custos na alimentação, entre eles farelo de licuri (Campeche *et al.*, 2014),  
88 farelo do resíduo de manga (Melo *et al.*, 2012; Lima *et al.*, 2011), folhas de mandioca, vagem  
89 de algaroba (Jesus *et al.*, 2011) e resíduo de café (Pimenta *et al.*, 2011).

90 No entanto, em peixes pouco se sabe sobre, como diferentes fontes de carboidratos  
91 incluídas ou substituídas podem afetar ou não a atividade de enzimas digestivas ou seu  
92 metabolismo, e com auxílio de ferramentas bioquímicas, estas podem predizer respostas, e  
93 realizar todo mapeamento do animal ao substituir ou incluir um novo ingrediente em dietas.

94 Diante deste contexto, objetivou-se avaliar nesse estudo o desempenho zootécnico,  
95 respostas metabólicas e atividade de enzimas digestivas em pacamãs, alimentados com rações  
96 contendo níveis crescentes de farinha de mamão em substituição ao milho.

97

## 98 MATERIAL E MÉTODOS

99

100 Foram utilizados 96 juvenis de pacamãs, com peso médio inicial de 16,61±1,50g. Os  
101 peixes foram distribuídos em 16 caixas d'água de 500L, sendo 6 peixes por unidade  
102 experimental. As unidades experimentais foram constituídas de um sistema fechado com  
103 recirculação de água acoplada a um biofiltro. Diariamente foram realizadas sifonagens na  
104 proporção de 20% do volume para retirada de fezes e sobra de rações das caixas. Os  
105 parâmetros de qualidade de água foram monitorados três vezes por semana, com exceção da  
106 temperatura, que foi aferida diariamente.

107 Foram formuladas quatro dietas experimentais de acordo com as exigências  
108 nutricionais da espécie (Figueiredo, 2011) ilustradas na (Tab. 1). Foram avaliadas as dietas

109 utilizando a farinha de mamão em substituição ao farelo de milho nas proporções (0, 33, 66 e  
 110 100%) em quatro repetições. O mamão utilizado no experimento foi o *Carica papaya*, o qual  
 111 é o mais cultivado na região do Vale do São Francisco.

112

113 Tabela 1. Formulação e composição bromatológica das dietas experimentais.

Ingredientes	Porcentagem de inclusão da farinha de mamão			
	0%	33%	66%	100%
Farinha de peixe	40,41	40,41	40,41	40,41
Farelo de soja	15,58	15,58	15,58	15,58
Farinha de vísceras	9,35	9,35	9,35	9,35
Farelo de milho	30,00	20,00	10,00	-
Farinha de mamão	-	10,00	20,00	30,00
DL-metionina	0,60	0,60	0,60	0,60
Óleo de Soja	1,52	1,52	1,52	1,52
Premix <sup>1</sup>	2,00	2,00	2,00	2,00
Sal	0,50	0,50	0,50	0,50
Vit.C <sup>2</sup>	0,05	0,05	0,05	0,05
BHT <sup>3</sup>	0,01	0,01	0,01	0,01
<b>Composição bromatológica (matéria seca)<sup>4</sup></b>				
PB (%)	36,24	36,72	34,94	33,20
EB (Kcal/kg <sup>-1</sup> )	4193	4129	4041	3943
EE (%)	14,49	13,46	13,23	13,48
FB (%)	4,71	6,83	8,83	9,91
MS (%)	94,17	92,46	91,92	90,20
MM (%)	18,78	19,56	19,80	20,38

114 **1. Premix min. e vit. (mineral and vitamin mix)** (Supremais, Campinas-SP): Composição por quilo de produto  
 115 (*composition per kg the product*): Vit. A = 1.200.000 UI; vit. D3 = 200.000 UI; vit. E = 12.000 mg; vit. K3 =  
 116 2400 mg; vit. B1 = 4800 mg; vit. B2 = 4800 mg; vit. B6 = 4000 mg; vit. B12 = 4800 mg; ác. fólico (*folic acid*) =  
 117 1200 mg; pantotenato de cálcio (*calcium pantothenate*) = 12.000 mg; vit. C = 48.000 mg; biotina (*biotin*) = 48  
 118 mg; colina (*choline*) = 65.000 mg; ácido nicotínico (*nicotinic acid*) = 24.000 mg; Fe = 10.000 g; Cu = 600 mg;  
 119 Mn = 4000 mg; Zn = 6000 mg; I = 20 mg; Co = 2 mg e Se = 20 mg. **2. Vit. C** (BASF, São Paulo-SP): sal cálcica  
 120 2-monofosfato de ácido ascórbico, 42% de princípio ativo. **3. BHT**: Butil hidroxi tolueno.

121 **4. PB** - Proteína bruta; **EB**: - Energia bruta; **EE** - Extrato etéreo; **FB** - Fibra Bruta; **MM** - Matéria mineral; **MS**  
 122 - Matéria seca.

123

124

125 As rações foram secas em estufa de ventilação forçada a 55°C até 24h. Foram  
 126 coletadas amostras das dietas e da farinha de goiaba para avaliação bromatológica. Para a  
 127 elaboração da farinha de mamão, foram utilizadas frutas de descarte, e foram desprezadas as  
 128 cascas. Estas foram colhidas, lavadas, após isso, cortadas em pedaços pequenos, colocadas em  
 129 estufa a 55° C, até que obteve-se o ponto de serem moídas, em média 24 horas. Todos os  
 130 ingredientes foram moídos em um moinho de faca com peneira 0,5mm, em seguida

131 misturados até apresentar-se homogêneo. Para a peletização das dietas, utilizou-se um  
 132 processador de carne, tipo moedor. Para elaboração das rações experimentais foram usados  
 133 aproximadamente 30% de água para a peletização.

