

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS DA AMAZÔNIA – INPA
PROGRAMAS DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA DE ÁGUA DOCE E PESCA
INTERIOR

UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS DE FRUTOS E DA FITASE EM DIETAS
PARA JUVENIS DE TAMBAQUI, *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1818).

LIAN VALENTE BRANDÃO

Manaus, Amazonas

Abril, 2011

LIAN VALENTE BRANDÃO

**UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS DE FRUTOS E DA FITASE EM DIETAS PARA
JUVENIS DE TAMBACUI, *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1818).**

ORIENTADOR: Dr. RODRIGO ROUBACH

Tese apresentada ao Programas de Pós-Graduação do INPA do convênio INPA/UFAM, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Doutor em Ciências Biológicas, área de concentração em Biologia de Água Doce e Pesca Interior.

Fonte financiadora: FAPEAM (PIPTI) - Projeto “Alguns aspectos da nutrição e alimentação do pirarucu e do tambacui”.

Manaus, Amazonas

Abril, 2011

Banca julgadora:

Dr. André Moreira Bordinhon (UFAM)

Dr. Emerson Carlos Soares (UFAL)

Dr. Israel Hidenburgo Aniceto Cintra (UFRA)

Dr. Levy de Carvalho Gomes (UVV)

Dr. Marcelo Ferreira Torres (IFPA)

Dr. Raimundo Aderson Lobão de Souza (UFRA)

Dr. Rodrigo Yudi Fujimoto (UFPA)

Brandão, Lian Valente

Utilização de resíduos de frutos e da fitase em dietas para juvenis de tambaqui, *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1818).

77 f.

TESE (doutorado) – INPA/ UFAM, Manaus, 2011.

Orientador: Dr. Rodrigo Roubach

Área de Concentração: Biologia de Água Doce e Pesca Interior

1. Tambaqui – alimentação e rações 2. Fitase 3. Maracujá 4. Tucumã 5. Digestibilidade I.
Título

SINOPSE

Foram testados níveis crescentes de fitase (0, 1000, 1500 e 2000 uF) sobre o desempenho e a excreção de fósforo em dietas para juvenis de tambaqui. A estes níveis de inclusão a fitase não influenciou no desempenho, porém ao nível de 1000 uF, proporcionou uma redução de até 21% da excreção de fósforo no meio. Foram testados também a inclusão de 20% resíduos de maracujá e 20% de tucumã em dietas para tambaqui. De acordo com os resultados obtidos pode-se observar que a inclusão destes resíduos a este nível, resultou em uma piora no desempenho zootécnico e na digestibilidade das rações por juvenis de tambaqui.

Palavras-chave: 1. Tambaqui 2. Maracujá 3. Tucumã 4. Fitase

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por me acompanhar;

Ao Dr. Rodrigo Roubach pela orientação na resolução dos problemas e amizade;

Agradecimento especial ao digníssimo Dr. Manoel Pereira Filho (*in memorian*), que desde minha graduação foi orientador, conselheiro, professor e um grande amigo de todas as horas;

Agradeço a meus pais, Antonio e Lindalva Brandão, pelos ensinamentos e minha formação, obrigado, serei sempre grato;

Ao amigo M.Sc. Flávio Augusto (Guto) pelas sugestões e auxílio direto para a realização deste trabalho;

Ao amigo M.Sc. André Barbas, pela ajuda nas tarefas realizadas e colaboração direta para a realização deste estudo;

À Senhora Maria Inês de Oliveira Pereira, pelos conselhos e colaboração nos trabalhos de análises bromatológicas;

Ao amigo Esaú Carvalho, pelo companheirismo e auxílio na execução dessa pesquisa;

Ao colega Márcio José Macedo da Silva, gerente da SEPAq – Terra Alta, pelo fornecimento de alevinos e cessão de infra-estrutura para realização deste trabalho e ao arraçamento dos animais;

Ao colega Marcelo Torres, Léa Carolina e Tiago Brito (GEPAQ) pela atenção especial dada ao meu trabalho;

Ao colega Fábio Wegbecher pela colaboração;

A coordenadora do curso Dr^a Ângela Varella pelos incentivos e ajuda junto a Pós-Graduação do INPA;

Ao senhor Atílio Storti Filho, pela sua boa vontade e ajuda quando solicitado;

Ao senhor Simão, pela ajuda na resolução dos problemas hidráulicos;

A minha esposa Verúcia Brandão, pelo apoio e companheirismo, nas incansáveis horas de dedicação aos experimentos e meus filhos Vinícius e Murilo Brandão,

Ao meu sogro e sogra, Mauro e Vera Marques pelos conselhos na hora certa;

Ao meu irmão Ronaldo Brandão pelo apoio incondicional;

Ao meu cunhado Mauro Junior pelo apoio;

À Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado do Amazonas, FAPEAM pela concessão da bolsa de estudo e apoio às pesquisas;

Enfim, a todos que direta e indiretamente colaboraram para a realização deste trabalho.

RESUMO

O primeiro objetivo desta pesquisa foi a determinação dos coeficientes de digestibilidade aparente de uma ração teste (sem resíduos de frutos) e outras duas, sendo um com inclusão de 20% de sementes de maracujá, *Passiflora edulis*, e outra com 20% de inclusão de cascas e sementes de tucumã, *Astrocaryum acuelatum*, para juvenis de tambaqui (*Colossoma macropomum*). Os coeficientes de digestibilidade aparente total, extrato etéreo, proteína bruta e extrato não nitrogenado foram de: 64, 62, 66, 62 e 55, 57, 54 e 58 % para as dietas com maracujá e tucumã, respectivamente. Assim houve uma diminuição de 17% da digestibilidade na dieta com a inclusão de sementes de maracujá e de 28,6% para as dietas com cascas e sementes de tucumã. No segundo experimento, foi avaliado o desempenho produtivo e a composição corporal de juvenis de tambaqui com duração de 45 dias, com três dietas isoprotéicas (30% PB) e isocalóricas (400 Kcal/100 g): controle sem adição de resíduos de frutos, com inclusão de 20% de sementes de maracujá e com 20% de inclusão de cascas e sementes de tucumã. Os resultados demonstraram que a adição destes resíduos a estes níveis interferiu de forma negativa no desempenho produtivo e no rendimento de carcaça dos animais. No terceiro experimento foi avaliada a ação da fitase no desempenho, e na excreção de fósforo na água em tanques com tambaqui (*Colossoma macropomum*). Foram utilizadas quatro rações, isoprotéicas (30% PB) e isocalóricas (400 Kcal/100 g), sendo uma padrão (controle) sem suplementação de fitase, e as outras três, com diferentes níveis de fitase (1.000, 1.500 e 2.000 uf/kg). Os resultados comprovaram que a utilização de fitase em rações para peixes não interferiu nos dados de desempenho, porém a mesma pode reduzir a excreção de fósforo em 21% pelos animais minimizando desta forma o impacto ambiental gerado por este nutriente.

**USE OF WASTE FRUITS AND PHYTASE IN DIETS FOR JUVENILE TAMBAQUI,
Colossoma macropomum (CUVIER, 1818).**

ABSTRACT

The first objective of this research evaluated the apparent digestibility of a test diet (without fruits residues) and other two, the first with an inclusion of 20% of passion fruit seeds and the other with an inclusion of 20% of peel and seeds from tucumã for tambaqui juveniles (*Colossoma macropomum*). The total apparent digestibility, ether extract, protein and non-nitrogen extract were: 64, 62, 66, 62 and 55, 57, 54 and 58 % for passion fruit and tucumã respectively. Therefore, there was a reduction of 17% in digestibility from the diet with passion fruit seeds and 28.6% with peel and seeds from tucumã. In the second phase, this research evaluated the performance and body composition in tambaqui juveniles, submitted with three treatments with isoproteic (30%) and isocaloric diets (400 Kcal/100 g): one standard without fruits waste addition, one with 20% from passion fruits seeds (*Passiflora edulis*) and other with 20% of bark and seeds from tucumã, *Astrocaryum acuelatum*. The results demonstrated that the use of these fruits with different levels in the diets decreased the performance and body composition in tambaqui juveniles. The third phase was to compare the effect of phytase on performance and reduction of phosphorus excretion from tambaqui in the water. Four isoproteic (30%) and isocaloric (400 Kcal/100 g) diets were used: one standard (control) without phytase supplementation, and other three with different phytase levels (1000, 1500 and 2000 uF/kg). The results demonstrated that the use of phytase in diets for fish growth did not interfere in fish performance, but can reduce fish phosphorus excretion by 21%, minimizing the impacts caused by this nutrient.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL	1
1.1. Utilização de frutos e seus resíduos na alimentação de tambaqui.....	2
1.2. Maracujá.....	3
1.3. Tucumã.....	4
1.4. Utilização de enzima fitase como redutora de carga poluente em aquicultura	5

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	7
----------------------------------	---

CAPÍTULO I. AVALIAÇÃO DA DIGESTIBILIDADE DAS RAÇÕES EXTRUSADAS COM INCLUSÃO DE RESÍDUOS DE MARACUJÁ (*Passiflora edulis*) E TUCUMÃ (*Astrocaryum acuelatum*) PARA JUVENIS DE TAMBAQUI, *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1818)..... 12

RESUMO	133
--------------	-----

ABSTRACT.....	144
---------------	-----

1. INTRODUÇÃO	155
---------------------	-----

1. OBJETIVOS	177
--------------------	-----

2.1. Objetivo geral.....	177
--------------------------	-----

2.2. Objetivos específicos.....	177
---------------------------------	-----

2. MATERIAL E MÉTODOS	177
-----------------------------	-----

3.1. Digestibilidade	199
----------------------------	-----

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	20
---------------------------------	----

4. CONCLUSÃO	233
--------------------	-----

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	233
-------------------------------------	-----

CAPÍTULO II. APROVEITAMENTO DE SUBPRODUTOS DA AGROINDÚSTRIA DE POLPA DE FRUTAS (MARACUJÁ, *Passiflora edulis* e TUCUMÃ, *Astrocaryum acuelatum*) COMO INGREDIENTES DE RAÇÕES PARA JUVENIS DE TAMBAQUI, *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1818). 277

RESUMO	28
--------------	----

ABSTRACT.....	29
---------------	----

1. INTRODUÇÃO	30
---------------------	----

2. OBJETIVOS	322
2.1 Objetivo Geral	322
2.2 Objetivos Específicos	322
3. MATERIAL E MÉTODOS	33
3.1. Obtenção dos animais e manejo dos peixes	333
3.2. Parâmetros físico-químicos da água	333
3.3. Desenho experimental	333
3.4. Obtenção e preparação do resíduo	344
3.5. Análises físico-química das rações	344
Umidade	344
Proteína bruta (PB)	355
Extrato etéreo (EE)	355
Fibra bruta (FB)	355
Cinza	355
Extrato não-nitrogenado (ENN)	35
Energia bruta	35
3.6. Processamento das rações	35
3.7 Variáveis de desempenho	377
Ganho de Peso (GP):	377
Conversão Alimentar Aparente (CAA):	388
Taxa de Crescimento Específico (TCE):	388
Taxa de Eficiência Protéica (TEP):	388
3.8. Composição centesimal dos peixes	388
3.9. Análises estatísticas	388
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	399
5. CONCLUSÃO	433

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	433
CAPÍTULO III – AVALIAÇÃO DA ADIÇÃO DE FITASE SOBRE A EXCREÇÃO DE FÓSFORO EM JUVENIS DE TAMBAQUI, <i>Colossoma macropomum</i> (Cuvier, 1818).....	488
RESUMO	499
ABSTRACT.....	50
1. INTRODUÇÃO	51
2. OBJETIVOS	53
2.1. Objetivo Geral.....	533
2.2. Objetivos Específicos.....	533
3. MATERIAL E MÉTODOS	533
3.1. Análise de fósforo total	566
3.2. Avaliação do desempenho zootécnico	566
Ganho de Peso (GP):.....	566
Conversão Alimentar Aparente (CAA):.....	566
Sobrevivência (S%).....	566
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	566
5. CONCLUSÃO	60
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	60

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Análise físico-química dos ingredientes das rações (g/100g MS) usadas para testar o efeito da incorporação de resíduos do despulpamento de maracujá (<i>Passiflora edulis</i>) e tucumã (<i>Astrocaryum acuelatum</i>) em uma dieta referência (controle) sobre a digestibilidade das rações para juvenis de tambaqui, <i>Colossoma macropomum</i>	18
Tabela 2. Composição percentual das dietas experimentais usadas para testar o efeito da incorporação de resíduos do despulpamento de maracujá (<i>Passiflora edulis</i>) e tucumã (<i>Astrocaryum acuelatum</i>) em uma dieta referência (controle) sobre a digestibilidade das rações para juvenis de tambaqui, <i>Colossoma macropomum</i>	19
Tabela 3. Análise físico-química das rações experimentais com e sem inclusão de resíduos de maracujá e tucumã usadas no experimento com juvenis de tambaqui, <i>Colossoma macropomum</i> , alimentados com rações contendo resíduos de maracujá (<i>Passiflora edulis</i>) e tucumã (<i>Astrocaryum acuelatum</i>).....	19
Tabela 4. Coeficiente de digestibilidade aparente das rações (DT – Digestibilidade total; EE – extrato etéreo; PB – proteína bruta; ENN – extrato não nitrogenado) nos tratamentos controle, 20% de inclusão de resíduos de maracujá (<i>Passiflora edulis</i>) e 20% de inclusão de resíduos de tucumã (<i>Astrocaryum acuelatum</i>) usadas para testar o efeito da incorporação de resíduos do despulpamento de maracujá e tucumã em uma dieta referência (controle) sobre a digestibilidade das rações para juvenis de tambaqui, <i>Colossoma macropomum</i>	21
Tabela 5. Análise físico-química dos ingredientes das rações (g/100g MS) usadas no experimento com juvenis de tambaqui, <i>Colossoma macropomum</i> , alimentados com rações contendo resíduos de maracujá (<i>Passiflora edulis</i>) e tucumã (<i>Astrocaryum acuelatum</i>).....	36
Tabela 6. Composição percentual das dietas experimentais usadas com juvenis de tambaqui, <i>Colossoma macropomum</i> , alimentados com rações contendo resíduos de maracujá (<i>Passiflora edulis</i>) e tucumã (<i>Astrocaryum acuelatum</i>).....	37

Tabela 7. Análise físico-química das rações experimentais com e sem inclusão de resíduos de maracujá e tucumã usadas no experimento com juvenis de tambaqui, <i>Colossoma macropomum</i> , alimentados com rações contendo resíduos de maracujá (<i>Passiflora edulis</i>) e tucumã (<i>Astrocaryum acuelatum</i>).....	37
Tabela 8. Valores médios dos parâmetros monitorados de qualidade da água das unidades experimentais durante ensaio com juvenis de tambaqui, <i>Colossoma macropomum</i> , alimentados com rações contendo resíduos de maracujá (<i>Passiflora edulis</i>) e tucumã (<i>Astrocaryum acuelatum</i>).....	39
Tabela 9. Valor médio e desvio padrão das variáveis de desempenho produtivo (GP – Ganho de Peso; CAA – Conversão Alimentar Aparente; TCE – Taxa de Conversão Aparente; TEP – Taxa de Eficiência Protéica) no experimento com juvenis de tambaqui, <i>Colossoma macropomum</i> , alimentados com rações contendo resíduos de maracujá (<i>Passiflora edulis</i>) e tucumã (<i>Astrocaryum acuelatum</i>).....	40
Tabela 10. Composição corporal (UM – Umidade; PB – Proteína Bruta; EE – Extrato Etéreo; CZ – Cinzas) de juvenis de tambaqui, <i>Colossoma macropomum</i> , alimentados com rações contendo resíduos de maracujá (<i>Passiflora edulis</i>) e tucumã (<i>Astrocaryum acuelatum</i>).....	42
Tabela 11. Composição centesimal (UM – Umidade; CZ – Cinzas; EE – Extrato Etéreo; PB – Proteína Bruta; FB – Fibra Bruta; ENN – Extrato Não Nitrogenado) dos ingredientes das rações (%) usadas no teste de desempenho produtivo de juvenis de tambaqui alimentados com rações extrusadas contendo níveis crescentes de fitase.....	54
Tabela 12. Composição da dieta experimental (PB – Proteína Bruta; EB – Energia Bruta) e valores nutricionais das dietas usadas no teste de desempenho produtivo de juvenis de tambaqui (<i>Colossoma macropomum</i>) alimentados com rações extrusadas contendo níveis crescentes de fitase.....	55
Tabela 13. Valores médios dos parâmetros monitorados de qualidade da água das unidades experimentais durante o teste de desempenho produtivo de juvenis de tambaqui (<i>Colossoma macropomum</i>) alimentados com rações extrusadas contendo níveis crescentes de fitase.....	57
Tabela 14. Parâmetros de desempenho (S – Sobrevivência; GP – Ganho de Peso; CAA – Conversão Alimentar Aparente) de juvenis de tambaqui após 45 dias de experimento para avaliar o desempenho produtivo de juvenis de tambaqui (<i>Colossoma macropomum</i>) alimentados com rações extrusadas contendo níveis crescentes de fitase.....	57

1. INTRODUÇÃO GERAL

Nos últimos anos, a aquicultura nacional apresentou um crescimento médio de 21,5% ao ano no período de 1991 a 2004, valor significativo em relação a outros setores que produzem alimentos de origem animal (Ostrensky *et al.*, 2007).

Segundo a FAO (2007) no ano de 2006 o tambaqui foi a terceira espécie de peixe mais cultivada no Brasil com produção superior a 26 mil toneladas.

No ano de 2004, a produção aquícola no Estado do Amazonas chegou a 4.775t de pescado. Deste total, 95% eram representados pelo tambaqui (IBAMA, 2005).

Na região Norte, o tambaqui (*Colossoma macropomum*) cultivado tem apresentado um impulso nos mercados regionais, em decorrência da menor abundância dos produtos procedentes da pesca extrativa, que tradicionalmente abasteciam esses mercados. Além disso, a oferta regular de alevinos e o bom desempenho zootécnico da espécie, aliados à alta produtividade e rusticidade (Ismiño-Orbe, 1997), contribuíram para a disseminação deste cultivo.

