

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ
CAMPUS DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

ARCANGELO AUGUSTO SIGNOR

**PROCESSAMENTO DE RAÇÕES E UTILIZAÇÃO DE COMPLEXO
MULTIENZIMÁTICO NA PRODUÇÃO DE JUVENIS DE TILÁPIA DO NILO**
(Oreochromis niloticus)

Marechal Cândido Rondon

2008

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ
CAMPUS DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

ARCANGELO AUGUSTO SIGNOR

**PROCESSAMENTO DE RAÇÕES E UTILIZAÇÃO DE COMPLEXO
MULTIENZIMÁTICO NA PRODUÇÃO DE JUVENIS DE TILÁPIA DO NILO**
(*Oreochromis niloticus*)

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Oeste do Paraná como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Área de concentração “Produção e Nutrição Animal, para a obtenção do título de “Mestre em Zootecnia”.

Orientador: Prof. Dr. Wilson Rogério Boscolo
Co-Orientador: Prof. Dr. Aldi Feiden

Marechal Cândido Rondon

2008

Catálogo na Publicação elaborada pela Biblioteca Universitária
UNIOESTE/Campus de Toledo.

Bibliotecária: Marilene de Fátima Donadel - CRB – 9/924

S578p Signor, Arcangelo Augusto
Processamento de rações e utilização de complexo
multienzimático na produção de juvenis de tilápia do Nilo
(*Oreochromis niloticus*) / Arcangelo Augusto Signor. --
Marechal Cândido Rondon, PR : [s. n.], 2008.
49 f.

Orientador: Drº Wilson Rogério Boscolo
Co-Orientador: Drº Aldi Feiden
Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade
Estadual do Oeste do Paraná. Campus de Marechal Cândido
Rondon. Centro de Ciências Agrárias.

1. Aquicultura 2. Peixe – Alimentação e rações 3. Tilápia
(Peixe) - Suplementos dietéticos - Digestibilidade 4. Tilápia
(Peixe) - Nutrição 5. Nutrição animal I. Boscolo, Wilson
Rogério, Or. II. Feiden, Aldi, Or. III. T.

CDD 20. ed. 639.3758
664

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ
CAMPUS DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

ARCANGELO AUGUSTO SIGNOR

**PROCESSAMENTO DE RAÇÕES E UTILIZAÇÃO DE COMPLEXO
MULTIENZIMÁTICO NA PRODUÇÃO DE JUVENIS DE TILÁPIA DO NILO**
(Oreochromis niloticus)

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Oeste do Paraná como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Área de concentração “Produção e Nutrição, para a obtenção do título de “Mestre em Zootecnia”.

Marechal Cândido Rondon, 28 de agosto de 2008

BANCA EXAMINADORA

Prof Dr Aldi Feiden

Prof Dr Wilson Massamitu Furuya

Prof^a Dr^a Elizabeth Romagosa

A Deus

Pelo dom da vida

Aos

Meus pais

Arquimedes e Zélia Maria Signor

Pelo carinho, apoio, incentivo, ensinamentos,
atenção e por serem exemplos de amor e
persistência..... Por serem motivo de minha
existência e espelho de minhas conquistas.....

Minha eterna gratidão, admiração, amor e respeito;

Aos

Meus irmãos

Altevir, Adriana e Andréia Signor

Pela apoio, amizade e carinho

À

Minha namorada

Leslié Defante

Pelo apoio, paciência, amizade e compreensão

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Universidade Estadual do Oeste do Paraná pela oportunidade e pelo ensino de qualidade.

Ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia pela oportunidade e pelo curso de qualidade.

Ao professor, orientador e amigo Dr. Wilson Rogério Boscolo pelas orientações de iniciação científica, monografia de conclusão de curso e pela orientação no mestrado.

Aos professores Dr. Aldi Feiden e Dr. Adilson Reidel, pela amizade, companheirismo e incentivo.

Aos pesquisadores e técnicos do Grupo de Estudos de Manejo em Aqüicultura, pelo trabalho em equipe e ensinamentos durante as pesquisas.

Ao Dr. Giovani Sampaio Gonçalves pela doação de alguns insumos para elaboração das rações.