134 Os peixes foram alimentados duas vezes ao dia, às 8h e às 17h. A quantidade de ração  
 135 ofertada diariamente foi de 8% do peso corporal, sendo corrigidos a cada quinze dias, quando  
 136 foram realizadas as biometrias. O desempenho zootécnico dos juvenis de pacamãs em cada  
 137 parcela experimental foi analisado através dos seguintes parâmetros:

138  $\text{Peso médio final (PMF, g)} = \text{Peso final} - \text{Peso inicial}$

139  $\text{Ganho de peso médio (GPM, g)} = \text{Peso médio final} - \text{Peso médio inicial}$

140  $\text{Taxa de crescimento específico (TCE, \%)} = \left( \frac{\ln(\text{Pf}) - \ln(\text{Pi})}{t} \right) \times 100$

141  $\text{Consumo total de ração aparente (CTRA, g)} = \frac{\text{Total de ração consumida (g)}}{\text{Número de peixes por repetição}}$

142  $\text{Conversão alimentar aparente (CAA)} = \frac{\text{Consumo de ração (g)}}{\text{Ganho em peso (g)}}$

143  $\text{Sobrevivência (S, \%)} = \frac{(\text{n}^\circ \text{ final de peixes})}{(\text{n}^\circ \text{ inicial de peixes})} \times 100.$

144 ln = logaritmo neperiano

145 Pf = peso final

146 Pi = peso inicial

147

148 Ao final do período experimental foram amostrados 10 animais de cada tratamento  
 149 para coleta de sangue através de punção do vaso caudal, com seringas heparinizadas. Os  
 150 peixes antes de eutanasiados foram anestesiados com benzocaína (1g/10L<sup>-1</sup>) e após foram  
 151 coletados sangue, fígado e intestinos.

152 Para a análise dos metabólitos utilizou-se sangue na determinação da glicemia através  
 153 de glicosímetro (Accu-Chek<sup>®</sup>) em seguida obteve-se o plasma através de centrifugação a  
 154 5.000 x rpm por 5 minutos. Logo, todo material biológico foi estocado a -20°C. No plasma  
 155 foram aferidos os triglicérides, proteínas totais, albumina sérica e colesterol total (mg/dL)  
 156 segundo métodos colorimétricos dos reagentes (Labtest<sup>®</sup>). Os aminoácidos totais livres foram  
 157 determinados segundo Copley (1941). Foram retirados os fígados para determinação do  
 158 glicogênio hepático (nmol.g<sup>-1</sup>.) segundo Bidinotto *et al.*, (1997).

159 Para determinação de atividades das enzimas digestivas, os tecidos foram  
 160 homogeneizados em tampão (10 mM fosfato / 20 mM tris-pH 7,0) durante 10 minutos (4°C),  
 161 utilizando um homogeneizador (Marconi). Os sobrenadantes foram utilizados nos ensaios  
 162 enzimáticos.

163 A atividade de amilase foi estimada segundo o método proposto por Bernfeld (1955)  
 164 modificado por Hidalgo *et al.*, (1999). Em 1,0ml de solução de amido em tampão Tris 0,1M  
 165 (pH 7,0), contendo NaCl 0,02M, foi adicionado volume adequado de homogeneizado celular,

166 sendo a mistura da reação incubada por 40 minutos a 25°C. Decorrido o tempo de reação, foi  
167 adicionado 250µl de ácido tricloro acético (TCA) 15%, sendo a mistura da reação  
168 centrifugada a 3000 x g por 2 minutos. No sobrenadante foi estimada a concentração de  
169 glicose pelo método de Park-Johnson (1949).

170 Na determinação da atividade proteolítica alcalina foi utilizada solução de caseína 1 %  
171 como substrato da reação. A mistura de incubação foi composta de 250 - 400 µl de azocaseína  
172 1 %, tampão Tris/HCl 0.1 M (pH 8.0). Após a incubação da mistura por 30 minutos a 35 °C, a  
173 reação foi interrompida pela adição de 1.0 ml de TCA 15 %, depois foi centrifugada a 1.800 g  
174 por 10 minutos (Walter, 1984). Foi utilizada tirosina como padrão e a unidade de atividade  
175 enzimática será definida como a quantidade de enzima necessária para catalisar a formação de  
176 1µg de tirosina por minuto.

177 A atividade de lipase não-específica foi determinada segundo método descrito por  
178 Gawlicka *et al.* (2000). A reação era incubada a 35 °C em meio contendo 0,4 mM p-nitrofenil  
179 meristato em solução tampão 24 mM de bicarbonato de amônio pH 7.8 e 0,5% Triton X-100.  
180 Após 30 minutos, as reações eram interrompidas pela adição de NaOH 25 mM. A leitura em  
181 espectrofotômetro foi realizada a 405 nm.

182 As análises estatísticas foram realizadas utilizando o programa estatístico R-Br. Todos  
183 os dados foram testados a normalidade e homogeneidade pelo teste de Kolmogorov-Smirnov,  
184 em seguida submetidos ao teste de Tukey com nível de significância de 5%. Foram aplicados  
185 testes de regressão para variáveis metabólicas (P<0,05).

186

## 187 **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

188

189 Durante todo o experimento os parâmetros analisados de qualidade de água foram  
190 monitorados e estiveram adequados a criação de peixes tropicais conforme Urbinati e  
191 Gonçalves (2005). A temperatura média da água das unidades experimentais foi 27±1,82 °C,  
192 oxigênio dissolvido de 5,45±0,78 mg/L<sup>-1</sup> e pH 8,1±0,75. Houve mortalidade no tratamento  
193 0%.

194 Os resultados de desempenho relativo aos diferentes tratamentos avaliados estão  
195 descritos na (Tab. 2). O desempenho apresentou diferença significativa em todos os  
196 parâmetros analisados, com exceção da sobrevivência (P>0,05).

197

198

199 Tabela 2. Valores médios das variáveis de desempenho de pacamãs alimentados com  
 200 diferentes concentrações da farinha de mamão em substituição ao milho.