O tambaqui pertence à Família dos Characidae, Ordem Characiformes, que pode alcançar 30 kg e medir 90cm de comprimento (Goulding, 1980; Froese e Pauly, 2009). É nativo da região amazônica e sua dieta natural inclui zooplâncton, frutos e sementes, sendo considerado um onívoro com tendência a frugivoria (Chagas e Val, 2003).

Apesar da espécie incluir em sua dieta uma ampla gama de itens para conseguir melhor equilíbrio de proteína, carboidratos, gorduras e vitaminas, o baixo conteúdo de água e o grande tamanho das partículas sugerem que os frutos, mas principalmente as sementes, proporcionam um maior ganho de energia por volume de alimento ingerido do que outros itens (Araújo-Lima e Goulding, 1998).

A análise da composição proximal de 40 espécies de frutos e sementes consumidos pelo tambaqui revelou valores médios de nutrientes equivalentes a 7,4±3,33% de proteína bruta, 10,94±7,12% de lipídios, 50,34±13,08% de carboidratos, 20,57±11,54% de fibra bruta, 3,3±1,26% de cinzas e energia bruta de 1851,0 kJ/100 g MS, enquanto para 14 espécies de sementes, foram encontrados valores médios de 11,2±6,5% para a proteína bruta, 18,5±16,1% de lipídios, 49,2±20,2% de carboidratos, 11,4±9,4% de fibra bruta, 3,0±1,5% de cinza e energia bruta de 20,7±4,1 kJ/g MS (Silva, 1997).

Ao contrário do ambiente natural onde os peixes possuem disponibilidade de alimento e possibilidade de buscá-los entre os diferentes ambientes, em confinamento os mesmos ficam na dependência da alimentação fornecida pelo homem.

Desta forma, a ração deve atender às exigências nutricionais do peixe cultivado e devem ser adotadas práticas de manejo alimentar que permitam uma produção racional, considerando-se a necessidade de manter a qualidade da água de cultivo e evitar o desperdício (Furuya, 2001).

1.1. Utilização de frutos e seus resíduos na alimentação de tambaqui

A destinação inadequada para os resíduos do processamento de certas frutas, como por exemplo, o maracujá, cultivado em larga escala em quase todo o Brasil, é um problema ambiental a ser levado em consideração. A quantidade de resíduos (cascas e sementes) produzidos por toneladas de suco processado é bastante expressiva. Portanto, é muito importante que medidas mitigadoras decorrentes de seus impactos sejam propostas de forma concomitante ao desenvolvimento de pesquisas para o seu aproveitamento (Durigan e Yamanaka, 1987).

Existem perdas consideráveis de produtos agrícolas nas diversas etapas de processamento, desde as operações envolvidas na produção agrícola até o momento de consumo pela população. Durante a produção, podem-se citar as perdas provocadas pelo manejo inadequado da plantação, principalmente na colheita, falta de aplicação de técnicas na pós-colheita, inadequada conservação dos alimentos e não aproveitamento dos descartes e resíduos do beneficiamento e processamento agroindustrial.

No consumo, a falta do hábito de consumo de alimentos na forma integral e o desconhecimento do valor nutritivo das diversas partes contribuem para o desperdício e acúmulo de resíduos (Daris *et al.*, 2000).

Há grande geração de resíduos no processamento agroindustrial de frutas e hortaliças, estimando-se que o aproveitamento dessas matérias-primas não ultrapasse 80% a 85% durante o processamento agroindustrial (Larrauri e Cerezal, 1993). Os resíduos gerados podem chegar a até 30% (Schaub e Leonard, 1996) sendo representados pelas cascas, bagaços, membranas, vesículas, sementes e aparas.

Além de representarem um desperdício, os resíduos são poluentes. Seu tratamento e/ou aproveitamento como matéria-prima para alimentação de diversas espécies de peixes

poderia reduzir os custos da elaboração das dietas, além de diminuir o impacto causado ao meio ambiente, contribuindo desta forma, para a conservação ambiental (Schaub e Leonard, 1996; Thassitou e Arvanitoyannis, 2001).

Os frutos possuem diversos componentes de efeito benéfico na manutenção da saúde e na prevenção de doenças (Aruoma, 1994; Luximon-Ramma *et al.*, 2003), como fibras, vitaminas, minerais, substâncias fenólicas e flavonóides, que comumente também estão presentes nos resíduos. Por outro lado, alguns resíduos também podem conter alto teor de fibras, substâncias tóxicas e fatores antinutricionais, como compostos cianogênicos e inibidores de proteases, geralmente envolvidos em funções biológicas da planta, como os mecanismos de defesa e proteção (Vetter, 2000).

Diante do exposto, deve-se ressaltar a importância de trabalhos que envolvam a identificação de frutos e sementes para a avaliação de seus valores energéticos (Roubach, 1991; Waldhoff *et al.*, 1996; Silva, 1997), a determinação de seus coeficientes de digestibilidade e suas incorporações em rações experimentais (Wegbecher, 2010), pois os mesmos serviram ou poderão servir de subsídios para a utilização de novos ingredientes e consequente diminuição dos custos de produção desta espécie (Silva *et al.*, 2003).

1.2 Maracujá

O Brasil é um dos maiores produtores mundiais de maracujá, produzindo, aproximadamente, 718 mil toneladas anuais (IBGE, 2009). Desta produção destaca-se o maracujá amarelo (*Passiflora edulis Sims f. flavicarpa* Degener), utilizado principalmente para a fabricação de suco e no consumo “in natura” (Matsuura e Folegatti, 1999).

No estado do Amazonas, o mesmo, pode ser produzido durante o ano todo, o que o torna, uma das principais espécies cultivadas na região.

Os subprodutos do maracujá correspondem a cerca de 70% do peso do fruto (Oliveira *et al.*, 2002), e a semente representa 26% da sua composição in natura (Ferrari *et al.*, 2004), cujas fibras são compostas principalmente por celulose, pectina e hemicelulose (Chau e Huang, 2004).

O maracujazeiro é botanicamente definido como uma planta trepadeira sub-lenhosa que apresenta grande vigor vegetativo (Cavalcante, 1974; Meletti e Molina, 1999). Pertence à ordem *Passiflorales*, a variedade que tem maior interesse comercial é a *Passiflora*, destacando-se o gênero *Passiflora*. O maracujá amarelo apresenta uma série de características

superiores ao maracujá roxo, tais como: maior tamanho do fruto, maior peso, os híbridos apresentam maiores rendimentos, maior teor de caroteno, maior acidez total, alto teor de ácido linoléico, maior resistência às pragas e maior produtividade/hectare (ITAL, 1985; Piza-Junior, 1991; Faleiro *et al.*, 2005; Lopes *et al.*, 2010). Em uma análise bromatológica realizada no laboratório de nutrição da Coordenação de Pesquisas em Aquicultura (CPAQ) do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA) as sementes de maracujá apresentaram um teor elevado de fibras (43,4%).

A importância econômica do fruto do maracujazeiro está na produção de suco concentrado, porém outros alimentos são elaborados a partir do fruto tais como: polpa, para servir de matéria-prima para elaboração de doces e outras formulações, néctares, refrescos, concentrados para refrigerantes, xaropes, sorvetes e geléias, dentre outros produtos (Cavalcante, 1974; Modesta, 1990; Meletti e Molina, 1999).

Considerando o grande volume de semente produzida após o processamento da polpa, agregar valor a estes subprodutos é de interesse econômico, ambiental, científico e tecnológico (Ferrari *et al.*, 2004). Normalmente, estes subprodutos não são aproveitados sendo descartados de forma inadequada no meio ambiente, provocando uma série de impactos negativos, como poluição visual, mal cheiro, proliferação de roedores e moscas.

No entanto, quando os mesmos são aproveitados, servem como suplementação da alimentação animal, como ração para bovinos e aves, porém, ainda sem muita informação técnica adequada. Em um recente estudo Wegbecher (2010) ao avaliar a digestibilidade aparente por juvenis de tambaqui de rações com níveis crescentes de torta de semente de maracujá (*Passiflora edulis*) concluiu que a sua inclusão em 10% pode ser tecnicamente viável.

1.3 Tucumã

As palmeiras (Arecaceae) constituem uma família de grande importância ecológica e econômica por apresentarem múltiplos usos. Dentre estas, destaca-se o tucumã (*Astrocaryum aculeatum* G. May.), cujo produto principal é a polpa dos frutos. O tucumã é uma palmeira que ocorre no ecossistema de terra firme da Amazônia central e ocidental e está freqüentemente associada a ambientes degradados e de vegetação secundária (FAO, 1987).

Parece ser nativo do Estado do Amazonas, onde é muito frequente, com safra entre dezembro e abril sendo ainda encontrado nos estados brasileiros do Acre, Rondônia, Roraima,

Pará e Mato Grosso, além das Guianas, Venezuela, Colômbia, Peru e Bolívia (Cavalcante, 1991; Kahn e Millán, 1992).

Sua importância econômica baseia-se principalmente na exploração da polpa dos frutos, que pode ser consumida ao natural ou na forma de sorvete, suco, licor e doce. Da polpa dos frutos e das sementes podem ser extraídos diferentes tipos de óleos comestíveis, além de poderem ser utilizadas na suplementação alimentar humana e na fabricação de ração animal (Mendonça, 1996).

O estipe pode ser usado na construção de cercas vivas, currais e casas rústicas. As fibras das folhas são empregadas artesanalmente na fabricação de redes de pescar e de dormir, linhas para arco de flecha, cestos e balaios; o endocarpo é usado na confecção de brincos, anéis, pulseiras e colares (Souza *et al.*, 1996).

Apesar de constituir uma importante atividade econômica para a região, a obtenção dos frutos é feita geralmente de forma extrativista, havendo poucos plantios comerciais de *A. aculeatum* (Gentil e Ferreira, 2005).

Esta palmácea é utilizada pela população rural e urbana de baixa renda, mas suas potencialidades econômicas estão centradas nas folhas, com a extração de fibras de alta resistência, e nos frutos, ricos em vitamina A e ácidos graxos saturados, podendo substituir o dendê e o babaçu na indústria de óleos (Villachica *et al.*, 1996; Guedes, 2005). Há registros afirmando que bastaria apenas um fruto dessa palmeira para suprir a dose diária de vitamina A necessária a uma pessoa (Lima *et al.*, 1986).

1.4 Utilização de enzima fitase como redutora de carga poluente em aquicultura

De acordo com Cyrino *et al.* (2010) o termo alimentos “ambientalmente corretos” é utilizado para caracterizar dietas com boa digestibilidade e conseqüentemente uma menor emissão de material fecal.

O uso de alimentos e rações, e o conseqüente manejo nutricional dos peixes, definirão a severidade do impacto ambiental causado pela piscicultura, em proporção direta com a intensificação dos sistemas de produção. Em sistemas intensivos, alimentos industrializados (rações) são as fontes principais ou exclusivas de nutrientes para os peixes, e podem representar até 70% dos custos de produção (Lovell, 1998).

O impacto ambiental gerado pela aquicultura resulta em grande parte do enriquecimento de coleções de água com nutrientes (Schroeder *et al.*, 1991) e sólidos dissolvidos (Naylor *et al.*, 1999).

No mundo, a principal fonte de proteína em aquicultura é a farinha de peixe, e as rações formuladas podem conter acima de 60 % deste ingrediente (Lovell, 1989). A qualidade deste ingrediente oscila dependendo da espécie e estado de conservação do pescado utilizado, apresentando variação quanto aos componentes nutricionais, presença de agentes patógenos e toxinas (Naylor *et al.*, 1999).

Diversos estudos têm estimulado pesquisas sobre fontes alternativas de proteínas, basicamente ingredientes vegetais (Carter e Hauler, 1999; Alceste e Jory, 2000). Os ingredientes de origem vegetal têm sido utilizados em substituição à farinha de peixe, pelo menor custo e disponibilidade no mercado.

Resultados de estudos realizados com tambaqui demonstram a possibilidade de substituição total de alimentos de origem animal, notadamente a farinha de peixe, por ingredientes de origem vegetal sem grandes prejuízos ao desempenho dos peixes (Van der Meer *et al.*, 1996; 1997).

Na ração o fósforo presente nos alimentos vegetais pode não ser totalmente absorvido pelos animais monogástricos, por se apresentar na forma de fitato, substância não hidrolisável no intestino desses animais. Para que o fósforo seja liberado, é necessária a presença de fitase, enzima não sintetizada pelos animais monogástricos (Bock *et al.*, 2007).

A inclusão de fitase em dietas com altos níveis de ingredientes vegetais pode reduzir a adição de fósforo inorgânico e contribuir para redução da descarga de fósforo por efluentes da piscicultura (Dalsgaard *et al.*, 2009).

O fósforo está entre um dos principais resíduos da aquicultura que podem causar eutrofização considerável nos corpos de água (Green *et al.*, 2002). A descarga deste nutriente em ambiente aquático é preocupante, uma vez que o fósforo é o nutriente mais limitante para a produção primária de algas e, então, o mais impactante.

Diversos estudos ressaltam que a utilização de fitase em dietas para peixes aumenta a disponibilidade e absorção de fósforo contido em fontes de proteína vegetal (Furuya, 2001; Baruah *et al.*, 2004; Bock *et al.*, 2006; Rocha *et al.*, 2007), porém é recomendado testar seus níveis de inclusão nas dietas das espécies cultivadas devido seu alto custo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alceste, C.C.; Jory, D.E. 2000. Tilápia – Alternative protein sources in tilapia feed formulation. *Aquaculture Management*, 26 (4).
- Araújo-Lima, C.; Goulding, M. 1998. Os frutos do tambaqui: ecologia, conservação e cultivo na Amazônia. Sociedade Civil Mamirauá/CNPq. Tefé, AM. 187 p.
- Aruoma, O. I. 1994. Nutrition and health aspects of free radicals and antioxidants. *Food Chemistry and Toxicology*, v.32: 671-683.
- Baruah, K.; Sahu, N.P.; PAL, A.K. et al. 2004. Dietary phytase: an ideal approach for cost effective and low-polluting aquafeed, *NAGA: World Fish Center Quarterly*, 27(3/4): 15-19.
- Bock, C. L.; Pezzato, L. E.; Cantelmo, O. A.; Barros, M. M. 2006. Fitase e Digestibilidade aparente de nutrientes de rações por tilápias-do-nilo. *R. Bras. Zootec*, 35(6): 2197-2202.
- Bock, C. L.; Pezzato, L. E.; Cantelmo, O. A.; Barros, M. M. 2007. Fitase em rações para tilápia-do-nilo na fase de crescimento. *R. Bras. Zootec*, 36(5): 1455-1461.
- Brandão, F. R.; Gomes, L. C.; Chagas, E. C.; Araújo, L. D., (2004). Densidade de estocagem de juvenis de tambaqui durante a recria em tanques-rede. *Pesq. Agropec. Bras.*, 39(4): 357-362.
- Carter, C. G., Hauler, R. C. 1999. Fish meal replacement by plant meals in extruded feeds for Atlantic salmon, *Salmo salar* L. School of Aquaculture, Univ. of Tasmania, Launceston, Australia.
- Cavalcante, P.B. Frutas comestíveis da Amazônia II. Belém, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, 1974. 27 p.
- Cavalcante, P.B. 1991. Frutas comestíveis da Amazônia. 5.ed. Belém: Edições CEJUP/Museu Paraense Emílio Goeldi. 279pp. (Coleção Adolfo Ducke).
- Chagas, E. C.; Val, A. L. 2003. Efeito da vitamina C no ganho de peso e em parâmetros hematológicos de tambaqui. *Pesq. Agropec. Bras.*, 38(3): 397-402.
- Chau, C.F.; Huang, Y.L. 2004. Characterization of passion fruit seed fibers: a potencial fiber source. *Food Chemistry*, 85: 189-194.
- Cyrino, J. E. P.; Bicudo, A. J. de A.; SADO, R. Y.; Borghesi, R.; Dairiki, J. K. 2010. A piscicultura e o ambiente – o uso de alimentos ambientalmente corretos em piscicultura. *R. Bras. Zootec.*, v.39: 68-87.

- Dalsgaard, J.; Ekmann, K. S.; Pedersen, P. B.; Verlhac, V. 2009. Effect of supplemented fungal phytase on performance and phosphorus availability by phosphorus-depleted juvenile rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*), and on the magnitude and composition of phosphorus waste output. *Aquaculture*, 286 (1-2): 105-112.
- Daris, D.; Jacques, R.; Valduga, E. 2000. Avaliação de características físico-químicas e sensoriais de doces em pasta elaborados com polpa e/ou casca de banana. *In: Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 17(1): 3-14.
- Durigan, J.F.; Yamanaka, L.H. 1987. Aproveitamento de subprodutos da fabricação do suco de maracujá, *In: Ruggiero, C. Cultura de maracujazeiro*. Ribeirão Preto: Legis Summa. p. 202-209.
- Faleiro, F.; Junqueira, N. T. V.; Braga, M. F.; Peixoto, J. R.; Junqueira, N. T.V. 2005. Germoplasma e melhoramento genético do maracujazeiro: desafios da pesquisa. *In: Faleiro, F.G.; Junqueira, N.T.V.; Braga, M.F. Maracujá: germoplasma e melhoramento genético*. Planaltina: Embrapa Cerrados, p. 187- 202.
- FAO (1987). *Especies forestales productoras de frutas y otros alimentos*. 3. Ejemplo de America Latina, 44/3. Rome. 241p.
- FAO (2007). The world's fisheries. (<http://www.fao.org/fi/statist/htm>.) Acesso: 26/11/2007.
- Ferrari, R. A.; Colussi, F.; Ayub, R.A. 2004. Caracterização de subprodutos da industrialização do maracujá – aproveitamento das sementes. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 26(1): 101-102.
- Froese, R. & Pauly, D. (2009). FishBase. World Wide Web electronic publication (2009). Acessado em 06 de dezembro de 2010 em <http://www.fishbase.org>.
- Furuya, W. M. 2001. Alimentos ambientalmente corretos para piscicultura. *In: Mattos, W. R. S. (Ed.). A produção animal na visão dos brasileiros*. Piracicaba: FEALQ, p. 515-527.
- Gentil, D. F. de O.; Ferreira, S. A. do N. 2005. Morfologia da plântula em desenvolvimento de *Astrocaryum acuelatum* Meyer (Arecaceae). *Acta Amazônica*. 35(3): 337–342.
- Goulding, M. 1980. The fish and the forest. Explorations in Amazonian Natural History. University of California Press, Los Angeles, 280 p.
- Green, J.A.; Brandon, E.L.; Hardy, R.H. 2002. Effects of dietary phosphorus and lipid levels on utilization and excretion of phosphorus and nitrogen by rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). 2. Production-scale study. *Aquaculture Nutrition*, v.8: 291-298.