A todos os estagiários do Grupo de Estudos de Manejo em Aqüicultura pela ajuda durante a realização dos experimentos.

A todas as pessoas que ajudaram direta ou indiretamente na condução do experimento.

RESUMO

PROCESSAMENTO DE RAÇÕES E UTILIZAÇÃO DE COMPLEXO ENZIMÁTICO NA PRODUÇÃO DE JUVENIS DE TILÁPIA DO NILO (*Oreochromis niloticus*)

Foram conduzidos dois experimento objetivando avaliar o processamento de dietas e a inclusão de um complexo enzimático (Cenzime[®]) sobre o desempenho produtivo, composição bromatológica da carcaça e qualidade da água de exemplares juvenis de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). O primeiro experimento foi conduzido visando avaliar o desempenho e a composição de carcaça de juvenis de tilápia do Nilo, alimentados com dietas fareladas, peletizadas e extrusadas. Foram utilizados 360 peixes revertidos ($1,47 \pm 0,05$ g). Os peixes foram distribuídos em 18 tanques (500L cada) em um delineamento inteiramente casualizado, com 20 peixes por unidade experimental. Os peixes foram alimentados com dietas farelada, peletizada e extrusada, contendo 30% de proteína digestível e 3145kcal/kg de energia digestível. No segundo experimento foi avaliada a inclusão de um complexo enzimático (Cenzime[®]) em dietas sobre o desempenho produtivo, qualidade da água e composição da carcaça dos juvenis de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). Neste experimento foram utilizados 200 alevinos revertidos ($14,57 \pm 1,24$ g), distribuídos em um delineamento inteiramente casualizado com quatro tratamentos e cinco repetições, distribuídos em 20 tanques (500L cada). Os peixes foram alimentados com rações contendo diferentes níveis de inclusão (0; 0,033; 0,066 e 0,099%) de complexo enzimático (Cenzyme[®]) composto por amilase, protease, celulase, lipase, pectinase, xilanase, β -glucanase e fitase. As dietas foram formuladas com 30% de proteína digestível e 3100 kcal de energia digestível/kg. Os peixes foram arraçoados quatro vezes ao dia até a saciedade. No experimento 1, foram observadas médias superiores ($P < 0,05$) de ganho de peso para os peixes que receberam rações extrusadas e peletizadas e a conversão alimentar aparente e eficiência alimentar foram melhores para a dieta extrusada. Não foi observada diferença para a composição corporal. Os peixes alimentados com rações peletizadas e extrusadas apresentaram maior teor de extrato etéreo na carcaça. No experimento 2, a inclusão de complexo enzimático não influenciou no fósforo total, amônia e nitrato da água de cultivo. Não foram observadas diferenças ($P < 0,05$) ganho de peso, sobrevivência e crescimento específico. O consumo da dieta, a conversão alimentar e eficiência alimentar apresentaram diferenças ($P < 0,05$) entre os níveis de inclusão do complexo enzimático (Cenzyme[®]). A composição bromatológica da carcaça não apresentou diferença ($P > 0,05$) com exceção do extrato etéreo, que reduziu com o aumento de inclusão do complexo enzimático. Portanto, as dietas peletizada ou extrusada proporcionam melhor desempenho e conversão alimentar. A inclusão de 0,066% do complexo enzimático (Cenzyme[®]) na dieta de juvenis de tilápia do Nilo melhora o desempenho produtivo.

Palavras-chaves: enzimas, desempenho produtivo, manejo alimentar, nutrição de peixes, qualidade de água

ABSTRACT

DIET PROCESSING AND ENZYMATIC COMPLEX UTILIZATION IN NILE TILAPIA CULTURE (*Oreochromis niloticus*)