Variáveis de Desempenho <sup>1</sup>	Porcentagem de inclusão da farinha de mamão				CV (%)
	0%	33%	66%	100%	
PMI (g)*	16,04	16,90	16,87	16,61	10,71
PMF (g)	33,04 <sup>a</sup>	28,57 <sup>ab</sup>	24,53 <sup>b</sup>	24,24 <sup>b</sup>	5,54
GPM (g)	16,17 <sup>a</sup>	11,61 <sup>ab</sup>	7,56 <sup>b</sup>	7,17 <sup>b</sup>	27,28
GPMD (g)	0,36 <sup>a</sup>	0,26 <sup>ab</sup>	0,17 <sup>b</sup>	0,16 <sup>b</sup>	27,28
TCE (%) dia	1,49 <sup>a</sup>	1,13 <sup>ab</sup>	0,81 <sup>b</sup>	0,78 <sup>b</sup>	21,20
CTRA (g)*	41,29	40,16	39,62	38,23	5,34
CAA	2,56 <sup>b</sup>	3,45 <sup>ab</sup>	5,24 <sup>a</sup>	5,33 <sup>a</sup>	27,20
S (%)*	94,33	100	100	100	5,77

201 <sup>1</sup>PMI: peso médio inicial; PMF: peso médio final; GPM: ganho de peso médio; GPMD: ganho de peso médio  
 202 diário; TCE: taxa de crescimento específico; CTRA: consumo total de ração aparente; CAA: conversão  
 203 alimentar aparente; S: sobrevivência.

204 \*Letras diferentes na mesma linha indicam diferença significativa (P<0,05).

205  
 206 Foi observado menor peso final nos animais que se alimentaram com a ração contendo  
 207 66 e 100 % da farinha de mamão como fonte de carboidrato (Tab. 2). Concentrações baixas  
 208 da farinha de mamão em substituição ao milho foram mais eficientes no desempenho dos  
 209 peixes. Resposta semelhante foi obtida por Souza *et al.* (2013) ao utilizarem farinha de manga  
 210 substituindo parcialmente o milho na dieta de tilápias, estes autores observaram redução  
 211 significativa no ganho de peso e consumo de ração à medida que aumentou os níveis da  
 212 farinha de manga, entretanto não observaram efeito no rendimento de carcaça corporal.

213 No entanto, respostas diferentes foram encontradas em espécies de hábito alimentar  
 214 onívoro. Lima *et al.* (2011) incluíram níveis de 0, 5, 10 e 15 % de farelo de resíduo de manga  
 215 na ração de tilápia e não observaram diferença significativa no ganho de peso. O mesmo fato  
 216 ocorreu com níveis de 10 e 20 % de farelos da vagem de algaroba e folha da mandioca para  
 217 tilápias, os quais não alteraram o desempenho (Jesus *et al.*, 2011). Melo *et al.* (2012)  
 218 avaliaram a inclusão de farinha de manga sem cascas substituindo o milho, concluíram que a  
 219 substituição de 100 % do milho pela manga não prejudica o desempenho.

220 Houve queda do desempenho nos tratamentos 66 e 100 % em todas variáveis, este fato  
 221 pode ter ocorrido possivelmente devido à troca total das fontes de açúcares nas dietas, uma  
 222 vez que, o farelo milho tem predominância de amido, diferentemente da farinha de mamão,  
 223 com valores expressos em frutose, sacarose e ácido galacturônico (Santos, 2011). Gatesoupe  
 224 *et al.* (2014) testaram a inclusão de quatro fontes de carboidratos, amilose, amilopectina,  
 225 celulose e sacarose em dietas para juvenis de robalo (*Dicentrarchus labrax*), observaram que

226 ao incluir níveis acima de 25% de sacarose e celulose, tenderam a ter redução nas variáveis de  
227 desempenho.

228 Os valores médios das variáveis metabólicas estudadas estão descritos na (Tab. 3). A  
229 substituição crescente do pelo farelo de milho pela farinha de mamão em dietas para pacamã  
230 alterou os parâmetros metabólicos ( $P < 0,05$ ), com redução do colesterol, proteínas totais,  
231 albumina e aminoácidos plasmáticos, com aumento do glicogênio hepático e variação  
232 quadrática da glicemia e triglicérides (Fig.1).

233 As concentrações de glicemia plasmática foram alteradas ( $P < 0,05$ ), apresentaram  
234 efeito quadrático (Fig. 1A). Não existem valores considerados normais de glicemia para  
235 peixes em geral. Segundo Hemre *et al.* (2012) estes variam em função da espécie, estágios de  
236 vida e regimes alimentares

237  
238 Tabela 3. Valores médios das variáveis metabólicas de pacamãs alimentados com diferentes  
239 concentrações de farinha de mamão em substituição ao milho.

Variáveis Metabólicas	Porcentagem de inclusão da farinha de mamão				CV (%)
	0%	33%	66%	100%	
<i>Sangue</i>					
GL <sup>1</sup> (mg/dL)*	18,69 <sup>b</sup>	22,25 <sup>b</sup>	41,59 <sup>a</sup>	35,84 <sup>a</sup>	25,44
<i>Fígado</i>					
GH <sup>7</sup> (µmoles glicose/ g tecido)*	19,08 <sup>b</sup>	24,41 <sup>b</sup>	42,57 <sup>a</sup>	33,52 <sup>a</sup>	18,85
<i>Plasma</i>					
COL <sup>2</sup> (mg/dL)*	139,76 <sup>a</sup>	67,29 <sup>b</sup>	53,67 <sup>b</sup>	48,08 <sup>b</sup>	24,40
TG <sup>3</sup> (mg/dL)*	387,27 <sup>a</sup>	139,53 <sup>c</sup>	157,78 <sup>bc</sup>	189,71 <sup>b</sup>	25,61
ALB <sup>4</sup> (g/dL)*	1,57 <sup>a</sup>	1,01 <sup>b</sup>	0,49 <sup>c</sup>	0,30 <sup>c</sup>	49,05
PT <sup>6</sup> (g/dL)*	2,72 <sup>a</sup>	2,12 <sup>ab</sup>	1,55 <sup>b</sup>	1,28 <sup>b</sup>	37,17
AAT <sup>5</sup> (nmoles/ml)*	25,28 <sup>a</sup>	19,79 <sup>ab</sup>	15,11 <sup>bc</sup>	11,29 <sup>c</sup>	30,05

240 1- Glicemia; 2- Colesterol; 3- Triglicérides; 4- Albumina; 5- Aminoácidos totais; 6- Proteínas totais; 7-  
241 Glicogênio hepático.