- Guedes, A.M. 2005. *Estudo da extração de óleo da polpa de tucumã por CO2 supercrítico*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Pará, Belém, Pará.
- Instituto Brasileiro do Meio Ambiente dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA 2005: Estatística da Pesca Brasil: Grandes Regiões e Unidades da Federação. Brasília, DF.
- IBGE, 2009. Produção Agrícola Municipal. (<http://www.ibge.gov.br>). Acesso: 05/11/2010.
- Ismiño-Orbe, R. A. 1997. *Excreção e efeito da amônia sobre o crescimento do tambaqui (Colossoma macropomum CUVIER, 1818)*. Dissertação de Mestrado, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, Amazonas. 29pp.
- ITAL: Instituto de Tecnologia de Alimentos. *Maracujá: da cultura ao processamento e comercialização*, Série Frutas Tropicais, n. 9, 1980. 67 p.
- Kahn, F.; Millán, B. 1992. *Astrocaryum (Palmae) in Amazonia: a preliminary treatment*. *Bulletin Institute Français d'Étude Andines*, 21(2): 459-531.
- Larrauri, J. A.; Cerezal, P. 1993. Caracterización de los residuos de diferentes variedades de mango. *Alimentaria*, v. 242: 89-91.
- Lima, R. R.; Trassato, L. C. & Coelho, V. 1986. O tucumã (*Astrocaryum vulgare* Mart.). Principais características e potencialidade agroindustrial. *Boletim de Pesquisa*, 75. EMBRAPA-CPATU, Belém.
- Lopes, R.M.; Sevilha, A.C.; Faleiro, F.G.; Da Silva, D.B.; Vieira, R.F.; Agostini-Costa, T.S. 2010. Estudo comparativo do perfil de ácidos graxos em semente de passifloras nativas do cerrado brasileiro. *Rev. Bras. Frutic.*, 32(2): 498-506.
- Lovell, R.T. *Nutrition and feeding of fish*. 2.ed. Boston: Kluwer Academic Publishers, 1998.
- Luximon-Ramma, A.; Baborun, T.; Crozier, 2003. A. Antioxidant actions and phenolic and vitamin C contents of common Mauritian exotic fruits. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 83: 496-502.
- Matsuura, F. C. A. U.; Folegatti, M. I. S. 1999. Produtos. In: LIMA, A. de A. (coord.) O cultivo do maracujá. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, p.103-108.
- Meletti, L.; Molina, M. 1999. *Maracujá: produção e comercialização*. Campinas, 64p.
- Mendonça, M.S. 1996. *Aspectos morfológicos das sementes de algumas espécies de palmeiras (Arecaceae = Palmae) da Amazônia*. Tese de Doutorado, Universidade do Amazonas, Manaus, Amazonas. 68pp.
- Modesta, R. D. 1990. *Manual de Análise Sensorial de Alimentos e Bebidas*. n. 11. CTAA, RJ. 120 p.

- Naylor, S.J.; Moccia, R.D.; Durant, G.M. 1999. The chemical composition of settleable solid fish waste (manure) from commercial rainbow trout farms in Ontario, Canada. *North American Journal of Aquaculture*, v.61: 21-26.
- Oliveira, L.F.; Nascimento, M.R.F.; Borges, S.V. 2002. Aproveitamento alternativo da casca do maracujá amarelo (*Passiflora edulis f. flavicarpa* deg.) para produção de doce de calda. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 22(3): 259-262.
- Ostrensky, A.; Borghetti, J. R.; Soto, D. 2007. *Estudo setorial para consolidação de uma aquicultura sustentável no Brasil*. Curitiba.
- Piza-Júnior, C de T. 1991. *A cultura do maracujá*. Campinas, Secretaria de Agricultura e Abastecimento, 71p.
- Rocha, G.S.; Pezzato, L.E.; Padilha, P.M.; Barros, M.M. 2007. Disponibilidade aparente de fósforo em alimentos vegetais e suplementação da enzima fitase para tilápia do Nilo. *R. Bras. Zootec.*, 36(5): 1473-1480.
- Roubach, R. 1991. *Uso de frutos e sementes de florestas inundadas na alimentação do tambaqui *Colossoma macropomum**. Dissertação de mestrado, Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia/Fundação Universidade do Amazonas, Manaus, Amazonas. 79pp.
- Schaub, S. M.; Leonard, J. J. 1996. Composting: an alternative waste management option for food processing industries. *Trends in Food Science & Technology*, v.7: 263-268.
- Schroeder, G.L.; Kalton, A.; Laher, M. 1991. Nutrient flow in pond aquaculture systems. In: Brune, E.; Tomaso, J.R. (Eds.) *Aquaculture and water quality*. Advances in World Aquaculture 3. Baton Rouge: The World Aquaculture Society, p.489-505.
- Silva, J.A.M. 1997. *Nutrientes, energia e digestibilidade aparente de frutos e sementes consumidos pelo tambaqui, (*Colossoma macropomum* CUVIER, 1818) nas florestas inundáveis da Amazônia central*. Tese de Doutorado INPA/UA, Manaus, AM. 142 pp.
- Silva, J.A.M.; Filho, M.P., Oliveira-Pereira, M.I. 2003. Frutos e sementes consumidos pelo tambaqui, *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1818) incorporado em rações. Digestibilidade e velocidade de trânsito pelo trato gastrointestinal, *R. Bras. Zootec.*, 32(6): 1815-1824.
- Souza, A.G.C.; Sousa, N.R.; Silva, S.E.L.; Nunes, C.D.M.; Couto, A.C.; Cruz, L.A.A. 1996. *Fruteiras da Amazônia*. Embrapa - SPI/Embrapa – CPAA, Brasília. 204p. (Biblioteca Botânica Brasileira, 1).

- Thassitou, P. K.; Arvanitoyannis, I. S. 2001. Bioremediation: a novel approach to food waste management. *Trends in Food Science & Technology*, v.12: 185- 196.
- Van Der Meer, M. B.; Huisman, E. A.; Verdegem, M. C. J. 1996. Feed consumption, growth and protein utilization of *Colossoma macropomum* (Cuvier) at different dietary soya meal/ fish meal ratios. *Aquaculture Research*, 27: 531-538.
- Van Der Meer, M. B.; Faber, R.; Zamora, J. E.; Verdegem, M. C. J. 1997. Effect of feeding level on feed losses and feed utilization of soya and fish meal diets in *Colossoma macropomum* (Cuvier). *Aquaculture Research*, 28: 391-403.
- Vetter, J. 2000. Plant cyanogenic glycosides. *Toxicon*, v.38: 11-36.
- Villachica, H.; Carvalho, J. E. U.; Müller, C. H.; Díaz, S. C. & Almanza, M. 1996. *Frutales y hortalizas promisorias de la Amazonía*. Tratado de Cooperación Amazonica, (TCA-SPT,44), FAO, Lima, Peru, p. 264-267.
- Waldhoff, D.; Saint-Paul, U.; Furch, B. 1996. Value of fruits and seeds from the floodplain forests of Central Amazonia as food resource for fish. *Ecotropica*, 2: 143-153.
- Wegbecher, F.X. 2010. *Bactérias celulíticas e o uso de residuo de maracujá (Passiflora edulis) em rações extrusadas para juvenis de tambaqui (Colossoma macropomum)*. Tese de Doutorado, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia/Universidade Federal do Amazonas. 90 p. il.

CAPÍTULO 1

Avaliação da digestibilidade das rações extrusadas com inclusão de resíduos de maracujá (*Passiflora edulis*) e tucumã (*Astrocaryum acuelatum*) para juvenis de tambaqui, *Collossoma macropomum* (Cuvier, 1818)

RESUMO

Nesta pesquisa foram determinados os coeficientes de digestibilidade aparente de uma ração teste (sem resíduos de frutos) e outras duas, sendo uma com inclusão de 20% de sementes de maracujá *Passiflora edulis* e outra com 20% de cascas e sementes de tucumã *Astrocaryum acuelatum* para juvenis de tambaqui (*Colossoma macropomum*). O óxido de cromo (0,5%) foi utilizado como indicador inerte e as fezes foram coletadas pelo método de Guelph modificado. Os coeficientes de digestibilidade aparente total, extrato etéreo, proteína bruta e extrato não nitrogenado foram de: 64, 62, 66, 62 e 55, 57, 54 e 58 % para as dietas com maracujá e tucumã, respectivamente.

ABSTRACT

This research evaluated the apparent digestibility of a test diet (without fruits residues) and other two, the first with a inclusion of 20% of passion fruit seeds, *Passiflora edulis*, and the other with 20% of inclusion of peel and seeds of tucumã, *Astrocaryum acuelatum*, for tambaqui (*Colossoma macropomum*) juveniles. The chromic oxide (0.5%) was utilized as an inert indicator and the faces were collected by modified Guelph system. The total apparent digestibility, ether extract, protein and non-nitrogen extract were: 64, 62, 66, 62 and 55, 57, 54 and 58 % for passion fruit and tucumã respectively.

1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, o cultivo intensivo e semi-intensivo de peixes tem sido crescente no Brasil, principalmente pelo interesse nas espécies nativas tropicais.

Dentre estas, pode-se destacar o tambaqui, *Colossoma macropomum*, que possui elevada eficiência na conversão de proteína dietética em peso corporal e em proteína depositada no tecido muscular (Doria e Leonhardt, 1993; Zaniboni Filho e Meurer, 1997).

O tambaqui apresenta elevada atividade da enzima amilase (Kohla *et al.*, 1992), o que pode explicar a sua capacidade de utilização de ingredientes vegetais em substituição aos de origem animal (Hernández *et al.*, 1995; Van der Meer *et al.*, 1996; Cruz *et al.*, 1997; Silva *et al.*, 1997) e possibilitar a redução no custo de produção desta espécie em cativeiro.

No Brasil, a disponibilidade de farinha de peixe de boa qualidade é pequena e, aliada ao alto custo de farinha importada, tem levado à busca de outras fontes protéicas que substituam a farinha de peixe sem prejudicar ao desempenho dos animais (Boscolo *et al.*, 2001).

As diferenças nas exigências nutricionais de peixes variam conforme a capacidade em aproveitar o alimento fornecido ou existente no meio (Pezzato *et al.*, 2004).

Não somente pela própria capacidade do tambaqui de se alimentar de frutos e sementes, igualmente os processos de fabricação de rações minimizam a problemática pela trituração de itens alimentares. Os melhores resultados de conversão alimentar e desempenho produtivo têm sido proporcionados por rações extrusadas (Pezzato *et al.*, 2002), haja visto que, dentre outros fatores, a redução do tamanho da fibra facilita a sua digestibilidade (Jerger *et al.*, 1982).

Segundo Hopher (1988) os primeiros estudos acerca da determinação dos coeficientes de digestibilidade dos alimentos pelos peixes foram realizados por Homburger em 1877. De acordo com Cho (1987) a determinação da digestibilidade dos nutrientes de uma matéria-prima, é o primeiro cuidado quando se pretende avaliar seu potencial de inclusão numa ração para peixes. O conhecimento da digestibilidade dos subprodutos da agroindústria tem viabilizado a utilização de uma série de ingredientes em rações completas para peixes.

Dentre estes, pode-se destacar a torta da semente do maracujá (*Passiflora edulis*). O maracujá é nativo do Brasil e seus subprodutos correspondem a cerca de 70% do peso do fruto (Oliveira *et al.*, 2002). A semente representa 26% de sua composição *in natura* (Ferrari

et al., 2004), cujas concentrações de proteína e lipídeos equivalem a 8,25 e 24,5%, respectivamente.

Outro fruto bastante difundido na região Norte do Brasil é o tucumã, fruto do tucumanzeiro, *Astrocaryum aculeatum*, palmeira que chega a alcançar 20m de altura.

O fruto desta palmácea é utilizado de várias formas pelas populações rurais e urbanas de baixa renda, mas as potencialidades econômicas do tucumanzeiro estão centradas nas folhas, com a extração de fibras de alta resistência, e nos frutos, ricos em vitamina A, ácidos graxos saturados e glicerídeos trissaturados, podendo substituir o dendê e o babaçu na indústria de óleos (Villachica *et al.*, 1996).

A determinação da digestibilidade de alimentos utilizados na elaboração de dietas através da formulação de rações para peixes é de fundamental importância para melhoria de sua eficiência alimentar. Além disso, estes estudos permitem conhecer os alimentos que proporcionam baixos excedentes de nutrientes ao meio, principalmente nitrogênio e fósforo (Biudes *et al.*, 2009).

Desta forma, a otimização do crescimento dos peixes só pode ser alcançada por meio do manejo concomitante da qualidade da água, nutrição e alimentação. A alimentação excessiva ou o uso de rações não balanceadas reduzem a absorção de nutrientes pelos peixes, o que pode resultar em excesso de matéria orgânica nos sistemas de produção (Cyrino *et al.*, 2010).

Existem várias metodologias para determinação dos coeficientes de digestibilidade aparente dos nutrientes e da energia dos alimentos. Para peixes destacam-se os métodos indiretos que fazem uso de indicadores.

Poucas espécies de peixes nativos têm sido alvo de estudos dessa natureza. Oliveira *et al.* (2007) e Vidal Jr. *et al.* (2004) determinaram coeficiente de digestibilidade aparente de alimentos para tambaqui (*Colossoma macropomum*), Abimorad *et al.* (2007) para o pacu (*Piaractus mesopotamicus*) e Sallum *et al.* (2002) para o matrinxã (*Brycon cephalus*).

A escolha de ingredientes com maior digestibilidade possibilita melhoria nos índices zootécnicos e diminuição na poluição da água dos viveiros de cultivo. Desse modo, realizou-se este estudo para determinar os coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca - MS, proteína bruta - PB e energia bruta - EB do farelo de soja, do glúten de milho, do farelo de trigo, milho, resíduos de maracujá e de tucumã para juvenis de tambaqui.

1. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

Avaliar o efeito da incorporação de resíduos do despolpamento de maracujá e tucumã em uma dieta referência (controle) sobre a digestibilidade das rações para juvenis de tambaqui.

2.2. Objetivos específicos

Determinar os coeficientes de digestibilidade aparente total, extrato etéreo, proteína bruta e extrato não nitrogenado das dietas com inclusão de 20% de sementes de maracujá em juvenis de tambaqui.

Determinar os coeficientes de digestibilidade aparente total, extrato etéreo, proteína bruta e extrato não nitrogenado das dietas com inclusão de 20% de cascas e sementes de tucumã em juvenis de tambaqui.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados juvenis de tambaqui, com peso médio de $25 \pm 2,3$ g. Os animais experimentais foram medidos (cm), pesados (g) e distribuídos posteriormente em 9 unidades experimentais com capacidade de 200 litros equipados com sistema de aeração constante e taxa de renovação de água de 1 L/min, na densidade de 30 indivíduos por unidade experimental, totalizando 270 exemplares.

O experimento teve duração de 45 dias. Todas as dietas isoproteicas foram formuladas de forma a conter 30% de proteína bruta. Os peixes foram alimentados manualmente, duas vezes ao dia (09:00 e 16:00 h), ao nível de 5% da biomassa.

O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado com três tratamentos e três repetições. As dietas consistiram de 3 rações, sendo que uma serviu de controle (sem inclusão de resíduos de frutos) para as comparações. As dietas-teste consistiram da dieta-referência com o alimento-teste substituindo 20% da dieta-referência. Para uma dieta-teste foi utilizada farinha de sementes de maracujá e para a outra farinha de casca e sementes de tucumã. A Tabela 1 apresenta as análises de composição centesimal dos ingredientes utilizados nas rações experimentais, a Tabela 2 apresenta a composição percentual das dietas e a Tabela 3 a composição físico-química das dietas experimentais.

Para a elaboração das farinhas, as sementes de maracujá (*Passiflora edulis*) e da casca e semente de tucumã (*Astrocaryum acuelatum*) foram trituradas individualmente em máquina elétrica de moer carne, secas em estufa com circulação forçada de ar por 24 horas, a uma temperatura de 40°C. Após este período passaram novamente pelo moedor, para obtenção de farinha uniforme como ingrediente nas rações experimentais.

Os animais experimentais foram alocados em tanques cônicos de fibra de vidro com volume útil de 200L, adaptados com um sistema coletor de fezes (SCF) em sua porção inferior. Este SCF é constituído de conexões de PVC ligadas a um registro hidráulico que possui fixação em rosca para encaixe de pré-formas de garrafa PET com volume de 50mL para coleta das fezes.

Os peixes foram aclimatados por um período de 7 dias dentro das condições experimentais de troca de água (1 litro/min) e aeração contínua, com alimentação manual até a saciedade aparente, duas vezes ao dia (09:00 e 16:00 horas).

Tabela 1. Análise físico-química dos ingredientes das rações (g/100g MS) usadas para testar o efeito da incorporação de resíduos do despolpamento de maracujá (*Passiflora edulis*) e tucumã (*Astrocaryum acuelatum*) em uma dieta referência (controle) sobre a digestibilidade das rações para juvenis de tambaqui, *Colossoma macropomum*.