Two trials were conducted to evaluate the effects of diets processing and a enzymatic (Cenzime®) inclusion on performance, body composition and water quality of juveniles Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). The first experiment was conducted to evaluate the performance and body composition of Nile tilapia fed mealed, pelletized and extruded diets. Three hundred and sixty fish were utilized, reversed (1.47 ± 0.05 g). The fish were distributed in 18 tanks (500 L each) in a completely randomized design, with 20 fish per experimental unity. The fish were fed with diet containing 30% of the digestible protein and 3145 kcal/kg of digestible energy/kg, mealed, pelletized and extruded. In the experiment 2 a enzymatic (Cenzime®) complex inclusion effects on productive performance, water quality and carcass composition of the Nile juvenile tilapia (*Oreochromis niloticus*) was evaluated. In this experiment, 200 fingerlings (14.57 ± 1.24 g) were distributed in a completely randomized design, with four treatments and five replicates in 20 tanks (500 L each). The fish were fed diets containing different inclusion levels (0; 0.033; 0.066 and 0.099%) of enzymatic (Cenzime®) complex, compound by amylase, protease, cellulase, lipase, pectinase, xylanase, β -glucanase and phytase. The diet were formulated with 30% of digestible protein and 3100kcal of digestible energy/kg. Fish were fed four times a day to apparent satisfy. In the experiment 1, weight gain ($P < 0.05$), were higher in fish fed extruded and pelletized diets, and the best feed conversion and feed efficiency were observed in fish fed extruded diet. No differences on body composition was observed. Fish fed pelletized and extruded diets showed higher body fat. In the experiment 2, the inclusion of enzymatic complex did not influenced in total phosphorus, ammonia and water nitrate concentrations. No differences were observed on weight gain, survival and specific growth. The feed intake, feed conversion ratio and feed efficiency were higher in fish fed enzymatic (Cenzime®) complex. No differences on body composition were observed ($P < 0.05$), except the body fat, that decreased according to enzymatic complex inclusion. It was concluded that pelletized and extruded diets improves performance and feed conversion ratio. Dietary inclusion of 0.066% of enzymatic (Cenzime®) complex in the Nile juvenile tilapia diet improves the performance of Nile tilapia fingerlings.

Key-words: enzymes, diet management, fish nutrition, water quality, fish nutrition.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Composição percentual e química das dietas.....	25
Tabela 2: Valores médios de desempenho de exemplares juvenis de tilápia do Nilo	27
Tabela 3: Composição química da carcaça de exemplares juvenis de tilápia do Nilo.....	29
Tabela 4: Composição percentual e química da dieta	33
Tabela 5: Valores médios dos parâmetros da água dos tanques de cultivo.....	35
Tabela 6: Valores médios de desempenho de exemplares juvenis de tilápia do Nilo	36
Tabela 7: Composição bromatológica da carcaça de exemplares juvenis de tilápia do Nilo.....	40

SUMARIO

1 INTRODUÇÃO	9
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	11
2.1 Espécie Estudada	11
2.2 Processamento de Rações para Peixes.....	11
2.3 Utilização de Enzimas na Alimentação de Peixes.....	14
3 RAÇÕES FARELADAS, PELETIZADAS E EXTRUSADAS NA PRODUÇÃO DE EXEMPLARES JUVENIS DE TILÁPIA DO NILO <i>Oreochromis niloticus</i>	23
3.1 Introdução	23
3.2 Material e Métodos.....	24
3.3 Resultados e Discussão	27
3.4 Conclusão	30
4 COMPLEXO ENZIMÁTICO CENZYME[®] EM RAÇÕES PARA EXEMPLARES JUVENIS DE TILÁPIA DO NILO <i>Oreochromis niloticus</i>	31
4.1 Introdução	31
4.2 Material e Métodos.....	32
4.3 Resultados e Discussão	34
4.4 Conclusão	40
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	41
REFERÊNCIAS	42

1 INTRODUÇÃO

A tilápia do Nilo *Oreochromis niloticus*, destaca-se na aquicultura brasileira sendo a principal espécie cultivada em criação intensiva apresentando hábito alimentar onívoro, fácil reprodução e manipulação do sexo, rápido crescimento, rusticidade ao manejo e suporta alta densidade de estocagem em sistemas intensivos de produção. Outro fator responsável pelo sucesso na tilapicultura é a sua aceitação pelo consumidor devido ao sabor suave de sua carne e inexistência de espinhas em “Y” em seu filé, sendo assim, propícia à indústria de filetagem.