242 \*Valores médios acompanhados de letras iguais na mesma linha não diferem entre si pelo teste de Tukey  
243 ( $P > 0,05$ ).

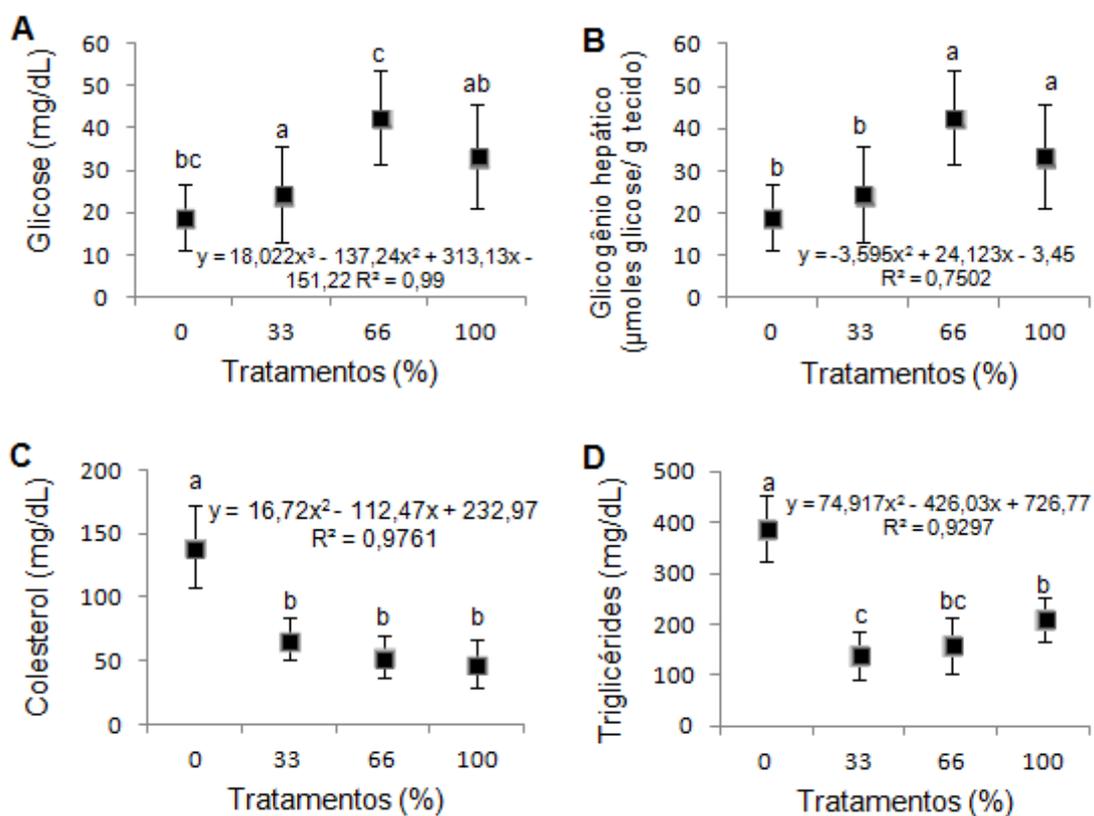
244  
245 Houve maior disponibilidade de glicose sanguínea nas dietas contendo 33 e 100% de  
246 farinha de mamão, na dieta 100% a troca das fontes de carboidratos pode ter contribuído para  
247 o aumento da glicemia ou provavelmente seja devido aos processos gliconeogênicos oriundos  
248 dos aminoácidos os quais apresentaram redução no plasma dos animais (Fig. 1G).

249 As concentrações de glicogênio hepático foram elevadas a partir da substituição do  
250 milho pelo mamão, estes foram afetados pela disponibilidade de glicose livre. Este fato  
251 explica a ocorrência de glicogênese, pela disponibilidade de glicose sanguínea livre, levando a

252 síntese de glicogênio no fígado a parti de glicose (Fig. 1B). Cui *et al.* (2010) ao testar seis  
 253 fontes de carboidratos em dietas para juvenis de cobia (*Rachycentron canadum* L.),  
 254 observaram mesmo indicativo de resposta no seu perfil metabólico, quando comparado os  
 255 tratamentos de amilose e sacarose fornecidos em 20% nas dietas, houve aumento nos níveis  
 256 de glicose sanguínea e glicogênio hepático.

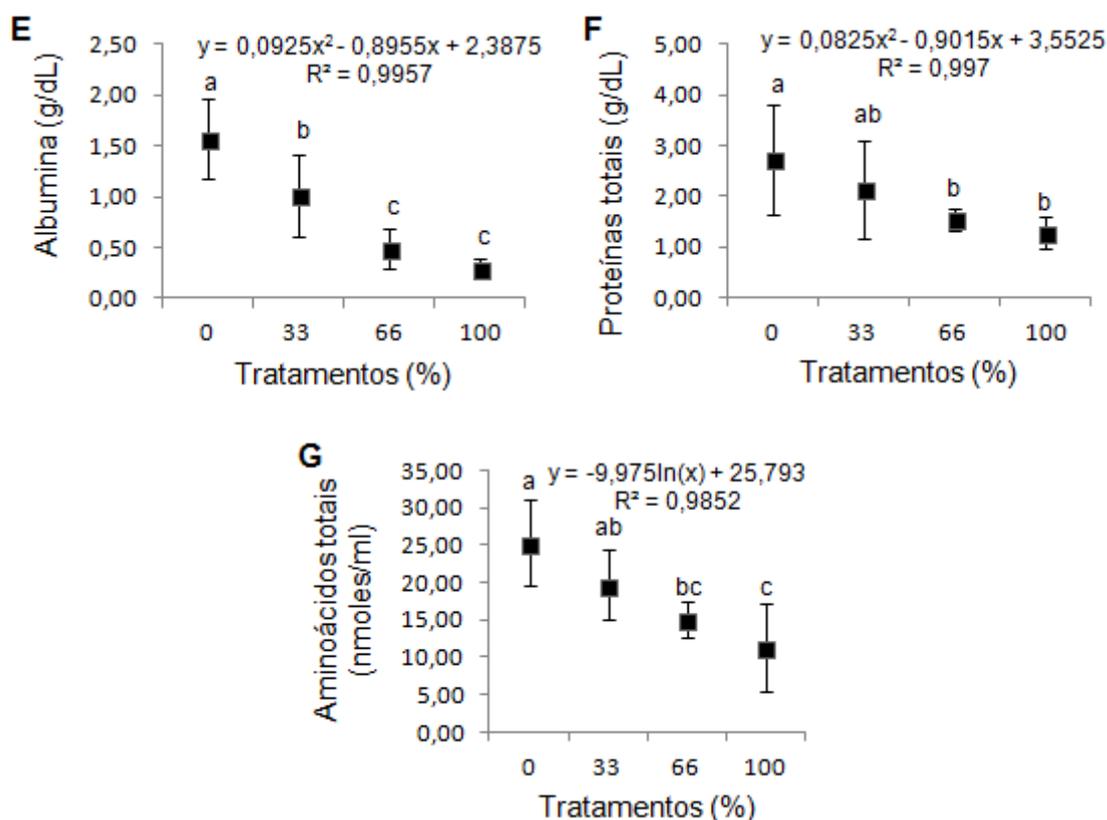
257 Verificou-se concentrações menores de colesterol plasmático nos peixes alimentados  
 258 com 100% de substituição (Fig. 1C). Este fato explica que houve uma modificação na sua  
 259 estrutura, devido à ineficiência de peixes ósseos em quebrar moléculas de colesterol  
 260 (Schneedorf, 2005).