Ingredientes	UM	CZ	EE	PB	FB	ENN
F. de Soja	11,4	5,6	2,0	42	5,7	33,3
F. de milho	12,5	1,1	3,8	8,6	2,1	71,9
F. de trigo	12,5	1,1	3,1	16,7	8,1	58,5
Protenose	11,3	1,4	0,5	60	0,7	26,1
Maracujá (semente)	9,1	1,6	23,1	11,4	43,4	11,4
Tucumã (casca e semente)	6,0	3,3	36,4	8,2	11,6	34,5
P. Vitaminico*	-	100	-	0,0	-	-
Óleo de soja	-	-	100	0,0	-	-

*P. Vitaminico e mineral/kg: fósforo 0,5%; cobre 2,66mg; ferro 16,66mg; iodo 0,25mg; manganês 25mg; zinco 16,6mg; vit. A 3,33UI; vit. E 2UI; vit. C 1,000 ppm, vit. D3 800UI; vit B10,46mg; vit. B12 3,33mg; vit B2 1,66mg; vit K 0,52mg. L-lisina (99%). DL-metionina (99%).

Tabela 2. Composição percentual das dietas experimentais usadas para testar o efeito da incorporação de resíduos do despolpamento de maracujá (*Passiflora edulis*) e tucumã (*Astrocaryum acuelatum*) em uma dieta referência (controle) sobre a digestibilidade das rações para juvenis de tambaqui, *Colossoma macropomum*.

Ingredientes	Dieta experimental (%)		
	Controle	20% Maracujá	20% Tucumã
F. de Soja	45	33	33
F. de milho	24	9	9
F. de trigo	19	18	16
Maracujá	-	20	-
Tucumã	-	-	20
P. Vitaminico*	1	1	1
Glúten de milho	11	17	20
Óleo de soja	0	2	1
Total	100	100	100

Tabela 3. Análise físico-química das rações experimentais com e sem inclusão de resíduos de maracujá e tucumã usadas no experimento com juvenis de tambaqui, *Colossoma macropomum*, alimentados com rações contendo resíduos de maracujá (*Passiflora edulis*) e tucumã (*Astrocaryum acuelatum*).

Dietas	Porcentagem de nutrientes nas dietas experimentais							
	UM	CZ	EE	PB	FB	ENN	EB (Kcal/100 g)	EB:PB
Controle	11,4	4,7	4,4	30,5	4,6	44,4	383,6	12,57
20% Maracujá	10,8	4,3	8,2	30,0	12,3	34,4	395,22	13,17
20% Tucumã	12,1	4,6	9,8	30,9	6,1	36,5	418,08	13,53

Um= umidade; CZ = cinza; EE = extrato etéreo; PB = proteína bruta; FB = fibra bruta; ENN = extrato não nitrogenado; EB = energia bruta; EB:PB = relação energia:proteína

2.1 Digestibilidade

Para determinação dos coeficientes de digestibilidade aparente das rações experimentais foi utilizado o método de decantação em coluna d'água em coletores de fezes modificados do Sistema Guelph, com uso de marcador indireto, óxido de cromo a 0,5% nas rações (Cho et al., 1985; Ng & Wilson, 1997).

Após 30 minutos de cada período alimentar, as sobras de ração e fezes que decantavam eram retiradas por descarga pelo registro hidráulico. Após isto, os coletores de fezes eram rosqueados para início da próxima coleta de fezes.

A coleta teve início após uma semana de experimento, sendo utilizada a metodologia descrita por Cho *et al.* (1985).

Durante este período, as fezes decantadas na parte terminal dos coletores foram retiradas, homogeneizadas, formando uma amostra para cada unidade experimental e congeladas imediatamente para posterior liofilização. Este procedimento se repetiu durante o número de dias necessários para a obtenção da quantidade de fezes necessárias em cada unidade experimental para a análise de sua composição centesimal, determinação do marcador inerte e subsequente determinação dos coeficientes de digestibilidade aparente e análises bromatológicas.

A determinação do coeficiente de digestibilidade aparente da matéria seca e proteína bruta dos ingredientes das rações seguiu a metodologia de Cho *et al.* (1985; 1987). A análise da determinação da concentração de óxido de cromo nas amostras foi realizada por método colorimétrico conforme metodologia descrita por Furukawa e Tsukahara (1966).

As análises bromatológicas foram realizadas segundo metodologia proposta pela AOAC (1995).

Os resultados foram analisados através de ANOVA, com teste “F” a 5% de probabilidade. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$) (Zar, 1996).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados referentes aos coeficientes de digestibilidade aparente, com suas repetições, estão apresentados na Tabela 3.

Pelos resultados obtidos para a digestibilidade total (Dt), considerando os valores das três repetições, pode-se observar que houve uma diminuição ($p < 0,05$) dos coeficientes de digestibilidade com a inclusão dos resíduos de frutos utilizados.

Tabela 4. Coeficiente de digestibilidade aparente das rações (DT – Digestibilidade total; EE – extrato etéreo; PB – proteína bruta; ENN – extrato não nitrogenado) nos tratamentos controle, 20% de inclusão de resíduos de maracujá (*Passiflora edulis*) e 20% de inclusão de resíduos de tucumã (*Astrocaryum acuelatum*) usadas para testar o efeito da incorporação de resíduos do despulpamento de maracujá e tucumã em uma dieta referência (controle) sobre a digestibilidade das rações para juvenis de tambaqui, *Colossoma macropomum*.

CDA (%) dos nutrientes das rações			
CDA (%)	Controle	Maracujá (20%)	Tucumã (20%)
DT	77±2,6a	64±2,8b	55±1,2c
EE	83±2,1a	62±1,6b	57±0,9c
PB	81±1,8a	66±1,4b	54±1,3c
ENN	67±2,4a	62±0,8b	58±0,5c

Em termos percentuais, esta redução da digestibilidade total ao incluir 20% de farinha de sementes de maracujá representa uma piora de 17% enquanto que ao incluir 20% de resíduos de tucumã esta piora se agrava, atingindo 28,6%.

Os coeficientes de digestibilidade total (Dt) das dietas foram considerados baixos, o que pode ser explicado em função das limitações do método de coleta de fezes adotado no presente estudo e pelos teores mais altos de fibra bruta de ocorrência nas sementes de maracujá e cascas e sementes de tucumã.

Resultados semelhantes foram encontrados por Silva *et al.* (2003) ao trabalhar com digestibilidade de diversos frutos e sementes consumidos pelo tambaqui. O autor observa que os menores índices de digestibilidade total ocorreram quando as dietas foram adicionadas de embaúba (*Cecropia* sp.) e jauari (*Astrocaryum jauari*), ambas com alto teor de fibras, 28,5 e 17,4%, respectivamente.

Furuya *et al.* (2008), ao testar a inclusão de subprodutos desidratados das polpas de tomate e goiaba, com composição de fibra de 32,09 e 43,44%, respectivamente observaram uma redução dos CDAs quando comparados a dieta referência, sem adição de subprodutos.

Wegbecher (2010) ao trabalhar com torta de semente de maracujá em dietas para tambaqui não observou diferenças ($p > 0,05$) entre os CDAs do tratamento controle (sem adição do resíduo) e com 10% de inclusão. Porém, ao incluir 20% e 30% dos resíduos na dieta basal, o autor relata uma diminuição ($p < 0,05$) deste coeficiente. O autor ainda ressalta a ocorrência de valores crescentes dos teores de fibra em detergente neutro (FDN) e decrescentes dos teores de carboidrato não estrutural (CNE) em relação ao aumento da inclusão de sementes de maracujá nas dietas experimentais, sugerindo que quanto maior for o valor obtido da relação FDN/CNE, menor será a digestibilidade da proteína bruta e matéria seca.

De acordo com Olivera *et al.* (2007) os ingredientes de origem vegetal mais utilizados em dietas para não-ruminantes são relativamente ricos em amido e proteína, mas contêm nutrientes não digeríveis presentes na parede celular, como os polissacarídeos não amiláceos (PNAs), os oligossacarídeos e outros não carboidratos (glicoproteínas, ésteres fenólicos, lignina) e a hemicelulose.

Sklan *et al.* (2004) observaram que o elevado conteúdo de fibra, reduz o acesso das enzimas digestivas aos nutrientes ou pela interação indireta entre os componentes da parede celular e os processos digestivos.

Segundo Cavero (2004) a digestibilidade dos nutrientes presentes na ração pode ser melhorada com o uso de aditivos enzimáticos que auxiliam no processo de digestão.

Ng *et al.* (2002) avaliaram o miolo de palma (PKM) da Malásia, após pré-tratamento com complexo enzimático comercial (*Allzyme Vegpro*) em rações para tilápia vermelha (*Oreochromis sp.*), e concluíram que este alimento pode ser incluído em altos níveis, reduzindo custos com a alimentação, além de diminuir o impacto.

Ogunkoya *et al.* (2005) também verificaram efeito positivo sobre os coeficientes de digestibilidade aparente de MS, PB, lipídeo, fósforo e energia ao estudarem a incorporação de farelo de soja e de um complexo enzimático composto por xilanase, amilase, celulase, protease e β -glucanase à dieta de truta arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*).

Segundo Ouhida *et al.* (2002) o tratamento de cascas e cotilédones de soja com enzimas degradantes de parede celular (pectinase, xilanase e celulase) resultou na liberação de pelo menos 7% dos monossacarídeos componentes das frações não solúveis em água, enquanto as misturas de enzimas (complexos) ajudaram na digestão de amido e proteínas.

O estudo da digestibilidade é atualmente uma das ferramentas mais utilizadas em trabalhos de nutrição de organismos aquáticos. Através de sua determinação, pode-se avaliar a qualidade de uma dieta ou ingrediente, e conseqüentemente seu nível de inclusão em uma ração e sua provável carga poluente em ambientes aquáticos.

Neste estudo, a inclusão de 20% de sementes de maracujá e 20% de cascas e sementes de tucumã proporcionou uma menor digestibilidade das rações, o que refletiu em uma menor assimilação dos nutrientes, podendo assim vir a aumentar a carga de poluentes lançada no ambiente aquático.

4. CONCLUSÃO

A inclusão de sementes de maracujá e de casca e sementes de tucumã aos níveis testados determinaram uma diminuição nos coeficientes de digestibilidade aparente total, extrato etéreo, proteína bruta e extrato não nitrogenado.

Em termos percentuais a diminuição dos valores do coeficiente de digestibilidade total ocorreu em 17% para as dietas com a inclusão de sementes de maracujá e 28,6% para as dietas com cascas e sementes de tucumã.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abimorad, E.G.; Squassoni, G.H.; Carneiro, D.J. 2007. Apparent digestibility of protein, energy and amino acids in some selected feed ingredients for pacu *Piaractus mesopotamicus*. *Aquaculture nutrition*, v.14: 374-380.
- A.O.A.C. 1995. Association of Official Analytical Chemists. Official Methods of Analysis. 17^a. ed. 1141p.
- Biudes, J.F.V.; Pezzato, L.E.; Camargo, A.F.M. 2009. Digestibilidade aparente da farinha de aguapé em tilápias-do-nilo. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 38(11): 2079-2085.
- Boscolo, W.R.; Hayashi, C.; Meurer, F.; Soares, C.M. 2001. Farinhas de peixe, carne e ossos, vísceras e crisálida como atractantes em dietas para alevinos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). *Revista Brasileira de Zootecnia*, 30(5): 1397-1402.
- Cavero, B.A.S. 2004. Uso de enzimas digestivas exógenas na alimentação de juvenis de pirarucu, *Arapaima gigas* (Cuvier, 1829). Tese de Doutorado, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia/Universidade Federal do Amazonas. Manaus, Amazonas. 79pp.
- Cho, C.Y.; Cowey, C.B.; Watanabe, T. 1985. Finfish nutrition in Asia: methodological approaches to research and development. Ottawa: IDRC, 154 p.

- Cho, C.H. 1987. La energia en la nutrición de los peces. In: Nutrición en cuicultura II. Madrid-España: J. Espinosa de los Monteros y U. Labarta, p.197-237.
- Cruz, W.D.; Miguel, C.B.; Bonifácio, A.D.; Reis, A.D.; Fialho, A.P. 1997. Resíduo de cervejaria na alimentação de tambaqui, *Colossoma macropomum* (Cuvier,1818). *Boletim do Instituto de Pesca*, 24: 133-138.
- Cyrino, J. E. P.; Bicudo, A. J. de A.; Sado, R. Y.; Borghesi, R.; Dairiki, J. K. 2010. A piscicultura e o ambiente – o uso de alimentos ambientalmente corretos em piscicultura. *R. Bras. Zootec.*, 39: 68-87.
- Doria, C.R.C.; Leonhardt, J.H. 1993. Análise do crescimento de *Piaractus mesopotamicus* e *Colossoma macropomum* (Pisces: Caracidae) em sistema semi-intensivo de policultivo com arraçoamento e adubação orgânica. *Revista Unimar*, v.15 (suplemento), p.211-222.
- Ferrari, R. A.; Colussi, F.; Ayub, R. A. 2004. Characterization of by-products of passion fruit industrialization and utilization of seeds. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 26(1): 101-102.
- Furukawa, A.; Tsukahara, H. 1966. On the acid digestion for the determination of chromic oxide as an index substance in the study of digestibility of fish feed. *Bulletin of Japanese Society of Scientific Fisheries*, 6: 502-506.
- Furuya, W.M.; Sales, P.J.P.; Santos, L.D; Silva, L.C.R.; Silva, T.C.S.; Furuya, V.R.B. 2008. Composição química e coeficientes de digestibilidade aparente dos subprodutos desidratados das polpas de tomate e goiaba para tilápia do Nilo. *B. Inst. Pesca*, 34(4): 505 - 510.
- Hepher, B. 1988. *Nutrition of pond fishes*. Cambridge: Cambridge University Press, 386p.
- Hernández, M.; Takeuchi, T.; Watanabe, T. 1995. Effect of dietary energy sources on the utilization of protein by *Colossoma macropomum* fingerlings. *Fisheries Science*, 61 (3): 507-511.
- Jerger, D.E.; Dolenc and D.P. Chynoweth. 1982. Bioconversion of woody biomass as a renewable source of energy. *Biotechnol. Bioeng. Symp.* 12: 233-248.
- Kohla, U.; Saint-Paul, U.; Friebe, J.; Wernicke, D.; Hilge, B.F.A.V.; Bravm, E.; Gropp, J. 1992. Growth, digestive enzyme activities and hepatic glycogen levels in juvenile *Colossoma macropomum* Curvier from South America during feeding, starvation and refeeding. *Aquaculture Fisheries Management*, 23(1): 189-208.

- Ng, W-K.; Lim, H-A.; Lim, S-L.; Ibrahim, C-O. 2002. Nutritive value of palm kernel meal pretreated with enzyme or fermented with *Trichoderma koningii* (Oudemans) as a dietary ingredient for red hybrid tilapia (*Oreochromis* sp.). *Aquaculture Research*, 33:1199-1207.
- Ng, W.k.; Wilson, R.P. 1997. Chromic oxide inclusion in the diets not affect glucose utilization or chromium retention by channel catfish, *Ictalurus punctatus*. *Journal of Nutrition*, 127: 2357-2362.
- Ogunkoya, A.E.; Page, G.I.; Adewolu, M.A.; Bureau, D.P.. 2005. Dietary incorporation of soybean meal and exogenous enzyme cocktail can affect physical characteristics of faecal material egested by rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, 254: 466-475.
- Oliveira, A.C.B.; Martinelli, L.A.; Moreira, M.Z. et al. 2007. Determination of apparent digestibility coefficient in fish by stable carbon isotopes. *Aquaculture Nutrition*, 14: 10-13.
- Oliveira, L.F.; Nascimento, M.R.F.; Borges, S.V. 2002. Aproveitamento alternativo da casca do maracujá amarelo (*Passiflora edulis f. flavicarpa* deg.) para produção de doce de calda. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 22(3): 259-262.
- Ouhida, I.; Perez, J.F.; Gasa, J. 2002. Soybean (*Glycine max*) cell wall composition and availability to feed enzymes. *Journal Agriculture Food Chemistry*, 50(7): 1933-1938.
- Pezzato, L.E.; Miranda, E.C.; Barros, M.M.; Pinto, L.G.Q.; Furuya, W.M.; Pezzato, A.C. 2002. Digestibilidade aparente de ingredientes pela tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). *Revista Brasileira de Zootecnia*, 31(4): 1595-1604.
- Pezzato, L.E.; Barros, M.M.; Fracalossi, D.M.; Cyrino, J.E.P. 2004. Nutrição de peixes. In: Cyrino, J.E.P.; Urbinati, E.C.; Fracalossi, D.M. (Eds.) *Tópicos especiais em piscicultura de água doce tropical intensiva*. São Paulo: Tecart, p.75-169.
- Sallum, W.B.; Bertechini, A.G.; Cantelmo, O.A.; Pezzato, L.E.; Logato, P.V.R. 2002. Coeficiente de digestibilidade aparente da matéria seca, proteína bruta e extrato etéreo de ingredientes de ração para o matrinhã (*Brycon cephalus*, Gunther 1869). *Ciência e Agrotecnologia*, 26(1): 174-181.
- Silva, J.A.M.; Filho, M.P., Oliveira-Pereira, M.I. 2003. Frutos e sementes consumidos pelo tambaqui, *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1818) incorporado em rações.