A alimentação de peixes em criação intensiva e semi-intensiva, corresponde a parte mais onerosa da produção, pois devem atender todas as exigências nutricionais. A utilização de dietas de baixa digestibilidade ou desbalanceadas, provoca maior impacto ambiental, pois os nutrientes indigestíveis serão eliminados, provocando maior eutrofização do ambiente aquático, prejudicando o desempenho dos peixes e causando prejuízo ao piscicultor. No entanto, pode-se utilizar tecnologias que permitem maior estabilidade das rações no meio aquático, bem como adição de compostos que melhoram a digestibilidade dos nutrientes presentes nos alimentos.

O processamento das rações para peixes influencia no desempenho produtivo, pois melhoram a qualidade, destruindo ou inibindo a ação de fatores antinutricionais. As rações fareladas apresentam maiores perdas de nutrientes por lixiviação e maior seletividade das partículas que compõem as rações pelos peixes. As rações peletizadas e extrusadas, apresentam maior estabilidade e disponibilidade de seus nutrientes devido às mudanças físicas proporcionadas pelo aquecimento durante o processamento. Porém, apresentam maior custo operacional para sua elaboração, pela necessidade de equipamentos específicos e maior gasto de energia.

Com a redução na disponibilidade da farinha de peixe, os nutricionistas buscam alimentos alternativos para elaboração de rações. Neste contexto, aumentou a utilização de ingredientes de origem vegetal nas formulações das rações, que geralmente são ricos em amido, que não são bem digeridos pelos peixes. Visando melhorar a disponibilidade dos nutrientes destes alimentos, é utilizada a suplementação enzimática para remover ou destruir os fatores antinutricionais presente nos alimentos, aumentando a digestibilidade e potencializando a ação das enzimas endógenas dos animais.

Dentre as enzimas disponíveis, a fitase tem sido muito utilizada em rações para peixes, pois grande parte do fósforo presente nos alimentos vegetais se encontra na forma de fitato, indisponível aos monogástricos, que não secretam a enzima fitase. Sua suplementação

proporciona melhora na disponibilidade do fósforo e conseqüentemente reduz os impactos ambientais.

Além da utilização de enzimas específicas para melhorar o aproveitamento de um nutriente, atualmente existem complexos enzimáticos capazes de atuar em vários nutrientes, melhorando a digestibilidade de proteínas, carboidratos, lipídios, entre outros.

Poucas são as informações sobre o uso de enzimas em rações para peixes. Assim, são importantes as pesquisas realizadas com o objetivo de avaliar a inclusão de enzimas sobre o desempenho produtivo e a qualidade de água.

O objetivo do presente trabalho é avaliar tipos de processamento e a utilização de complexo enzimático (amilase, protease, celulase, lipase, pectinase, xilanase, β -glucanase e fitase) em dietas para exemplares juvenis de tilápia do Nilo *O. niloticus*.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Espécie Estudada

A aqüicultura brasileira está concentrada nas espécies exóticas, sendo a tilápia do Nilo a mais cultivada atualmente, respondendo por grande parte da produção atual de pescados de águas continentais (OSTRENSKI et al., 2008). Algumas características a colocam em destaque na produção, pois apresenta resistência ao baixo nível de oxigênio dissolvido na água, bons índices de conversão alimentar, consumo de ração desde a fase larval (MEURER et al., 2000; MEURER et al., 2002) e destaca-se em cultivos por apresentar crescimento rápido e rusticidade (HAYASHI et al., 1999).

A tilápia do Nilo é originária da África e foi introduzida no Brasil para subsistência. Atualmente é sem dúvida, uma das principais espécies com potencial para a aqüicultura, pois está adaptada às condições climáticas e sua criação é realizada a partir de um pacote tecnológico bem definido (TOYAMA et al., 2000). Além disso, apresenta hábito alimentar onívoro com eficiente utilização dos carboidratos (KUBARICK, 1997; SHIAU, 1997) e proteínas (TENGGARJROENKUL et al., 2000) da dieta e devido a produção e importância que esta representa à aqüicultura, muitos aspectos de sua nutrição vem sendo estudados (BARROS et al., 2002; BOSCOLO et al., 2002; PEZZATO et al., 2002).