261 As concentrações de triglicerídeos plasmáticos foram reduzidas pela substituição do  
 262 milho pelo mamão (Fig. 1D). Esta redução dos triglicerídeos do pacamã nos tratamentos 33,  
 263 66 e 100% indica que a demanda metabólica nos tecidos não foi suprida, o que deve ter sido  
 264 utilizado para fins compensatórios de energia. Bou *et al.* (2014) testaram diferentes relações  
 265 de carboidratos estruturais (CE):carboidratos não estruturais (CNE) em dietas para dourada  
 266 marinha (*Sparus aurata*), e também observaram redução nos níveis de triglicerídeos ao  
 267 aumentar a relação CE:CNE. O que pode ter ocorrido devido ao aumento parcial da fibra a  
 268 partir da substituição do mamão pelo milho (Tab. 1).



269

270



271

272

273 Figura 01. Perfil metabólico de pacamãs alimentados com diferentes concentrações de farinha  
 274 de mamão em substituição ao milho.

275

276 As concentrações de proteínas totais e albumina plasmática apresentaram diferença  
 277 significativa entre os tratamentos ( $P < 0,05$ ). Houve redução nas concentrações de proteína e  
 278 albumina (Fig. 1). Cui *et al.* (2010) ao testar diferentes fontes de carboidratos em dietas para  
 279 juvenis de cobia (*Rachycentron canadum* L.), não observam efeito ( $P < 0,05$ ) nos níveis de  
 280 proteínas totais. A determinação da albumina em amostras de sangue é útil na avaliação do  
 281 estado nutricional dos animais. Para peixes ainda não há um valor referência, no entanto, os  
 282 níveis de albumina e proteínas caíram ao substituir o milho pelo mamão, indicando uma  
 283 possível redução no seu estado nutricional.

284

285 As atividades das enzimas digestivas estão descritas na (Tab. 04). Estas apresentaram  
 286 diferenças significativas ( $P < 0,05$ ) entre os tratamentos. Houve redução nas atividades da  
 287 amilase e protease alcalina inespecífica a partir da substituição do milho pelo mamão e efeito  
 288 quadrático na atividade da lipase.

288

289

290

291

292 Tabela 4. Valores médios das atividades de enzimas digestivas de pacamãs alimentados com  
 293 diferentes concentrações de farinha de mamão em substituição ao milho.

Atividade Enzimática <sup>1</sup>	Porcentagem de inclusão da farinha de mamão				CV (%)
	0%	33%	66%	100%	
<i>Intestino total</i>					
Amilase	5,74 <sup>a</sup>	4,49 <sup>ab</sup>	4,17 <sup>b</sup>	3,50 <sup>b</sup>	17,72
Lipase	5,46 <sup>ab</sup>	6,02 <sup>a</sup>	4,27 <sup>b</sup>	6,03 <sup>a</sup>	19,26
Protease alcalina <sup>2</sup>	1,93 <sup>a</sup>	1,49 <sup>b</sup>	1,52 <sup>b</sup>	0,95 <sup>c</sup>	12,87

294 <sup>1</sup>Atividade em (UI / mg de proteína).

295 <sup>2</sup> Enzima Inespecífica.

296 \*Letras diferentes na mesma linha indicam diferença significativa (P<0,05).

297

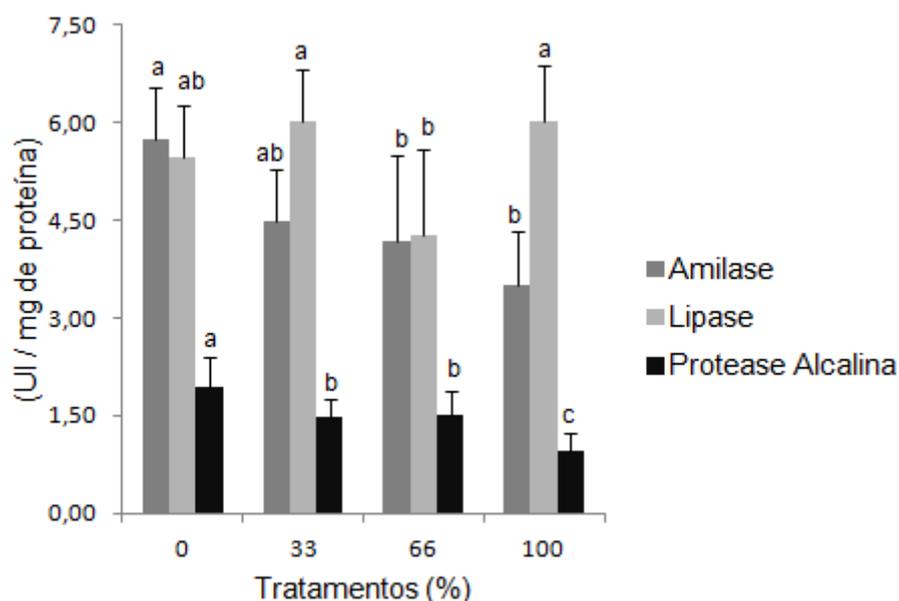
298 O teor de amido reduzido pela substituição do milho pelo mamão influenciou na  
 299 atividade da amilase (Fig. 2). Esta tendência de troca de fonte de carboidrato ou diminuição  
 300 nos níveis de amido foi relatada em outras espécies carnívoras como a truta arco-íris  
 301 (*Oncorhynchus mykiss*) (Hua e Bureau, 2009), bacalhau (*Gadus morhua*) (Hemre *et al.*,  
 302 2012), salmão do Atlântico (*Salmo salar*) (Ren *et al.*, 2011).