- Digestibilidade e velocidade de trânsito pelo trato gastrointestinal, *R. Bras. Zootec.*, 32(6): 1815-1824.
- Silva, P.C.; França, A.F.S.; Padua, D.M.C.; Jacob, G. 1997. Milheto (*Pennisetum americanum*) como substituto do milho (*Zea mays*) na alimentação do tambaqui (*Colossoma macropomum*). *Boletim Instituto Pesca*, 24(especial): 125-131.
- Sklan, D.; Prag, T.; Lupatsh, I. 2004. Apparent digestibility coefficients of feed ingredients and their predictions in diets for tilapia *Oreochromis niloticus* x *Oreochromis aureus* (Teleostei, Cichlidae). *Aquaculture Research*, 35: 358-364.
- Van Der Meer, M. B.; Huisman, E. A.; Verdegem, M. C. J. 1996. Feed consumption, growth and protein utilization of *Colossoma macropomum* (Cuvier) at different dietary soya meal/ fish meal ratios. *Aquaculture Research*, 27: 531-538.
- Vidal JR., M.V.; Donzele, J.L.; Andrade, D.R. et al. 2004. Determinação da digestibilidade da matéria seca e da proteína bruta do fubá de milho e do farelo de soja para tambaqui (*Colossoma macropomum*), utilizando-se técnicas com uso de indicadores internos e externos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 33(6): 2193-2200.
- Villachica, H.; Carvalho, J. E. U.; Müller, C. H.; Díaz, S. C. & Almanza, M. 1996. Frutales y hortalizas promisorias de la Amazonía. p. 264-267. *Tratado de Cooperación Amazonica*, (TCA-SPT,44), FAO, Lima, Peru.
- Wegbecher, F.X. 2010. Bactérias celulíticas e o uso de resíduo de maracujá (*Passiflora edulis*) em rações extrusadas para juvenis de tambaqui (*Colossoma macropomum*). Tese de Doutorado, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia/Universidade Federal do Amazonas. 90 pp. il.
- Zaniboni Filho, E.; Meurer, S. 1997. Limitações e potencialidades do cultivo de tambaqui (*Colossoma macropomum* Cuvier, 1818) na região subtropical do Brasil. *Boletim Instituto Pesca*, 24: 169-172.
- Zar, J.H. 1996. Biostatistical analysis. Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey, USA.

CAPÍTULO 2

Aproveitamento de subprodutos da agroindústria de polpa de frutas (Maracujá, *Passiflora edulis* e Tucumã, *Astrocaryum acuelatum*) como ingredientes de rações para juvenis de tambaqui, *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1818).

RESUMO

Neste estudo foi avaliado o desempenho produtivo e a composição corporal de juvenis de tambaqui (*Colossoma macropomum*), submetidos a três dietas isoprotéicas (30% PB) e isocalóricas (400 Kcal/100 g): uma controle sem adição de resíduos de frutos, uma com inclusão de 20% de sementes de maracujá, *Passiflora edulis*, e outra com 20% de inclusão de cascas e sementes de tucumã, *Astrocaryum acuelatum*. Os resultados demonstraram que a adição destes resíduos a estes níveis interferiu de forma negativa no desempenho produtivo e no rendimento de carcaça dos animais.

ABSTRACT

This research evaluated the performance and body composition in tambaqui (*Colossoma macropomum*) juveniles, submitted to three isoproteic (30%) and isocaloric diets (400 Kcal/100 g): one standard without fruits residues addition, one with 20% from passion fruits, *Passiflora edulis*, seeds and other with 20% of bark and seeds from tucumã, *Astrocaryum acuelatum*. The results demonstrated that the use of these fruits with different levels in the diets decreased the performance and body composition in tambaqui juveniles.

1. INTRODUÇÃO

A aquicultura é considerada como o setor de produção de alimentos de origem animal que mais cresce mundialmente (FAO, 2004). Considerando-se as qualidades nutritivas do pescado, o potencial de geração de empregos, o baixo custo de produção, a depleção dos estoques pesqueiros naturais e o aumento da demanda de alimentos, esta atividade torna-se altamente viável economicamente (Oliveira *et al.*, 2004).

Segundo Saint-Paul (1986), a América do Sul possui a ictiofauna mais rica de todos os continentes, daí a necessidade de desenvolver tecnologias que viabilizem e otimizem a criação de algumas de espécies nativas.

A primeira espécie de peixe amazônico que atraiu a atenção de um número grande de pesquisadores e aquicultores foi o tambaqui (*Colossoma macropomum* Cuvier 1818) pertencente à família Characidae e subfamília Serrasalminae (Araújo-Lima e Goulding, 1998). É um peixe que possui alto valor comercial e tem a carne bastante apreciada, apresenta hábito alimentar onívoro, crescimento rápido, rusticidade, tolerando baixos teores de oxigênio dissolvido na água, além de fácil adaptação à alimentação artificial e técnicas de reprodução induzida já conhecidas (Graef, 1995).

Atualmente, já apresenta uma significativa produção em confinamento, sendo responsável por 73,5% do pescado cultivado no Estado do Amazonas, sendo 30% na Região Norte e por 11,5% na produção nacional (IBAMA, 2000).

A formulação de dietas para animais é extremamente variável e depende diretamente da qualidade e do custo dos ingredientes, este por sua vez, está intimamente ligado a sua disponibilidade. Segundo Pereira-Filho (1995) os custos de produção de uma piscigranja poderão representar de 60 a 80% dos custos totais. O autor ainda considera que uma das alternativas para baratear estes custos seria o uso de ingredientes alternativos regionais introduzidos nas formulações de rações.

Silva *et al.* (2003) concluíram que pelo menos 133 espécies de árvores produzem frutos e sementes consumidos durante a enchente dos rios, sendo encontrados no conteúdo estomacal de tambaquis de forma inteiros ou triturados. A grande disponibilidade desses itens leva a espécie a incluir em sua dieta uma mistura destes itens para conseguir melhor equilíbrio de proteína, carboidratos, gorduras e vitaminas (Araujo- Lima e Goulding, 1998).

Alceste e Jory (2000) afirmam que vegetais são fontes alimentares ricas em vitaminas e outros compostos fisiologicamente requeridos por peixes, como os antioxidantes, pela homeostase orgânica que protegem o organismo em situações estressantes.

Apesar de proporcionar bons resultados, a utilização de frutos na alimentação de animais ainda é subutilizada. A região Norte, por exemplo, apresenta uma perda de 25% dos produtos produzidos, seja por má conservação, inadequação de estocagem ou por manuseio. Além disso, os subprodutos gerados são normalmente descartados pela população e até mesmo pelas indústrias após o uso da polpa, o que poderia ser utilizado como matéria-prima para alimentação de diversas espécies de peixes, podendo reduzir os custos da elaboração das dietas além de diminuir o impacto causado ao meio ambiente.

O Brasil é um dos maiores produtores mundiais de maracujá, produzindo, aproximadamente 718 mil toneladas anuais deste fruto (IBGE, 2009), sendo a quase totalidade de maracujá amarelo (*Passiflora edulis Sims f. flavicarpa* Degener), utilizado principalmente para a fabricação de suco e no consumo “in natura” (Matsuura e Folegatti, 1999). A casca e as sementes do maracujá, constituintes que representam cerca de 40% do peso total do fruto, acumulam-se em grandes quantidades nos pátios das indústrias processadoras de suco. Estes resíduos podem ser aproveitados para a alimentação animal, para a produção de pectina a partir da casca (Otagaki e Matsumoto, 1958; Lira Filho, 1995) e extração de óleo comestível das sementes (Ferrari *et al.*, 2004).

Outro fruto bastante difundido na região é o tucumã, fruto do tucumanzeiro, *Astrocaryum aculeatum*, palmeira que chega a alcançar 20 m de altura. Essa palmeira produz cachos com numerosos frutos de formato ovóide, casca amarelo-esverdeada e polpa fibrosa, amarela, característica, que reveste o caroço (Pará, 2007). Em uso comestível, o tucumã é utilizado em recheios de sanduíches ou tapiocas, alimento muito comum no estado do Amazonas. Já na indústria cosmética, o óleo retirado da polpa e da amêndoa é usado em produtos para a pele e cabelos.

Esta palmeira está inserida em programas agroflorestais e de implementação de renda em atividades extrativistas (Costa, 2000). O fruto desta palmácea é utilizado de várias formas pelas populações rurais e urbanas de baixa renda, mas as potencialidades econômicas do tucumanzeiro estão centradas nas folhas, com a extração de fibras de alta resistência, e nos frutos, ricos em vitamina A e ácidos graxos saturados, podendo substituir o dendê e o babaçu na indústria de óleos (Villachica *et al.*, 1996). Lima *et al.* (1986) afirmam que bastaria apenas

um fruto dessa palmeira para suprir a dose diária de vitamina A, necessária a uma pessoa. Nas indústrias, após o uso da polpa, a casca deste fruto é descartada. Em uma prévia análise bromatológica, realizada no Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, este resíduo apresentou um teor de proteína bruta de 8,2%.

Em estudos de nutrição não bastam os conhecimentos dos itens que o animal consome, nem dos teores de nutrientes e energia, mas é necessário se ter a idéia dos níveis de aproveitamento pela espécie, para que se possam fornecer informações mais precisas e que sirvam de subsídios para a elaboração de dietas com máximo de aproveitamento pelos peixes.

O objetivo do presente trabalho foi estudar o efeito da incorporação de resíduos de maracujá e tucumã em uma dieta de referência (controle), sobre o desempenho zootécnico de juvenis de tambaqui.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Determinar o desempenho zootécnico e a composição corporal de juvenis de tambaqui, *Colossoma macropomum*, alimentados com rações contendo resíduos de maracujá e tucumã.

2.2 Objetivos Específicos

Determinar as variáveis de desempenho produtivo de juvenis de tambaqui alimentados com rações extrusadas contendo 20% de sementes de maracujá e 20% de cascas e sementes de tucumã.

Avaliar a composição corporal de juvenis de tambaqui alimentados com rações contendo resíduos de maracujá e tucumã.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Obtenção dos animais e manejo dos peixes

Este experimento foi realizado na Estação de Piscicultura da SEPAq (Secretaria Especial de Pesca e Aquicultura/PA) do município de Terra Alta - Pará. Foram utilizados juvenis de tambaqui, com peso médio de 12,5g, procedentes da própria estação de alevinagem. Os animais experimentais foram medidos (cm), pesados (g) e posteriormente distribuídos em nove unidades experimentais com capacidade de 1000 litros, equipados com sistema de aeração constante e taxa de renovação de água de 1 L/min, na densidade de 30 indivíduos por unidade experimental, totalizando 270 exemplares.

O experimento teve duração de 45 dias. Todas as dietas foram formuladas de forma a conter 30% de proteína bruta. Os peixes foram alimentados manualmente, duas vezes ao dia, ao nível de 5% da biomassa.

3.2. Parâmetros físico-químicos da água

A qualidade da água foi monitorada duas vezes na semana, medindo-se o oxigênio dissolvido (mg/L), a temperatura (°C), o pH e a condutividade por meio de dois aparelhos multiparâmetros marca YSI pHmetro/Termômetro Modelo 60-10 e Oxímetro/Condutivímetro Modelo 85-25. Os níveis de amônia foram determinados pelo método do endofenol (APHA, 1992).

3.3. Desenho experimental

Neste experimento foi avaliada a influência da adição de resíduos de maracujá e tucumã, sobre o desempenho zootécnico de juvenis de tambaqui.

Os tratamentos foram constituídos por 3 rações a base de ingredientes de origem vegetal, formuladas de forma a conterem: 20% de inclusão de resíduos de maracujá (*Passiflora edulis*), 20% de inclusão de resíduos de tucumã (*Astrocaryum acuelatum*) e uma ração controle sem a adição dos resíduos, sendo as mesmas isoprotéicas (30% PB) e isocalóricas (400 Kcal/100 g) com relação energia bruta: proteína bruta (E:P) próxima a 12:1.

3.4. Obtenção e preparação do resíduo

As sementes de maracujá (*Passiflora edulis*) e as cascas e sementes de tucumã (*Astrocaryum acuelatum*) utilizadas neste experimento eram provenientes de produtores rurais, localizados, respectivamente, nos municípios de Santa Isabel do Pará, e Castanhal-Pará.

Para a elaboração das farinhas, estes ingredientes foram triturados individualmente em máquina elétrica de moer carne, secas em estufa com circulação forçada de ar por 24 horas, a uma temperatura de 40°C. Após este período passaram novamente pelo moedor, para obtenção de farinha uniforme como os ingredientes nas rações experimentais.

Os resíduos foram colocados em estufa de circulação forçada a 50°C por 24 horas e, em seguida, moídos separadamente em moinho elétrico (Marca NOGUEIRA Modelo DPM 2) com matriz de seleção inferior a 1mm. Após a moagem, os ingredientes foram acondicionados em sacos plásticos sob refrigeração até o preparo das rações.

3.5. Análises físico-química das rações

A análise da composição centesimal das amostras de cada uma das rações experimentais correspondentes aos três tratamentos foi realizada segundo a metodologia descrita pela *Association of Official Agricultural Chemists – AOAC* (1995).

Umidade

A determinação de umidade foi realizada em duas etapas para as análises de composição corporal, constando de uma pré-secagem em que foi feita a liofilização das amostras por sublimação do gelo a -40°C e posterior equilíbrio com a umidade ambiente.

Matéria seca (MS) – foi baseada na determinação da perda de peso das amostras submetidas a aquecimento em estufa a 105°C até atingir peso constante.

A umidade total foi obtida através da somatória da umidade resultante na liofilização e na determinação da matéria seca.

Para a determinação da umidade dos ingredientes e rações, com baixo teor de umidade, não foi necessária a liofilização, determinando-se diretamente a matéria seca a 105°C.

Proteína bruta (PB)

Foi calculada a quantidade de proteína presente nas amostras através da determinação do nitrogênio total, pelo método de Micro-Kjeldahl. As concentrações de proteína bruta das amostras foram obtidas multiplicando-se os valores de nitrogênio total pelo fator de conversão desses valores em proteína bruta (x 6,25), expressos em base seca.

Extrato etéreo (EE)

Os teores de extrato etéreo (fração lipídica) foram determinados por extração contínua com o solvente éter de petróleo em extrator intermitente (aparelho Soxhlet).

Fibra bruta (FB)

Foi utilizado o material oriundo do processo de determinação do extrato etéreo. Essa amostra previamente desengordurada, foi submetida à digestão em solução ácida (ácido sulfúrico, H₂SO₄ – 0,25N) e alcalina (hidróxido de sódio, NaOH – 0,25N) em bloco digestor. A determinação do resíduo orgânico foi feita após filtragem em um sistema de vácuo, seguida de secagem em estufa a 105°C por 3 horas, e então a amostra foi incinerada a 550°C em mufla por uma hora, de acordo com o método de Weende.

Cinza

A fração cinza compreende o resíduo mineral fixo que não é destruído pela queima da amostra analisada. As concentrações de cinza total foram determinadas em amostras incineradas em mufla a 550°C durante 3 horas.

Extrato não-nitrogenado (ENN)

Os valores do extrato não-nitrogenado (carboidratos) das amostras foram obtidos pelo cálculo da diferença, segundo as equações:

Cálculo das amostras das rações:

$$\text{ENN, \%} = 100 - (\% \text{ Umidade} + \% \text{ PB} + \% \text{ EE} + \% \text{ FB} + \% \text{ cinza})$$

Energia bruta

A energia bruta foi estimada com base nos valores de energia para proteína = 5,64 kcal/g, extrato etéreo= 9,44 kcal/g e carboidratos= 4,11 kcal/g (NRC 1993).

3.6. Processamento das rações

Os ingredientes utilizados na composição das rações foram pesados em balança METTLER modelo P-1200 com a capacidade de 1,2 kg e 0,01 g de precisão. Após a pesagem

os ingredientes foram misturados e em seguida extrusados em matriz de dois mm. As rações experimentais foram acondicionadas em sacos plásticos de 10kg e armazenadas em freezer até sua utilização. A Tabela 5 apresenta as análises da composição centesimal dos ingredientes utilizados nas rações experimentais, a Tabela 6 apresenta a composição percentual das dietas e a tabela 7 a composição físico-química das dietas experimentais.

Tabela 5. Análise físico-química dos ingredientes das rações (g/100g MS) usadas no experimento com juvenis de tambaqui, *Colossoma macropomum*, alimentados com rações contendo resíduos de maracujá (*Passiflora edulis*) e tucumã (*Astrocaryum acuelatum*).

Ingredientes	UM	CZ	EE	PB	FB	ENN
F. de Soja	11,4	5,6	2,0	42	5,7	33,3
F. de milho	12,5	1,1	3,8	8,6	2,1	71,9
F. de trigo	12,5	1,1	3,1	16,7	8,1	58,5
Protenose	11,3	1,4	0,5	60,0	0,7	26,1
Maracujá (semente)	9,1	1,6	23,1	11,4	43,4	11,4
Tucumã (casca e semente)	6,0	3,3	36,4	8,2	11,6	34,5
P. Vitaminico*	-	100	-	0,0	-	-
Óleo de soja	-	-	100	0,0	-	-

*P. Vitaminico e mineral/kg: fósforo 0,5%; cobre 2,66mg; ferro 16,66 mg; iodo 0,25 mg; manganês 25 mg; zinco 16,6 mg; vit. A 3,33 UI; vit. E 2 UI; vit. C 1,000 ppm, vit. D3 800UI; vit B10,46mg; vit. B12 3,33mg; vit B2 1,66mg; vit K 0,52mg. L-lisina (99%); DL-metionina (99%).

Tabela 6. Composição percentual das dietas experimentais usadas com juvenis de tambaqui, *Colossoma macropomum*, alimentados com rações contendo resíduos de maracujá (*Passiflora edulis*) e tucumã (*Astrocaryum acuelatum*).

Ingredientes	Dieta experimental		
	Controle	20% Maracujá	20% Tucumã
F. de Soja	45	33	33
F. de milho	24	9	9
F. de trigo	19	18	16
Maracujá	-	20	-
Tucumã	-	-	20
P. Vitaminico*	1	1	1
Glúten de milho	11	17	20
Óleo de soja	0	2	1
Total	100	100	100

Tabela 7. Análise físico-química das rações experimentais com e sem inclusão de resíduos de maracujá e tucumã usadas no experimento com juvenis de tambaqui, *Colossoma macropomum*, alimentados com rações contendo resíduos de maracujá (*Passiflora edulis*) e tucumã (*Astrocaryum acuelatum*).