A tilápia apresenta carne de ótima qualidade e o filé é considerado o principal produto da industrialização, com boa aceitação no mercado consumidor por não apresentar espinhas em “Y”. Segundo Souza et al. (1999) e Boscolo et al. (2001) o rendimento de filé pode chegar a 37% da matéria prima, porém, o peso apresenta maior influência nesse parâmetro sendo que o rendimento pode variar de 32,45 a 40,39% (MACEDO-VEIGAS et al., 1997).

2.2 Processamento de Rações para Peixes

Os atuais cultivos de tilápias estão baseados nos sistemas intensivos de produção, e a alimentação é totalmente representada por rações balanceadas completas e esses alimentos perfazem grande parte do custo operacional (EL-SAYED, 1999). Portanto, é importante avaliar a forma de processar os alimentos, visando maximizar a utilização de seus nutrientes bem como aumentar a disponibilidade dos mesmos, pois a oscilação da qualidade dos alimentos para as rações e o inadequado processamento podem refletir nos nutrientes (TACON; JACKSON, 1985; SIDDHURAJU; BECKER, 2002).

O processamento das rações é uma prática realizada em alimentos ou rações completas, visando melhorar a qualidade, aumentando a digestibilidade de nutrientes, destruindo ou inibindo a ação de fatores antinutricionais proporcionando melhor desempenho dos peixes.

O meio aquático influencia na nutrição de peixes, pois dificulta a observação da quantidade de ração consumida, além de proporcionar perda de nutrientes por lixiviação, o que pode influenciar diretamente no desempenho dos peixes, prejudicando a eficiência de utilização dos alimentos ou indiretamente, provocando queda na qualidade de água (FURUYA et al., 1998). Muitas técnicas de processamentos como a peletização e a extrusão são empregadas visando facilitar o manejo e aumentar a estabilidade na água.

O aumento na demanda por rações para aquicultura vem impulsionando a utilização de alimentos de origem vegetal nas rações principalmente para as espécies onívoras. Os cereais são mais viáveis economicamente para a inclusão em rações quando comparado à utilização de ingredientes de origem animal. No entanto, os cereais, em sua maioria apresentam grande porcentagem de amido (DAVIS; ARNOLD, 1995), que necessitam de processamento para melhor utilização pelos peixes.

Vários processos são empregados para produção de rações, desde uma simples moagem até processos mais sofisticados e de maior custo operacional, como a peletização e extrusão, que visam facilitar o manejo alimentar e melhorar o desempenho dos organismos aquáticos. Estes procedimentos propiciam modificações benéficas ao amido cru, melhorando a digestibilidade dos nutrientes (JAYARAM; SHETTY, 1981), diminuindo a seletividade alimentar e reduzindo as perdas por lixiviação dos nutrientes (DUPEE, 1984; VIEIRA et al., 2005).

A moagem dos ingredientes apresenta grande influência sobre a estabilidade e custo das dietas, pois, ingredientes finamente moídos apresentam maior custo de produção devido ao maior consumo de energia e tempo de moagem (MEURER et al., 2003a). No entanto, a eficiência da digestão está diretamente relacionada entre a superfície de exposição das partículas alimentares e as secreções digestivas, que é maior para as partículas menores (NRC, 1993; PEZZATO et al., 1995; SOARES et al., 2003). O grau de moagem dos alimentos pode alterar as propriedades dos grânulos das rações peletizadas e extrusadas influenciando na estabilidade, durabilidade, dureza e seletividade dos animais (BOOTH et al., 2000) e eficiência alimentar dos peixes (PEZZATO et al., 1995).