303 Foi observada queda no desempenho nos tratamentos com substituições 66 e 100% de  
 304 milho pelo mamão, com a substituição do amido dietético, ocasionou uma baixa regulação da  
 305 amilase causada pela diminuição dos níveis de amido na dieta.

306 No entanto, Gominho-Rosa *et al.* (2015) ao comparar diferentes fontes de amido,  
 307 farelo de trigo, resíduo de mandioca, milho e farelo de arroz em dietas para tilápia e jundiá,  
 308 não observaram efeito na atividade da amilase nas diferentes fontes para cada espécie.  
 309 Compararam as espécies, e relataram que a tilápia é mais eficiente do que o jundiá na digestão  
 310 do amido. A síntese da amilase parece não ser afetada por níveis de amido na dieta nestas  
 311 espécies. Uma tendência semelhante foi relatada para outras espécies onívoras e carnívoras  
 312 tropicais (Corrêa *et al.* 2007), o que contrasta o resultado encontrado no pacamã.

313 Foi observado redução da atividade da protease alcalina inespecífica a partir da  
 314 substituição do milho pelo mamão (Fig. 2). A redução da atividade bem como a manutenção  
 315 da atividade das proteases inespecíficas no intestino pode ser atribuída a diferentes fatores.  
 316 Segundo Austin *et al.* (1989), alguns aminoácidos têm grande afinidade pelos taninos,  
 317 destacadamente a prolina, com os quais formam complexos resistentes ao ataque enzimático  
 318 que ocorre durante o processo digestório. Isso pode explicar a redução nos níveis de  
 319 aminoácidos totais plasmáticos (Fig. 1G) e o menor aproveitamento da proteína dessas rações,  
 320 sendo esse um processo de estratégia de defesa dos animais contra os taninos presentes nos  
 321 alimentos.

322



323

324

Figura 2. Perfil enzimático de pacamãs alimentados com diferentes concentrações de farinha de mamão em substituição ao milho.

325

326

327

328

329

330

331

332

Outro fator seria a troca das fontes de carboidratos a qual poderia influenciar na atividade das enzimas protease alcalina inespecífica e lipase. Ren *et al.* (2011) verificaram o efeito de seis dietas contendo níveis crescentes de carboidratos fibrosos (1,3%, 6,5%, 12,5%, 18,4%, 24,2% e 30,4%) em dietas para juvenis de cobia (*Rachycentron canadum* L.) e observaram decréscimo na atividade de protease alcalina inespecífica e efeito quadrático na atividade da lipase. Resultados assemelham-se com o presente estudo.

333

334

335

336

337

338

339

A lipase apresentou maiores valores de atividades (UI / mg de proteína) em comparação as outras enzimas em pacamãs. Furne *et al.* (2005) afirma que em geral, considera-se que a presença de lipases em peixes carnívoros é maior do que entre os onívoros e peixes herbívoros. Li *et al.* (2012) compararam atividade da lipase em duas espécies de hábitos alimentares distintos, fornecendo (0, 10, 20, 30 e 40%) de amido e observaram maiores atividades da lipase em carnívoros e com maiores níveis de amido. O que justifica as maiores atividades da lipase encontradas no pacamã.

340

## 341 CONCLUSÃO

342

343

344

Os resultados obtidos indicam que o farelo de milho pode ser substituído pela farinha de mamão em até 33% em dietas para juvenis de pacamãs sem prejuízo no desempenho, perfil

345 metabólico e enzimático dos peixes. Estudos de digestibilidade, bem como a investigação de  
346 fatores antinutricionais são necessários para garantir o uso deste ingrediente pela indústria de  
347 rações.

348

## 349 REFERÊNCIAS

350

351  
352 AUSTIN, R. B., FORD, M. A., MORGAN, C. L. Genetic improvement in the yield of winter  
353 wheat: a further evaluation. *J. Agr. Sci.*, v.112, p.295–301, 1989.

354

355 BERNFELD, P. Amylases  $\alpha$  e  $\beta$ : colorimetric assay method. In: Colowich, S.P.; Kaplan, N.  
356 O. *Methods in Enzymology* (Eds). New York: Academic Press p.149 – 154, 1955.

357

358 BIDINNOTO, P.M., SOUZA, R.H.S., MORAES, G. Hepatic glycogen in eight tropical  
359 freshwater teleost fish: A procedure for field determinations of microsamples. *Bol. Tec.*  
360 *CEPTA.*, v.10, 53-60. 1998.

361

362 BOU, M., TODORČEVIĆ, M., FONTANILLAS, R., CAPILLA, E., GUTIÉRREZ, J.,  
363 NAVARRO, I. Adipose tissue and livermetabolic responses to different levels of dietary  
364 carbohydrates in gilthead sea bream (*Sparus aurata*). *Comp. Biochem. Physiol. A.*,  
365 v.175, p.72–81, 2014.

366

367 CAMPECHE, D.F.B., MELO, J.F.B., BALZANA, L., R.C. SOUZA., R.A.C.R.  
368 FIGUEIREDO. Farelo de licuri em dietas para alevinos de tambaqui (*Colossoma*  
369 *Macropomum*, Cuvier, 1818). *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, v.66, p.539-545, 2014.