Dietas	Porcentagem de nutrientes nas dietas experimentais							
	UM	CZ	EE	PB	FB	ENN	EB (kcal/100g)	EB:PB
Controle	11,4	4,7	4,4	30,5	4,6	44,4	383,6	12,57
20% Maracujá	10,8	4,3	8,2	30,0	12,3	34,4	395,2	13,17
20% Tucumã	12,1	4,6	9,8	30,9	6,1	36,5	418,1	13,53

Um= umidade; CZ = cinza; EE = extrato etéreo; PB = proteína bruta; FB = fibra bruta; ENN = extrato não nitrogenado; EB = energia bruta; EB:PB = relação energia:proteína

3.7 Variáveis de desempenho

A pesagem dos indivíduos foi feita no início e ao final do experimento e posteriormente foram determinadas as seguintes variáveis:

Ganho de Peso (GP):

$$GP = \text{peso final (g)} - \text{peso inicial (g)}$$

Conversão Alimentar Aparente (CAA):

$$CAA = \text{Quantidade de ração (g)} / \text{Ganho de Peso}$$

Taxa de Crescimento Específico (TCE):

$$TCE = 100 * [(\ln Pf - \ln Pi) / t]$$

Onde: Pf = Peso final (g) Pi = Peso inicial t = dias de experimento

$\ln Pi$ = logaritmo natural do peso inicial

$\ln Pf$ = logaritmo natural do peso final

Taxa de Eficiência Protéica (TEP):

$$TEP = \text{Ganho de peso (g)} / \text{PB ingerida (g)}$$

3.8. Composição centesimal dos peixes

Foram escolhidos aleatoriamente 6 peixes no início do experimento. Ao final do experimento foram coletados 2 indivíduos de cada unidade experimental. Estes peixes foram identificados, congelados, triturados, liofilizados e postos em equilíbrio com a umidade ambiente.

A matéria seca (MS) foi determinada por secagem em estufa a 105⁰C até peso constante. As análises para determinação do conteúdo protéico seguiram o método de micro Kjeldahl; o extrato etéreo das amostras foi determinado por extração contínua com éter de petróleo. O teor de cinzas foi determinado pela queima do material em mufla a 550⁰C por 12 horas. Todas as análises estiveram em conformidade com AOAC (1995).

3.9. Análises estatísticas

Ao início do experimento, a homogeneidade dos tratamentos foi testada pelo teste de Cochran ao nível de 5% de significância. Os dados de desempenho foram analisados por uma ANOVA de 3 entradas ao nível de 5% de significância. Quando “F” foi significativo, as médias de cada tratamento foram comparadas pelo teste de Tukey também ao nível de 5% (Zar, 1996).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores médios dos parâmetros de qualidade da água monitorados durante o experimento não apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos (Tabela 8) e os mesmos estiveram dentro da faixa de conforto para o tambaqui (Ismino-Orbe, 1997; Aride, 1998).

Tabela 8. Valores médios dos parâmetros monitorados de qualidade da água das unidades experimentais durante ensaio com juvenis de tambaqui, *Colossoma macropomum*, alimentados com rações contendo resíduos de maracujá (*Passiflora edulis*) e tucumã (*Astrocaryum acuelatum*).

Parâmetro	Unidade	Tratamentos		
		Controle	20% Maracujá	20% Tucumã
Oxigênio dissolvido	mg/L	5,3± 0,1	5,7± 0,4	5,1± 0,4
Temperatura	°C	27,8± 0,3	27,8± 0,2	27,7± 0,4
pH		5,6± 0,2	5,9± 0,4	5,9± 0,6
Condutividade	µS.cm ²	19,7± 0,8	19,5± 0,8	20,2± 0,8
Amônia total	mg/L	0,4± 0,2	0,4± 0,1	0,3± 0,1

Ao analisar os subprodutos, do maracujá e tucumã, pode-se observar que os mesmos apresentaram valores de proteína próximos ao do farelo de trigo e do milho. Além disso, foram obtidos elevados valores de energia bruta, que geralmente são utilizados para elaborar dietas práticas para peixes, o que foi resultado de seus elevados conteúdos de extrato etéreo (Tabela 7).

4.1 Variáveis de desempenho produtivo

Ao analisar os resultados dos parâmetros de desempenho (Tabela 9), observa-se que a dieta controle (sem adição de frutos) apresentou melhores resultados quando comparadas aos tratamentos com a adição de 20% de maracujá e 20% de tucumã.

Tabela 9. Valor médio e desvio padrão das variáveis de desempenho produtivo (GP – Ganho de Peso; CAA – Conversão Alimentar Aparente; TCE – Taxa de Conversão Aparente; TEP – Taxa de Eficiência Protéica) no experimento com juvenis de tambaqui, *Colossoma macropomum*, alimentados com rações contendo resíduos de maracujá (*Passiflora edulis*) e tucumã (*Astrocaryum acuelatum*).

Variáveis de desempenho produtivo				
Tratamento	GP	CAA	TCE	TEP
Controle	41,4±13,3a	1,1±0,1a	3,32±0,1a	1,4±0,1a
20% Maracujá	29,8±11,4b	1,5±0,1b	2,77±0,1b	1,0±0,1b
20% Tucumã	16,9±8,75c	2,7±0,3c	1,95±0,1c	0,5±0,2c

Letras diferentes na mesma coluna diferem estatisticamente ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey.

Durante todo o período experimental, o consumo de alimento pelos peixes foi satisfatório para todas as rações elaboradas, indicando uma boa aceitabilidade das rações que continham os resíduos de frutos. Foi observado durante o experimento que os peixes submetidos às dietas com adição dos resíduos de maracujá e tucumã apresentaram uma maior voracidade e ímpeto na busca por alimento.

De acordo com Dias *et al.* (1998) ao trabalhar com o “Europea sea bass” *Dicentrarchus labrax*, o aumento de consumo de ração está diretamente ligado a uma compensação pela diluição dos nutrientes, causada pela inclusão de fibra em uma dieta basal.

Para o tambaqui criado em viveiros e alimentados com rações alternativas, Terrazas (1998) registrou um ganho diário de peso de 0,58 g e conversão alimentar aparente de 2,2:1. Torelli *et al.* (2010), ao trabalharem com resíduos agro-industriais na alimentação de tambaqui em sistema de policultivo obtiveram um ganho de peso médio diário de 0,19 g.

Neste trabalho, o ganho de peso diário dos juvenis de tambaqui ficou em 0,92 g/dia para peixes alimentados com a dieta controle e de 0,66 g/dia para peixes alimentados com dieta contendo 20% de maracujá. Ou seja, valores superiores aos descritos pelos autores acima citados. Enquanto que os peixes alimentados com a dieta contendo 20% de tucumã apresentaram um ganho de peso de 0,37 g/dia.

A conversão alimentar aparente dos peixes indicou que houve diferença significativa ($p < 0,05$) entre as dietas. Assim sendo, a conversão alimentar foi pior para os peixes alimentados com as rações contendo 20% de tucumã e 20% de maracujá, enquanto que os

peixes alimentados com a dieta controle apresentaram um melhor desempenho para este índice.

Estes resultados também podem ser explicados pelo alto teor de fibra presente nas sementes de maracujá (43,4%) e nas cascas do tucumã (11,6%).

Segundo o NRC (1993) as rações compostas por ingredientes de origem vegetal devem conter no máximo de 3 a 5% de fibra bruta.

Wilson (1995) afirma que a fibra bruta é um componente dos alimentos constituintes da ração, sendo indigestível para a maioria das espécies de peixes, não devendo ser adicionada ao alimento. Segundo esse mesmo autor, a fibra bruta deve ser mantida o mais baixo quanto possível pelo seu efeito deletério na qualidade da água dos sistemas de cultivo.

Anderson *et al.* (1984) utilizando níveis de 10, 25 e 40% de inclusão de celulose em dietas para tilápias, observaram progressivo atraso no crescimento dos peixes com o aumento do nível de inclusão.

A utilização de elevados teores de fibra na dieta causa decréscimo na taxa de esvaziamento gástrico, decorrente de menor ingestão e digestibilidade dos nutrientes (Hilton *et al.*, 1983; Shiau *et al.*, 1988; Wenk, 2001).

Pereira-Filho *et al.* (1994) observaram que as concentrações de fibra bruta de 2, 10 e 20% na dieta de matrinxã, *Brycon amazonicus*, não afetou o ganho de peso e melhorou a qualidade da carcaça, elevando os teores de proteína e cinzas corporais e reduzindo a gordura.

Por outro lado, Garcia (1998) testando a utilização de níveis de 5 a 9% de fibra bruta na nutrição da piracanjuba, *Brycon orbignyanus*, demonstrou que a melhor resposta de ganho de peso foi obtida com a dieta contendo 9% de fibra bruta.

Lanna *et al.* (2004) verificaram que níveis crescentes de fibra bruta em dietas purificadas interferiram significativamente na digestibilidade aparente da matéria seca, proteína bruta e do extrato etéreo.

Neste estudo foi observado que a inclusão de torta de semente de maracujá ao nível de 20% e farinha da casca de tucumã a 20% resultaram, em uma menor composição de proteína e extrato etéreo nas carcaças dos peixes analisados, reduzindo seu rendimento (Tabela 10).

Tabela 10. Composição corporal (UM – Umidade; PB – Proteína Bruta; EE – Extrato Etéreo; CZ – Cinza) de juvenis de tambaqui, *Colossoma macropomum*, alimentados com rações contendo resíduos de maracujá (*Passiflora edulis*) e tucumã (*Astrocaryum acuelatum*).

Tratamento	100% de Matéria Seca			
	UM	PB	EE	CZ
Inicial	71,5±1,5	58±1,2	10±0,5	18±0,8
Controle	69,6±0,7a	60±1,3a	27,4±0,6a	11,9±1,5a
20% Maracujá	70,2±1,2a	53±1,1b	24,5±1,1b	12,8±1,4a
20% Tucumã	70,4±1,5a	47,5±1,2c	20,3±0,9c	13,1±1,6a

Inicial = análise centesimal dos peixes no início do experimento. Letras diferentes na mesma coluna representam diferenças significativas ($p < 0,05$).

Segundo Montagne *et al.* (2003) a elevação da fibra na dieta provoca aceleração do fluxo gastrointestinal causando perdas endógenas, com conseqüente redução do tempo de trânsito e da digestibilidade da proteína e extrato etéreo. Choct (1997) relata que a adição de materiais indigeríveis a dieta, resulta em uma passagem mais rápida do alimento pelo tubo digestivo devido ao aumento do volume.

Estas situações são limitantes no uso de ingredientes de origem vegetal com elevada concentração de fibra bruta em dietas para peixes também, tais como o farelo de algodão (*Gossypium* sp.), e o dendê (*Elaeis guineensis*), entre outros, especialmente nos animais jovens. Entretanto, há a comprovação de que a degradação das paredes celulares dos ingredientes de origem vegetal permite a maximização da ação enzimática endógena do animal sobre a degradação do amido, gordura e proteína, aumentando a sua digestibilidade.

Wegbecher (2010) ao trabalhar com digestibilidade aparente, por juvenis de tambaqui, alimentados com rações extrusadas contendo diferentes níveis de inclusão (10%, 20% e 30%) de torta de semente de maracujá (*Passiflora edulis*) observou ser tecnicamente viável a inclusão deste resíduo agroindustrial ao nível de 10%, sem haver decréscimo no parâmetro analisado.

Jackson *et al.* (1982) avaliaram diferentes fontes protéicas vegetais e níveis de inclusão, em substituição à farinha de peixe em rações para tilápia, *Sarotherodon mossambicus*, durante 9 semanas. Foram testados os farelos de palma, amendoim, girassol,

canola, soja, algodão e leucena. E observaram significativa redução na taxa de crescimento quando da utilização do amendoim, palma, leucena e soja; o girassol, entretanto, manteve crescimento semelhante comparado ao controle (farinha de peixe), enquanto a canola e o algodão proporcionaram melhor taxa de crescimento.

Outros resultados satisfatórios utilizando ingredientes alternativos foram encontrados por Oishi (2007) que incluiu farinha de resíduo de castanha da Amazônia em rações para juvenis de tambaqui, Souza & Hayashi (2003) que empregaram farelo de algodão para alevinos de tilápia-do-nilo, Boscolo *et al.* (2005) que incluíram farinha de resíduos da indústria de filetagem de tilápias para tilápia-do-nilo na fase de reversão sexual, Galdioli *et al.* (2001) que utilizaram farelos de canola e algodão para alevinos de piavuçu (*Leporinus macrocephalus*) e Souza *et al.* (2004) que usaram farelo de canola e girassol para larvas de tilápia durante o período de reversão sexual.

Apesar do menor valor nutritivo encontrado nos alimentos avaliados, em relação aos ingredientes comumente utilizados, a sua utilização não pode ser descartada em dietas para peixes, pois sua viabilidade pode vir a ser satisfatória em níveis menores de inclusão nas dietas.

5. CONCLUSÃO

A inclusão de 20% de sementes de maracujá e 20% de cascas e sementes de tucumã na dieta basal resultou em uma diminuição dos valores das variáveis de desempenho produtivo e no rendimento da carcaça.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- APHA (American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation). 1992. Standard Methods for the Examination of Water and wastewater, 18th edition. American Public Health Association, New York, USA. 1550p.
- Alceste, C.C.; Jory, D.E. 2000. Tilápia – Alternative protein sources in tilapia feed formulation. *Aquaculture Manegement*, 26(4).
- Anderson, J.; Jackson, A,J; Matty, A.J.; Capper, B.S. 1984. Effects of dietary carbohydrate and fiber on the tilápia *Oreochromis niloticus* (Linn). *Aquaculture*, 37: 303-314.
- A.O.A.C. 1995. Association of Official Analytical Chemists. *Official Methods of Analysis*. 17^a. ed. 1141p.

- Araújo-Lima, C.; Goulding, M. 1998. *Os frutos do tabaqui: ecologia, conservação e cultivo na Amazônia*. Sociedade Civil Mamirauá/CNPq. Tefé, AM. 187 p.
- Aride, P.H.R. 1998. *Efeito do pH nos parâmetros hematológicos e no ganho de peso de Colossoma macropomum (Cuvier, 1818)*. Dissertação de Mestrado, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, 52 pp.
- Boscolo, W.R.; Hayashi, C.; Meurer, F.; Feiden, A.; Bombardelli, R.A.; Reidel, A. 2005. Farinha de resíduos da filetagem de tilápias na alimentação de tilápia-do-nylo (*Oreochromis niloticus*) na fase de reversão sexual. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 34 (6): 1807-1812.
- Choct, M. 1997. Increased small intestinal fermentation is partly responsible for anti-nutritive activity of non-starch polysaccharides in chickens. *British Poultry Science*, 37: 609-621.
- Costa, J. A.; Duarte, A. P.; Comunidade Indígena Apurinã; PESACRE. 2000. Metodologia para manejo comunitário da espécie tucumã. (*Astrocaryum aculeatum*) na terra indígena Apurinã do km 45, Br-317/Am. Brasil: um modelo replicável para conservação da biodiversidade e incremento de renda em áreas extrativistas.
- Dias, J.; Huelvan, C.; Dinis, M.T.; Metalier, R. 1998. Influence of dietary bulk agents (silica, cellulose and natural zeolita) on protein digestibility, growth, feed intake and feed transit time in European seabass *Dicentrarchus labrax* juveniles. *Aquatic Living Resource*, 11(4): 219-226.
- FAO. 2004. *El Estado Mundial de la pesca y la acuicultura*. Parte 1. Examen mundial de la pesca y la acuicultura.
- Ferrari, R. A.; Colussi, F.; Ayub, R. A. 2004. Characterization of by-products of passion fruit industrialization and utilization of seeds. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 26(1): 101-102.
- Galdioli, E.M.; Hayashi, C.; Faria, A.C.E.A.; Soares, C.M. 2001. Substituição parcial e total da proteína do farelo de soja pela proteína dos farelos de canola e algodão em dietas para alevinos de piavuçu (*Leporinus macrocephalus*). *Acta Scientiarum*, 23(4): 841-847.
- Garcia, J.R.E. 1998. *Utilização de fibra bruta na nutrição da piracanjuba *Brycon orbignyanus**. Jaboticabal: Universidade Estadual Paulista, 1998. 60p. Tese de Doutorado em Aquicultura), Centro de Aquicultura da UNESP, CAUNESP-UNESP.

- Graef, E.W. 1995. As espécies de peixes com potencial para criação no Amazonas. *In*: Val, A.L.; Honczaryk, A. (Eds.). *Criando peixes na Amazônia*. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA). Manaus, AM. p. 29-43.
- Hilton, J.W.; Atkinson, J.L.; Slinger, S.J. 1983. Effect of increased dietary fiber on the growth of rainbow trout (*Salmo gairdineri*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 40: 81-85.
- Instituto Brasileiro do Meio Ambiente dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA. 2000. Estatística da Pesca 1998 Brasil: Grandes Regiões e Unidades da Federação. Tamandaré: Centro de Pesquisa e Extensão Pesqueira do Nordeste – CEPENE, 96 p.
- IBGE. Produção agrícola municipal. 2009. <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em 05/11/2010.
- Ismiño-Orbe, R.A. 1997. *Excreção e efeito da amônia sobre o crescimento do tambaqui (Colossoma macropomum CUVIER, 1818)*. Dissertação de Mestrado, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, 29p.
- Jackson, A.J., Capper, B.S., Matty, A.J. 1982. Evaluation of some plant proteins in complete diets for the tilapia *Sarotherodon mossambicus*. *Aquaculture*, 27: 97-109.
- Lanna E.A.T.; Pezzato, E.L.; Cecon, P.R.; Furuya, W.M.; Bonfim, M.A.D. 2004. Digestibilidade aparente e trânsito gastrointestinal em tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) em função da fibra bruta da Dieta. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 33(6): 2186-2192.
- Lima, R. R.; Trassato, L. C. & Coelho, V. 1986. O tucumã (*Astrocaryum vulgare* Mart.). Principais características e potencialidade agroindustrial. *Boletim de Pesquisa*, 75. EMBRAPA-CPATU, Belém.
- Lira Filho, J. F. 1995. *Utilização da casca do maracujá amarelo (Passiflora edulis, f. flavicarpa, Degener) na produção de geléia*. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual de Campinas, São Paulo. 131 p.
- Matsuura, F. C. A. U.; Folegatti, M. I. S. 1999. Produtos. *In*: LIMA, A. de A. (coord.) *O cultivo do maracujá*. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, p.103-108.
- Montagne, L.; Pluske, J.R.; Hampson, D.J. 2003. A review of interaction between dietary fibre and the mucosa, and their consequences on digestive health in young non-ruminant animals. *Animal Feed Science and Technology* 108: 95-117.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. 1993. *Nutrient requirements of fish*. Washington, D.C.: National Academy of Sciences, 102p.