370

371 CARDELLO, H. M. A. B., CARDELLO, L. Teor de vitamina C, atividade de ascorbato  
372 oxidase e perfil sensorial do mamão (*Carica papaya* L.) var. Haden, durante o  
373 amadurecimento. *C. Tecnol. Aliment.*, v.18, p.211-217, 2008.

374

375 COPLEY, N. G. Alloxan and ninhydrin test. *Analyst.*, v.66, p.492 – 493, 1941.

376

377 CORRÊA, C.F., AGUIAR, L.H., LUNDSTEDT, L.M., MORAES, G. Responses of digestive  
378 enzymes of tambaqui (*Colossoma macropomum*) to dietary cornstarch changes and metabolic  
379 inferences. *Comp. Biochem. Physiol. A.*, v.147, p.857–862, 2007.

380

381 CUI, X.P., ZHOU, Q.P., LIANG, H.O., YANG, J., ZHAO, L.M. Effects of dietary  
382 carbohydrate sources on the growth performance and hepatic carbohydrate metabolic enzyme  
383 activities of juvenile cobia (*Rachycentron canadum* Linnaeus.). *Aquacult. Res.*, v.42, p.99-  
384 107, 2010.

385

- 386 FIGUEIREDO, R.A.C.R. *Avaliação da relação proteína:carboidrato na dieta de juvenis de*  
387 *pacamã (Lophiosilurus alexandri)*. 2011. 67f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) -  
388 Campus Ciências Agrárias, Universidade Federal do Vale do São Francisco, Petrolina.  
389
- 390 FIGUEIREDO-SILVA, A.C., SARAVANAN, S., SCHRAMA, J.W., PANSEERAT, S.,  
391 KAUSHIK, S., GEURDEN, I. A comparative study of the metabolic response in rainbow  
392 trout and Nile tilapia to changes in dietary macronutrient composition. *Br. J. Nutr.*, v.109,  
393 p.816–826, 2013.  
394
- 395 FURNE, M., HIDALGO, M.C., LOPEZ, A., GARCIA-GALLEGO, M., MORALES, A.E.,  
396 DOMEZAIN, A., DOMEZAIN, J., SANZ A. Digestive enzyme activities in Adriatic  
397 sturgeon *Acipenser naccarii* and rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. A comparative study.  
398 *Aquaculture.*, v.250, p.391–398, 2005.  
399
- 400 GATESOUBE, F.J., CHRISTINE HUELVAN, C., BAYON, N.L., SÉVÈRE, A., AASEN,  
401 I.M., DEGNES, K.F., MAZURAS, D., PANSEERAT, S., ZAMBONINO-INFANTE, J.L.,  
402 KAUSHIK, S.J. The effects of dietary carbohydrate sources and forms on metabolic response  
403 and intestinal microbiota in sea bass juveniles, *Dicentrarchus labrax*. *Aquaculture.*, n.422,  
404 v.423, p.47–53, 2014.  
405
- 406 GAWLICKA, A., PARENT, B., HORN, H.M., ROSS, N., OPSTAD, I., TORRISSEN, J.  
407 Activity of digestive enzymes in yolk-sac larvae of Atlantic halibut (*Hippoglossu*  
408 *hippoglossus*): indication of readiness for first feeding. *Aquaculture.*, v.184, p.303-314. 2000.  
409
- 410 GOMINHO-ROSA, M.C., RODRIGUES, A.P.O., MATTIONI, B., FRANCISCO, A.,  
411 MORAES, G., FRACALOSSO, D.M. Comparison between the omnivorous jundiá catfish  
412 (*Rhamdia quelen*) and Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) on the utilization of dietary starch  
413 sources: Digestibility, enzyme activity and starch microstructure. *Aquaculture.*, v.435, p.92–  
414 99, 2015.  
415
- 416 HEMRE, G.I., MOMMSEN, T.P., KROGDAHL, Å. Carbohydrates in fish nutrition: effects  
417 on growth, glucose metabolism and hepatic enzymes. *Aquacult. Nutr.*, v.8, p.175-194, 2012.  
418
- 419 HIDALGO, M.C., UREA, E. AND SANZ, A. Comparative study of digestive enzymes in fish  
420 with different nutritional habits. Proteolytic and amylase activities. *Aquaculture.*, v.170,  
421 p.267-283, 1999.  
422
- 423 HUA, K., BUREAU, D.P. A mathematical model to explain variations in estimates of starch  
424 digestibility and predict digestible starch content of salmonid fish feeds. *Aquaculture.*, v.294,  
425 p.282–287, 2009.  
426
- 427 JESUS, L.S.F.; AZEVEDO, R.V.; CARVALHO, J.S.O., BRAGA, L.G.T. Farelos da vagem  
428 da algaroba e da folha da mandioca em rações para juvenis de tilápia do Nilo mantidos em  
429 água salobra. *Rev. Bras. Saúde Prod. Anim.*, v.12, p.1116-1125, 2011.  
430

- 431 LARRAURI, J. A., RUPÉREZ, P., BORROTO, B., SAURA-CALIXTO, F. Mango peels as a  
432 new tropical fibre: preparation and characterization. *Lebensmittel Wissenschaft und*  
433 *Technologie.*, n.29, v.8, p.729-733, 1996.
- 434  
435 LI, H., SUN, H. T., XIONG, D.M. Studies on activity, distribution, and zymogram of  
436 protease, a-amylase, and lipase in the paddlefish *Polyodon spathula*. *Fish Physiol Biochem.*,  
437 v.38, p.603–613, 2012.
- 438  
439 LIMA, M.R., LUDKE, M.C.M.M., PORTO-NETO, F.F., PINTO, B.W.C., TORRES, T.R.,  
440 SOUZA, E.J.O. Farelo de resíduo de manga para tilápia do Nilo. *Acta Scient.*, v.33, p.65-71,  
441 2011.
- 442  
443 LÓPEZ, C.M.; SAMPAIO, E.V. Sobrevivência e crescimento larval do pacamã *Lophiosilurus*  
444 *alexandri* Steindachner, 1876 (Siluriformes, Pimelodidae), em função de três densidades de  
445 estocagem em laboratório. *Acta. Scient.*, v.22, p.491-494, 2000.
- 446  
447 LOUSADA JÚNIOR, J. E.; COSTA, J. M. C.; NEIVA, J. N. M.; RODRIGUEZ, N. M.  
448 Caracterização físico-química de subprodutos obtidos do processamento de frutas tropicais  
449 visando seu aproveitamento na alimentação animal. *Rev. Ciênc. Agro.*, n.27, v.1, p.70-76,  
450 2006.
- 451  
452 MELO, J. F. B., SEABRA, A.G.L., SOUZA, S.A., SOUZA, R.C., FIGUEIREDO, R.A.C.R.  
453 Substituição do farelo de milho pela farinha de manga no desempenho da tilápia-do-nilo.  
454 *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, v.64, p.177-182, 2012.
- 455  
456 PARK, J. T., JOHNSON, M. J. Submicro determination of glucose. *J. Biol. Chem.*, v.249,  
457 p.149 – 151, 1949.
- 458  
459 PIMENTA, C.J., OLIVEIRA, M.M., FERREIRA, L.O., PIMENTA, M.E.S.G., LOGATO,  
460 P.V.R., LEAL, R.S., MURGAS, L.D.S. Aproveitamento do resíduo do café na alimentação de  
461 tilápia do nilo. *Arch. Zootec.*, v.60, p.583-593, 2011.
- 462  
463 REN, M., AI, Q., MAI, K., MA, H., WANG, X. Effect of dietary carbohydrate level on  
464 growth performance, body composition, apparent digestibility coefficient and digestive  
465 enzyme activities of juvenile cobia, *Rachycentron canadum* L. *Aquacult. Res.*, v.42, p.1467-  
466 1475, 2011.
- 467  
468 SANTOS, C.X. *Caracterização físico-química e análise da composição química da polpa de*  
469 *goiaba e mamão oriunda de resíduos agroindustriais*. 2011. 61f. Dissertação, Universidade  
470 Estadual do Sudoeste da Bahia – UESB. Itapetinga, BA.
- 471  
472 SCHNEEDORF, J.M. *Bioquímica em agropecuária*. Alfenas: Ciência Brasilis, p.225, 2005.
- 473

474 SHIBATA, O.A. Family Pseudopimelodidae. In: Reis, R.E.; KULLANDER, S.O.;  
475 FERRARIS JÚNIOR, C.J. Check list of the freshwater fishes of South and Central America.  
476 Porto Alegre: Edipucrs., p.401-405, 2003.

477  
478 SOUZA, R.C., MELO, J.F.B., NOGUEIRA FILHO, R.M., CAMPECHE, D.F.B.,  
479 FIGUEIREDO, R.A.C.R. Influencia da farinha de manga no crescimento e composição  
480 corporal da tilápia do nilo. *Arch. Zootec.*, v.62, p.217-225, 2013.

481  
482 URBINATI, E.C., GONÇALVES, F.D. Pacu (*Piaractus mesopotamicus*). In: Baldisseroto,  
483 B.; Gomes, L.C. (Ed.). Espécies nativas para piscicultura no Brasil. Santa Maria:  
484 Universidade Federal de Santa Maria. p. 225-256, 2005.

485  
486 WALTER, H.E. Proteinases: Methods with hemoglobin, casein and azocoll as substrates. In  
487 Bergmeyer, H.U.(Ed.). *Methods of enzymatic Analysis*, Verlag Chemie, Weinheim., v.5,  
488 p.270- 277, 1984.

489

## 490 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

491

492       As ferramentas de avaliação metabólica e enzimática utilizadas mostraram  
493 mecanismos estratégicos de ajustes bioquímicos para regulação e manutenção dos  
494 processos metabólicos e fisiológicos de pacamãs, em adaptação as farinhas de  
495 goiaba e mamão nas dietas.

496       Com base no exposto, podemos considerar que muitas pesquisas deverão  
497 ser realizadas no sentido de se determinar o potencial nutricional de muitos produtos  
498 e subprodutos que apresentam valor nutricional e que, os estudos sobre as  
499 interações entre os diversos ingredientes e nutrientes são ainda muito incipientes  
500 para o pacamã.

## ANEXOS

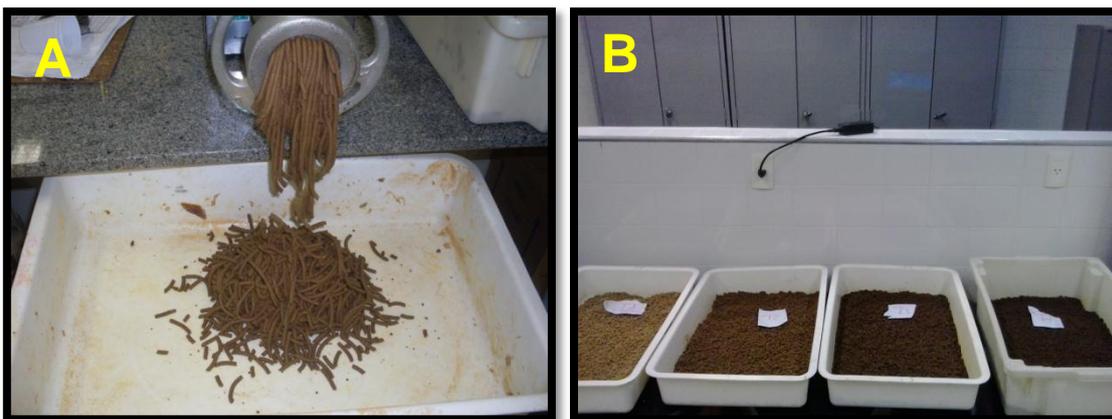


**Figura 1. A.** Sistema utilizado no experimento com farinha de goiaba.

**Figura 1. B.** Sistema utilizado no experimento com farinha de mamão.



**Figura 2.** Seleção dos animais para uniformidade dos tratamentos.



**Figura 3. A.** Peletização das dietas experimentais.

**Figura 3. B.** Dietas experimentais.