- Oishi, C.A. 2007. *Resíduo da castanha da Amazônia (Bertholletia excelsa) como ingrediente em rações para juvenis de tambaqui (Colossoma macropomum)* Dissertação de Mestrado, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia. 60p.
- Oliveira, A.M.B.M.S.; Conte, L.; Cyrino, J.E.P. 2004. Produção de Characiformes autóctones. *In: Tópicos especiais em piscicultura de água doce tropical intensiva / Ed. José Eurico Possebon Cyrino. et al.* São Paulo: TecArt.
- Otagaki, K. K.; Matsumoto, H. 1958. Nutritive values and utility of passion fruit by products. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 6(1): 54-57.
- Pará, 2007. <http://www.cdpara.pa.gov.br/tucuma.php>. Acesso: 15/12/2010
- Pereira-Filho, M. 1995. Alternativas para a alimentação de peixes em cativeiro. *In: VAL, A.L.; Honczaryk, A. (Eds.) Criando peixes na Amazônia.* Manaus: Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, p.75-82.
- Pereira-Filho, M. Castagnolli, N.; Kronsa, S.N. 1994. Efeito de diferentes níveis de proteína e de fibra bruta na alimentação de juvenis de matrinxã *Brycon cephalus*. *Acta Amazonica*, 24(3): 1-8.
- Saint-Paul, U. 1986. Potential for aquaculture of South American freshwater fishes: a review. *Aquaculture*, 54: 205-240.
- Shiau, S.Y.; Yu, H.L.; Hwa, S.; Chen, S.; Hsu, S. 1988. The influence of carboxymethylcellulose on growth, digestion, gastric emptying time and body composition of tilapia. *Aquaculture*, 70: 345-354.
- Silva, J.A.M.; Filho, M.P., Oliveira-Pereira, M.I. 2003. Frutos e sementes consumidos pelo tambaqui, *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1818) incorporado em rações. Digestibilidade e velocidade de trânsito pelo trato gastrointestinal, *R. Bras. Zootec.*, 32(6): 1815-1824.
- Souza, S.R.; Hayashi, C.; Galdioli, E.M. et al. 2004. Diferentes fontes protéicas de origem vegetal para tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus* L.) durante a reversão sexual. *Acta Scientiarum*, 26(1): 21-28.
- Souza, S.R.; Hayashi, C. 2003. Avaliação do farelo de algodão na alimentação de alevinos de tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus* L.). *Revista Zootecnia Tropical*, 21(4): 383-398.
- Terrazas, W. D. M. 1998. *Efeito de diferentes níveis de farinhas de resíduos de peixe e de frango no ganho de peso e composição corporal de alevinos de tambaqui, Colossoma macropomum (Cuvier, 1818).* Dissertação de Mestrado, Universidade do Amazonas.

- Torelli, J.E.R; Oliveira, E.G; Hipólito, M.LF.; Ribeiro, L.L. 2010. Uso de resíduos agro-industriais na alimentação de peixes em sistema de policultivo. *Rev. Bras. Eng. Pesca* 5(3): 1-15.
- Villachica, H.; Carvalho, J. E. U.; Müller, C. H.; Díaz, S. C. & Almanza, M. 1996. Frutales y hortalizas promisorias de la Amazonía. Pp. 264-267. *Tratado de Cooperación Amazonica*, (TCA-SPT,44), FAO, Lima, Peru.
- Wegbecher, F.X. 2010. *Bactérias celulíticas e o uso de resíduo de maracujá (Passiflora edulis) em rações extrusadas para juvenis de tambaqui (Colossoma macropomum)* Tese de Doutorado, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia/Universidade Federal do Amazonas. 90 p. il.
- Wenk, C. 2001. The role of fibre in digestive physiology of the pig. *Animal Feed Science and Technology*, 90: 21-33.
- Wilson, R.P. 1995. Lipid nutrition of finfish. Nutrition and utilization technology. *In: LIM, C; SESSA, D.J. (Eds.) Nutrition and utilization technology in aquaculture*. Champaign: AOAC Press, p.74-81.
- Zar, J.H. 1996. *Biostatistical analysis*. Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey, USA.

CAPÍTULO 3

Avaliação da adição de fitase sobre a excreção de fósforo em juvenis de tambaqui, *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1818)

RESUMO

Esta pesquisa foi realizada com o objetivo de comparar a ação da fitase no desempenho e na excreção de fósforo na água em tanques com tambaqui (*Colossoma macropomum*). Foram utilizadas quatro rações, isoprotéicas (30% PB) e isocalóricas (400 Kcal/100 g), sendo uma padrão (controle) sem suplementação de fitase, e as outras três, com diferentes níveis de fitase (1.000, 1.500 e 2.000 uf/kg), sendo três repetições, por um período de 45 dias. Os resultados comprovaram que a utilização de fitase em rações para peixes não interferiu nos dados de desempenho e observou-se uma redução da excreção de fósforo em 21% pelos animais, minimizando desta forma o impacto ambiental gerado por este nutriente.

ABSTRACT

This research was carried out to compare the effect of phytase on performance and phosphorus excretion in the water with tambaqui (*Colossoma macropomum*). Four isoproteic (30%) and isocaloric (400 Kcal/100 g) diets were used: one standard (control), without phytase supplementation, and other three with different phytase levels (1000, 1500 and 2000 uF/kg), with three replication for each diet, during 45 days. The results demonstrated that the use of phytase in diets for fish production did not interfere in fish performance and reduced fish phosphorus excretion by 21%, minimizing the impacts caused by this nutrient in the water.

1. INTRODUÇÃO

A Amazônia dispõe de vários fatores que favorecem a piscicultura: clima, solos, água abundante e com qualidade e, principalmente, a diversidade da fauna ictiológica, com mais de duas mil espécies (Melo *et al.*, 2001).

O tambaqui (*Colossoma macropomum*) pertencente à família Characidae e subfamília Serrasalminae (Araújo-Lima & Goulding, 1998) é a espécie mais criada na região amazônica (Val *et al.*, 2000) e com maior disponibilidade de juvenis. É o segundo maior peixe de escamas da região amazônica e alcança até 90cm de comprimento e 30kg de peso (Goulding, 1980).

É um peixe que possui alto valor comercial e tem a carne bastante apreciada, apresenta hábito alimentar onívoro, crescimento rápido, rusticidade, tolerando baixos teores de oxigênio dissolvido na água, além de fácil adaptação à alimentação artificial e técnicas de reprodução induzida já conhecidas (Graef, 1995).

Em piscicultura intensiva, grande parte dos problemas de qualidade da água está relacionada com o uso de alimentos de má qualidade e estratégias de alimentação inadequadas (Kubitza, 2003).

O fósforo é o segundo mineral mais abundante na composição dos tecidos animais, sendo que 80% do fósforo total está presente nos ossos e dentes, e o restante está distribuído entre fluídos e outros tecidos (Underwood & Suttle, 1999).

Inúmeras funções podem ser atribuídas ao fósforo, dentre elas as principais são a formação de estrutura óssea, participação na formação de membranas celulares, e utilização e transferência de energia na forma de adenosina trifosfato - ATP (Lehninger, 1994).

Também participa na atuação da composição de ácidos nucléicos essenciais para o crescimento e diferenciação nuclear, atua na manutenção da pressão osmótica e equilíbrio ácido-base, utilização e transferência de energia nas formas de adenosina mono, di- e trifosfato e formação de fosfolipídios, tendo como consequência a participação no transporte de ácidos graxos, absorção e deposição de gorduras, formação de proteínas, além de influenciar o apetite e a eficiência alimentar (Runho *et al.*, 2001).

No meio aquático, o excesso desse mineral pode levar a eutrofização excessiva, que compromete a qualidade da água (Van der Ploeg & Boyd, 1991) e altera as características organolépticas da carcaça (Van der Ploeg & Tucker, 1994).

Os nutricionistas têm concentrado esforços para obter informações que permitam formular rações mais completas e economicamente viáveis para obter as respostas zootécnicas preconizadas pela literatura.

Segundo Cyrino *et al.* (2010) os hábitos alimentares e as dietas dos peixes não só influenciam diretamente seu comportamento, integridade estrutural, saúde, funções fisiológicas, reprodução e crescimento, como também alteram as condições ambientais do sistema de produção – qualidade da água.

No entanto, com a crescente pressão sobre a necessidade de reduzir a poluição aquática, têm-se priorizado as pesquisas para minimizar as excreções de nutrientes que favorecem a proliferação de fitoplâncton, dentre eles destaca-se o fósforo (P), um dos principais responsáveis pela eutrofização do ambiente aquático, principalmente nas criações intensivas, que dependem exclusivamente de rações balanceadas.

A ração é considerada a maior fonte de adição de fósforo. Na ração o fósforo presente nos ingredientes vegetais não pode ser totalmente absorvido pelos animais monogástricos, por se apresentar cerca de 75% na forma de ácido fítico (fitato), substância não hidrolisável no intestino desses animais, pois sua mucosa não secreta a enzima fitase (Power-Hughes & Soares, 1998; Vielma *et al.*, 1998).

Segundo Keshavarz (1999) o fitato pode formar ampla variedade de sais insolúveis com cátions divalentes e trivalentes, como cálcio, zinco, cobre, cobalto, manganês, ferro e magnésio, que influenciam negativamente a digestão dos nutrientes, diminuindo a energia metabolizável da ração.

A redução no desempenho é atribuída aos efeitos negativos do fitato sobre a disponibilidade de minerais e da proteína (Gatlin e Phillips, 1989; Rodehutsord e Pfeffer, 1995; Forster *et al.*, 1999).

Visando a redução nos custos de produção, o enfoque das pesquisas atuais tem sido a busca pela melhora na eficiência de utilização de alimentos associada, ao menor impacto causado ao ambiente causado pela atividade. Desta forma, uma das soluções encontradas para a melhora na disponibilidade de nutrientes é a adição de enzimas exógenas nas rações.

A inclusão da enzima fitase em dietas com altos níveis de ingredientes vegetais pode reduzir a adição de fósforo inorgânico e contribuir para redução da descarga de fósforo por efluentes da piscicultura (Brandão, 2009). A fitase possui especificidade relativa, pois é uma fosfatase que retira fósforo de qualquer substrato. A utilização de fitases exógenas permite

melhor aproveitamento do fósforo presente no fitato dos vegetais, reduzindo sua excreção para o ambiente e diminuindo os custos de produção.

Vários autores encontraram efeitos positivos da inclusão de fitase em rações para peixes (Jackson *et al.*, 1996; Olivia-Teles *et al.*, 1998; Vielma *et al.*, 2000; Furuya *et al.*, 2005; Gonçalves *et al.*, 2005; Bock *et al.*, 2007; Sardar *et al.*, 2007; Cao *et al.*, 2008).

Desta forma, este experimento visou avaliar o desempenho zootécnico e a excreção de fósforo de juvenis de tambaqui alimentados com dietas com níveis crescentes de fitase, no intuito de gerar subsídios no que diz respeito à redução da carga poluente em efluentes de piscicultura.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

Determinar os níveis de excreção de fósforo e desempenho de juvenis de tambaqui, *Colossoma macropomum*, alimentados com rações contendo níveis crescentes de enzima fitase.

2.2. Objetivos Específicos

Avaliar o ganho de peso, conversão alimentar aparente e taxa de sobrevivência de juvenis de tambaqui alimentados com rações extrusadas com e sem suplementação de fitase.

Determinar a concentração de fitase a ser suplementada à ração, capaz de uma redução significativa dos níveis de fósforo excretados pelos peixes.

3. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento teve duração de 45 dias. Foram utilizados 120 juvenis de tambaqui com peso inicial de $12 \pm 1,8$ g distribuídos em 12 cones com capacidade de 70 L de volume útil, equipados com sistema de aeração artificial e renovação de água na taxa de 1 L/min. O delineamento experimental foi do tipo inteiramente casualizado, com quatro tratamentos e três repetições.

Os tratamentos foram constituídos por uma dieta referência a base de ingredientes de origem vegetal, como o milho e farelo de soja, formulada de modo a conterem níveis de inclusão de fitase de: 1000 uF/kg; 1500 uF/kg; 2000 uF/kg; e uma ração controle sem a adição

da enzima, sendo as mesmas isoprotéicas (30% PB) e isocalóricas (400 Kcal/100 g) com relação energia bruta: proteína bruta (E:P) próxima a 12:1.

A Tabela 11 apresenta as análises da composição centesimal dos ingredientes utilizados nas rações experimentais e a Tabela 12 apresenta a composição percentual das dietas.

Tabela 11. Composição centesimal (UM – Umidade; CZ – Cinzas; EE – Extrato Etéreo; PB – Proteína Bruta; FB – Fibra Bruta; ENN – Extrato Não Nitrogenado) dos ingredientes das rações (%) usadas no teste de desempenho produtivo de juvenis de tambaqui (*Colossoma macropomum*) alimentados com rações extrusadas contendo níveis crescentes de fitase.

Ingredientes	UM	CZ	EE	PB	FB	ENN
Farelo de Soja	10,2	6,5	2,5	49,9	5,1	25,8
Farelo de milho	10,5	0,6	4,1	9,1	1,8	73,9
Farinha de trigo	12,0	0,4	1,2	11,7	1,3	73,4
P. Vitamínico*	0	100	0	0,0	0	0
Protenose	8,8	2,2	0,5	69,0	5,0	14,5
Óleo de soja	0	0	100	0,0	0	0

*P. Vitamínico e mineral/kg: fósforo 0,5%; cobre 2,66mg; ferro 16,66mg; iodo 0,25mg; manganês 25mg; zinco 16,6mg; vit. A 3,33UI; vit. E 2UI; vit. C 1,000 ppm, vit. D3 800UI; vit B10, 46mg; vit. B12 3,33 mg; vit B2 1,66 mg; vit K 0,52 mg. L-lisina (99%). Dl-metionina (99%).

Tabela 12. Composição da dieta experimental (PB – Proteína Bruta; EB – Energia Bruta) e valores nutricionais das dietas usadas no teste de desempenho produtivo de juvenis de tambaqui (*Colossoma macropomum*) alimentados com rações extrusadas contendo níveis crescentes de fitase.

Ingredientes	Composição
Farelo de Soja	45 %
Farelo de milho	23 %
Farinha de trigo	18 %
P. Vitaminico*	1 %
Protenose	11 %
Óleo de soja	2 %
Total	100 %
PB ração	30,51 %
EB ração	395,22 (Kcal/100g)
EB:PB	12,95

*P. Vitamínico e mineral/kg: fósforo 0,5%; cobre 2,66mg; ferro 16,66mg; iodo 0,25mg; manganês 25mg; zinco 16,6mg; vit. A 3,33UI; vit. E 2UI; vit. C 1,000 ppm, vit. D3 800UI; vit B10,46mg; vit. B12 3,33mg; vit B2 1,66mg; vit K 0,52mg. L-lisina (99%). DL-metionina (99%).

Após a pesagem, os ingredientes foram misturados em uma betoneira (marca CSM, Modelo 1 traço/CS400; 26 rpm e 2CV) durante 20 minutos. E após essa homogeneização, o material foi posteriormente extrusado, formando peletes de 2 mm de diâmetro.

Para adição da fitase aos tratamentos, após mistura dos ingredientes, a enzima foi dissolvida em água morna (40° C) na proporção de 30% do peso seco da dieta (Furuya *et al.*, 2001), sendo pulverizada sobre as dietas nos níveis de 1000, 1500 e 2000 unidades de fitase ativa (UFA)/kg de ração. A fitase utilizada foi a Natuphos® 5000 G, fornecida pela BASF S.A., obtida pela fermentação por meio de fungos do grupo *Aspergillus Níger*, que conforme o fabricante contém atividade inicial mínima de 5000 uF/g.

As rações foram fornecidas duas vezes ao dia, ao nível de 5% da biomassa, sendo a qualidade da água monitorada duas vezes na semana, medindo-se o oxigênio dissolvido (mg/L), a temperatura (°C), o pH e a condutividade por meio de dois aparelhos multiparâmetros marca YSI pHmetro/Termômetro Modelo 60-10 e Oxímetro/Condutivímetro Modelo 85-25. Os níveis de amônia foram determinados pelo método do endofenol (APHA, 1992).

3.1 Análise de fósforo total

As análises de fósforo total, foram realizadas em amostras coletadas com garrafa com capacidade de 600 ml, nos últimos cinco dias de experimento. Para obtenção destes dados foi utilizado o método da fotometria, com uso de um fotômetro MERCK, modelo NOVA 60.

Os dados de excreção de fósforo total foram analisados por uma ANOVA, complementada pelo teste Tukey, a 5% de significância (Zar, 1996).

3.2. Avaliação do desempenho zootécnico

A avaliação do desempenho dos juvenis de tambaqui submetidos a diferentes níveis de inclusão de fitase na ração foi realizada com base nos seguintes dados de desempenho:

Ganho de Peso (GP):

$$GP = \text{peso final (g)} - \text{peso inicial (g)}$$

Conversão Alimentar Aparente (CAA):

$$CAA = \text{Quantidade de ração fornecida (g)} / \text{Ganho de Peso}$$

Sobrevivência (S%)

$$S\% = \text{Total de peixes vivos ao final} / \text{Total de peixes inicio} \times 100$$

Para obtenção dos dados de desempenho zootécnico foram realizadas duas biometrias, uma ao início e outra ao final do experimento.

Para a análise estatística, os dados foram submetidos à análise de variância ao nível de 5% de probabilidade e em casos de significância foi utilizado o teste de Tukey ao nível de 5% para discriminação das médias (Zar, 1996).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores médios dos parâmetros de qualidade da água monitorados durante o experimento não apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos (Tabela 13).

Tabela 13 - Valores médios dos parâmetros monitorados de qualidade da água das unidades experimentais durante o teste de desempenho produtivo de juvenis de tambaqui (*Colossoma macropomum*) alimentados com rações extrusadas contendo níveis crescentes de fitase.

Parâmetro	Unidade	Tratamentos			
		Controle	1000 uF	1500 uF	2000 uF
Oxigênio dissolvido	mg/L	4,9± 0,1	5,7± 0,4	5,1± 0,4	5,3± 0,2
Temperatura	°C	28,2± 0,3	27,8± 0,2	27,7± 0,4	27,9± 0,2
pH		5,9± 0,2	6,1± 0,4	6,2± 0,6	6,1± 0,4
Condutividade	µS.cm ²	20,0± 0,8	19,0± 0,8	22,0± 0,8	20,0± 0,4
Amônia total	mg/L	0,5± 0,2	0,3± 0,1	0,4± 0,1	0,4± 0,2

Os resultados obtidos para sobrevivência, ganho de peso e conversão alimentar, (Tabela 14), quando submetidos à análise de variância, não comprovaram diferenças (P<0,05) entre as dietas.

Porém pode-se observar uma tendência a otimização do desempenho quando os peixes foram submetidos às dietas com suplementação da enzima fitase. No entanto, a confirmação deste resultado deve ser testado por meio de futuros estudos com maior duração.

Tabela 14. Parâmetros de desempenho (S – Sobrevivência; GP – Ganho de Peso; CAA – Conversão Alimentar Aparente) de juvenis de tambaqui após 45 dias de experimento para avaliar o desempenho produtivo de juvenis de tambaqui (*Colossoma macropomum*) alimentados com rações extrusadas contendo níveis crescentes de fitase.

Tratamento	Variáveis de desempenho		
	S(%)	GP (g)	CA
Sem fitase	100	33,9±0,9a	1,2±0,9a
1000 uF	100	34,9±0,8a	1,1±0,8a
1500 uF	100	35,0±0,8a	1,1±0,8a
2000 uF	100	35,2±0,8a	1,1±0,8a

uF – unidades de fitase. Letras diferentes na mesma coluna são diferentes (p<0,05) pelo teste de Tukey.

Resultados semelhantes foram encontrados por Furuya *et al.* (2005) ao trabalharem com tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus*, que não observaram melhora na conversão alimentar em dietas com 25% de proteína bruta suplementadas com fitase.

Bock *et al.* (2007) ao trabalharem com a mesma espécie, observaram que o maior ganho de peso e melhora na conversão alimentar foram obtidos em dietas sem a suplementação de fitase. Os autores atribuíram este resultado a utilização insuficiente de fósforo na dieta (0,6%), mesmo com a presença da enzima. Segundo Fish Feed Technology (1980) e Lovell (1981) a deficiência de fósforo na dieta reduz o apetite e ocasiona atraso no desenvolvimento.

Yoo *et al.* (2005) também não obtiveram respostas satisfatórias de desempenho a para *Sebastes schlegeli* ao fornecerem dietas a base de soja suplementadas com 1000 uF.

Entretanto, embora os resultados de desempenho obtidos neste estudo não tenham melhorado com a suplementação de fitase, diversos autores relatam respostas satisfatórias em suas pesquisas.

Vielma *et al.* (2000) desenvolveram estudo para avaliar a influência da substituição parcial da farinha de peixe por derivado da soja em rações para truta arco-íris, *Oncorhynchus mykiss*, adulta com dois níveis de fitase (0 e 1200 uF/kg) e verificaram que uma parte significativa da farinha de peixe pode ser substituída por proteínas da soja sem comprometer o ganho de peso ou a eficiência alimentar.

Segundo Liebert e Portz (2007) a incorporação de fitase microbiana em dietas para tilápia do Nilo proporcionou uma melhora na digestibilidade da proteína, cálcio e fósforo.

Furuya *et al.* (2001) observaram que a utilização de ração com 700 uF/kg é adequada para o desempenho produtivo, digestibilidade da proteína e disponibilidade do cálcio e fósforo da tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus*, na fase inicial quando alimentada com ração a base de ingredientes de origem vegetal.

Lanari *et al.* (1998) e Vielma *et al.* (1998) em trabalhos realizados com a truta arco-íris, observaram melhora no ganho de peso dos peixes que receberam rações contendo 1000 e 1500 UF/kg de ração, respectivamente.

Rodehutsord & Pfeffer (1995) também verificaram que os peixes obtiveram maior ganho de peso quando foram alimentados com a ração suplementada com 1000 UF/kg.

Van de Ploeg e Boyd (1991) observaram que a fitase aumentou a digestibilidade da proteína e a disponibilidade dos minerais, favorecendo o desempenho e diminuindo a descarga de nutrientes para o meio aquático.

Neste trabalho a concentração de fósforo presente na água dos tanques onde os peixes foram alimentados com a ração controle (sem adição de fitase – SF) foi significativamente

maior ($p < 0,05$) do que na água dos demais tanques onde os peixes foram alimentados com ração suplementada com fitase (Figura 1). Ao analisar a média de fósforo total presente na água do tanque do tratamento controle (11,82 $\mu\text{g/l}$) e comparar com a média obtida entre os tratamentos com adição de fitase (9,3 $\mu\text{g/l}$) observa-se uma redução significativa ($p < 0,05$) deste nutriente em torno de 21%.

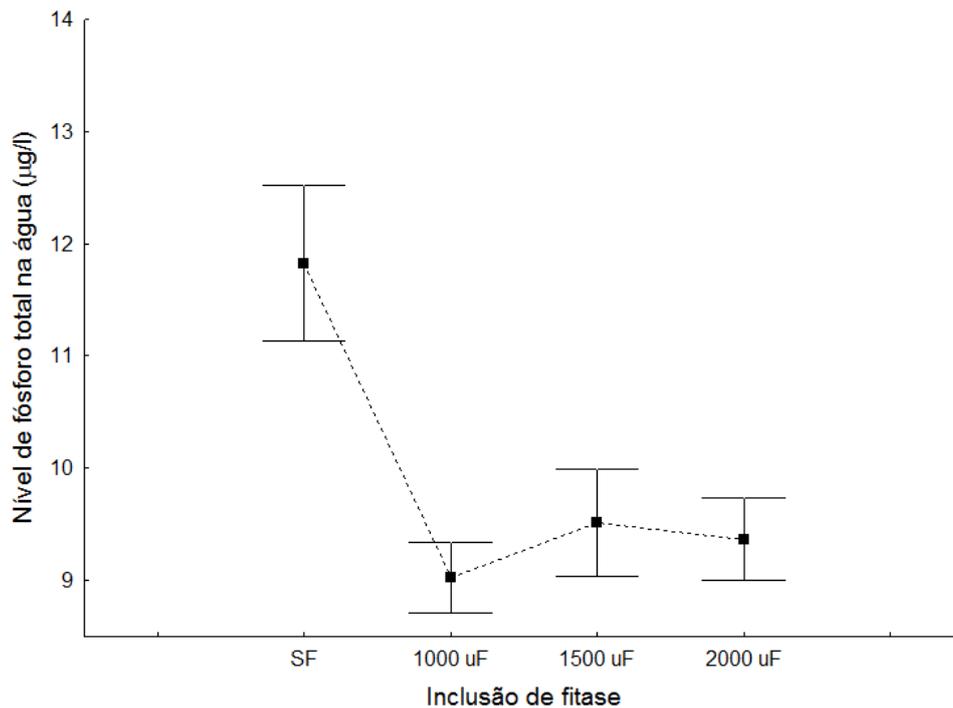


Figura 1. Relação nível de fósforo total na água versus níveis de inclusão de fitase na avaliação do desempenho produtivo de juvenis de tambaqui (*Colossoma macropomum*) alimentados com rações extrusadas contendo níveis crescentes de fitase. $p = 0,04$. As barras denotam um intervalo de confiança de 95%. SF – sem inclusão de fitase; 1000 uF - inclusão de 1000 uF; 1500 uF - inclusão de 1500 uF; 2000 uF - inclusão de 2000 uF.

Entretanto, os níveis de fósforo na água não apresentaram diferença ($p > 0,05$) entre os tratamentos com suplementação de fitase (1000 uF, 1500 uF e 2000 uF). Desta forma, recomenda-se a suplementação de 1000 uF, para evitar gastos desnecessários para a elaboração da ração.

De acordo com os resultados obtidos, pode-se inferir que os peixes alimentados com as rações suplementadas com fitase excretaram menos fósforo em relação ao tratamento controle.

Resultados semelhantes foram obtidos por Bock *et al.* (2007) em estudo com tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus*, onde foi observada uma redução significativa ($p < 0,05$) de excreção de fósforo suplementando a ração com 1500 ou 2000 uF/kg.

Dalsgaard *et al.* (2009) não observaram melhora no ganho de peso e na conversão alimentar de juvenis de truta arco-íris. Porém, a inclusão da enzima nas dietas proporcionou uma melhora na disponibilidade do fósforo em 64%.

Furuya *et al.* (2005) ao suplementarem dietas para tilápia do Nilo com fitase (500 UF/kg) obtiveram melhores resultados e desempenho e redução nas taxas de excreção de nitrogênio e fósforo ao meio aquático.

Em estudos com alevinos de seabass, *Dicentrarchus labrax*, Olivia-Teles *et al.* (1998) obtiveram reduções significativas de fósforo fecal com a inclusão de 1000 e 2000 uf/kg nas dietas, o que corrobora a conclusão de Baruah *et al.* (2004) que constataram que a adição de fitase em dietas para peixes aumenta a biodisponibilidade de fósforo e, conseqüentemente, diminui a descarga no ambiente aquático.

O fósforo é considerado o principal nutriente que enriquece e polui os ambientes na aquicultura de água doce. Desta forma, estudos para a redução deste nutriente em sistemas aquícolas são necessários para otimizar a produção e reduzir seus impactos.

Os resultados obtidos neste estudo demonstram ser possível utilizar uma ração com menor impacto ambiental, utilizando 1000 uF/kg.

5. CONCLUSÃO

A utilização de fitase em dietas a base de ingredientes de origem vegetal para juvenis de tambaqui (*Colossoma macropomum*) aos níveis testados não resultou em melhora no desempenho zootécnico dos animais experimentais, porém, aumentou a biodisponibilidade do fósforo para a espécie, minimizando em até 21% a excreção deste nutriente no corpo hídrico.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Araújo-Lima, C.; Goulding, M. 1998. Os frutos do tambaqui: ecologia, conservação e cultivo na Amazônia. Sociedade Civil Mamirauá/CNPq. Tefé, AM. 187 p.

- Baruah, K.; Sahu, N.P.; Pal, A.K.; Debnath, D. 2004. Dietary phytase: an ideal approach for cost effective and low-polluting aquafeed. *NAGA: World Fish Center Quarterly*, 27(3/4): 15-19.
- Bock, C. L.; Pezzato, L. E.; Cantelmo, O. A.; Barros, M. M. 2007. Fitase em rações para tilápia-do-nilo na fase de crescimento. *R. Bras. Zootec.*, 36(5): 1455-1461.
- Brandão, L.V. 2009. Utilização de fitase em dietas para peixes. *PUBVET*, Londrina, 3(5): sem paginação.
- Cao, L.; Yang, Y.; Wang, W. M.; Yakupitiyage.; Yuan, D. R.; Diana, J. S. 2008. Effects of pretreatment with microbial phytase on phosphorous utilization and growth performance of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture Nutrition* 14: 99-109.
- Cyrino, J. E. P.; Bicudo, A. J. de A.; Sado, R. Y.; Borghesi, R.; Dairiki, J. K. 2010. A piscicultura e o ambiente – o uso de alimentos ambientalmente corretos em piscicultura. *R. Bras. Zootec.*, 39: 68-87.
- Dalsgaard, J; Ekmann, K. S.; Pedersen, P. B.; Verlhac, V. 2009. Effect of supplemented fungal phytase on performance and phosphorus availability by phosphorus-depleted juvenile rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*), and on the magnitude and composition of phosphorus waste output. *Aquaculture*, 286 (Issues 1-2): 105-112.
- Fish feed technology. Rome: FAO, 1980. p.105-108. (ADCP/REP/8011).
- Forster, I.; Higgs, D. A.; Dosanjh, B. S. 1999. Potential for dietary phytase to improve the nutritive value of canola protein concentrate and decrease phosphorus output in rainbow trout (*Oncorhynchus mikiss*) held in 11 °C fresh water. *Aquaculture*, 179: 109-125.
- Furuya, W. M. Gonçalves, G. S.; Furuya, V. R. B.; Hayashi, C. 2001. Fitase na alimentação de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). Desempenho e digestibilidade. *Rev.Bras.Zootec.*, 30(3): 924-929.
- Furuya, W. M.; Santos, V. G.; Borato, D.; Hayashi, C.; Silva, L. C. R. 2005. Níveis de proteína e fitase em rações de terminação para a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). *Arq. ciên. vet. zool. UNIPAR*, 8(1): 11-17.
- Gatlin, D. M.; Phillips, H. F. 1989. Dietary calcium, phytate and zinc interactions in channel catfish. *Aquaculture*, 79: 259-266.
- Gonçalves, G. S.; Pezzato, L. E.; Barros, M. M.; Kleeman, G. K.; Rocha, D. F. 2005. Efeitos da suplementação de fitase sobre a disponibilidade aparente de Mg, Ca, Zn, Cu, Mn e Fe em alimentos vegetais para a tilápia do Nilo. *R. Bras. Zootec.*, 34(6): 2155-2163.

- Goulding, M. 1980. The fish and the forest. Explorations in Amazonian Natural History. University of California Press, Los Angeles, 280 p.
- Graef, E.W. 1995. As espécies de peixes com potencial para criação no Amazonas. *In: Val, A.L.; Honczaryk, A. (Eds.). Criando peixes na Amazônia*. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA). Manaus, AM. p. 29-43.
- Jackson, L.S.; Li, M.H.; Robinson, E.H. 1996. Use of microbial phytase in channel catfish *Ictalurus punctatus* diets to improve utilization of phytase phosphorus. *Journal of the World Aquaculture Society*, 27(3): 309-313.
- Keshavarz, K. 1999. “Por que es necesario emplear la fitasa en la dieta de las ponedoras?” *Industria Avícola*, 46(10): 13-14.
- Kubitza, F. 2003. Qualidade do alimento e qualidade da água. *In: Qualidade da água no cultivo de peixes e camarões*. 229pp.
- Lanari, D.; D’agaro, E.; Turri, C. 1998. Use of nonlinear regression to evaluate the effects of phytase enzyme treatment of plant protein diets of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, 161: 345-356.
- Lehninger, A. L. 1994. Princípios da Bioquímica. São Paulo: Sarvie, p. 37.
- Liebert, F.; Portz, L. 2007. Different sources of microbial phytase in plant based low phosphorus diets for Nile tilapia *Oreochromis niloticus* may provide different effects on phytate degradation. *Aquaculture*, 267(Issues 1-4): 292-299.
- Lovell, R.T. 1981. Manual for fish feed analysis and fish nutrition studies. Auburn: Auburn University, 65pp.
- Melo, L.A.S.; Izel, A.C.U.; Rodrigues, F.M, 2001. Criação de tambaqui (*Colossoma macropomum*) em viveiros de argila/barragens no Estado do Amazonas. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental. BRASIL. 30pp.
- Olivia-Teles, A.; Pereira, J.P.; Gouveia, A. et al. 1998. Utilization of diets supplemented with microbial phytase by seabass. *Aquatic Living Resources*, 11(4): 255 – 259.
- Power Hughes, K. P.; Soares, J. H. 1998. Efficacy of phytase on phosphorus utilization in practical diets fed to striped bass *Morone saxatilis*. *Aquaculture Nutrition*, 4: 133-140.
- Rodehutsord, M.; Pfeffer, E. 1995. Effects of supplemental microbial phytase on phosphorus digestibility and utilization in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Water science and technology*, 31(10): 143-147.

- Runho, R. C.; Gomes, P. C.; Rostagno, H. S.; Albino, L. F. R.; Lopes, P. S.; Pozza, P. C. 2001. Exigência de fósforo disponível para frangos de corte machos e fêmeas de 1 a 21 dias de idade. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 30(1): 187-196.
- Sardar, P.; Randhawa H. S.; Abid, M.; Prabhakar, S. K. 2007. Effect of dietary microbial phytase supplementation on growth performance, nutrient utilization, body compositions and haemato-biochemical profiles of *Cyprinus carpio* (L.) fingerlings fed soyprotein-based diet. *Aquaculture Nutrition*, 13(6): 444-456.
- Underwood, E. J.; Suttle, N. F. 1999. *The mineral nutrition of livestock*. 3. ed. Wallingford: Cabi, p. 105-148.
- Val, A.L.; Rolim, P.R.; Rabelo, H. 2000. Situação atual da aquicultura na Região Norte. In: Valente, W.C.; Poli, C.R.; Pereira, J.A.; Borghetti, J.R. (Ed.). *Aquicultura no Brasil: bases para um desenvolvimento sustentável*. Brasília: CNPq; MCT, p.247-266.
- Van der Ploeg, M.; Boyd, C. E. 1991. Geosmin production by cyanobacteria (blue green algae) in fish ponds at Auburn, Alabama. *Journal of the World Aquaculture Society*, 22: 207-216.
- Van der Ploeg, M.; Tucker, C. S. 1994. Seasonal trends in flavor quality of channel catfish, *Ictalurus punctatus*, from commercial ponds in Mississippi. *Journal of applied aquaculture*, 3: 21-140.
- Vielma, J.; Lall, S. P.; Koskela, J. 1998. Effects of dietary phytase and cholecalciferol on phosphorus bioavailability in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, 63(3-4): 309-323.
- Vielma J.; Mäkinen, T.; Ekholm, P. et al. 2000. Influence of dietary soy and phytase levels on performance and body composition of large rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and algal availability of phosphorus load. *Aquaculture*, 182: 349-362.
- Yoo, G. Y.; Wang, X.; Choi, S.; Han, K.; Kang, J.; Bai, S. C. 2005. Dietary microbial phytase increased the phosphorus digestibility in juvenile Korean rockfish *Sebastes schlegeli* fed diets containing soybean meal. *Aquaculture*, 243: 315-322.
- Zar, J.H. 1996. *Biostatistical analysis*. Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey, USA.