O processo de peletização consiste em compactar mecanicamente a ração farelada através do aquecimento proporcionado pelo atrito mecânico durante a prensagem da ração

pelos rolos compressores contra a matriz (MILLAN et al., 1987), combinado com calor, umidade e pressão, propiciando alta qualidade nutricional e estabilidade na água (FANCHER, 1996). Rações peletizadas, quando comparadas às extrusadas propiciam vantagens no transporte e armazenamento, pois apresentam menor volume. Em relação as fareladas aumentam a eficiência alimentar por impedir a seleção dos ingredientes pelos peixes, aumentam a estabilidade na água e diminuem as perdas de nutrientes por lixiviação (FURUYA et al., 1998). No entanto, segundo Gentelini et al. (2005) as rações formuladas com ingredientes submetidos a moagem abaixo de 450 µm não proporcionam melhora no desempenho de alevinos de piavuçu *Leporinus macrocephalus*, provavelmente devido a maiores perdas por lixiviação dos nutrientes.

A extrusão é um processo que exige alta pressão (30 a 60 atm), umidade (18 a 22%) e temperaturas elevadas (130 a 150°C) (CHENG; HARDY, 2003a; CHENG; HARDY, 2003b). Estes fatores causam maior gelatinização do amido (VIEIRA et al., 2005) pelo rompimento da parede celular vegetal, favorecendo a ação digestiva e melhorando a eficiência alimentar (KUBITZA, 1998; BARROWS et al., 2007). Com o processo de extrusão, aproximadamente 90% do amido da dieta é gelatinizado (JONG KIANG, 1998; PEZZATO, 1998), proporcionando melhora na digestibilidade da energia. Além disso, inativam alguns fatores antinutricionais (CHENG; HARDY, 2003a; SOARES JUNIOR et al., 2004) melhorando a qualidade das rações utilizadas na aquicultura, além de proporcionar menor densidade dos pellets. Este último fator facilita a observação do consumo de rações pelos peixes, minimizando os desperdícios e possíveis impactos ambientais pelo fósforo e nitrogênio.

A tecnologia da extrusão tornou-se muito utilizada no processamento das rações para organismos aquáticos, pois o aumento na diversidade de alimentos utilizados na elaboração das dietas levou ao desenvolvimento de metodologias que propiciassem rações de melhor qualidade (DAVIS; ARNOLD, 1995). Segundo estes autores, a extrusão é uma tecnologia muito utilizada devido ao aumento nos valores nutritivos dos alimentos. Satoh et al. (1998) observaram que a extrusão proporcionou acréscimo nos valores nutricionais do farelo de canola para o salmão *Oncorhynchus tshawytscha*, demonstrando que além do amido outros nutrientes podem ser disponibilizados pela extrusão, provavelmente pela inativação dos fatores antinutricionais.

Cheng e Hardy, (2003a) avaliaram o efeito da extrusão do farelo de soja, cevada, glúten de milho e trigo integral sobre os coeficientes de digestibilidade aparente para a truta arco-íris *Oncorhynchus mykiss*. Estes autores também observaram que os valores de proteína

bruta diminuíram após a extrusão desses ingredientes acima citados, por outro lado o processamento aumentou a energia bruta do glúten de milho e do trigo integral. A temperatura a que os alimentos são submetidos libera os nutrientes presentes nos alimentos, no entanto, quando são submetidos a condições severas de temperatura, reduz a digestibilidade da proteína e aminoácidos, pois a lisina pode reagir com os açúcares presentes nos alimentos (CHENG; HARDY, 2003b).

O processo de extrusão das rações é mais oneroso em relação a peletização, porém, segundo Kubitzka (1998) este custo superior acaba sendo compensado pela melhora na conversão alimentar e rápido crescimento dos peixes, devido ao melhor aproveitamento dos nutrientes, além de baixo impacto ambiental devido a maior estabilidade dos grânulos de ração na água.

O fornecimento de rações não flutuantes (farelada ou peletizada) em viveiros escavados dificultam o acompanhamento do consumo pelos peixes. Por outro lado, em tanques-rede as rações extrusadas são recomendadas, pois as rações não flutuantes acabam se perdendo através do fundo e das laterais do tanque.

2.3 Utilização de Enzimas na Alimentação de Peixes

Programas alimentares eficientes e a máxima utilização dos nutrientes dos alimentos são as principais preocupações dos piscicultores diante da alta demanda mundial de pescados a curto e médio prazo (OLIVEIRA et al, 2007).

A rápida expansão da aquicultura depende de rações balanceadas para permitir o aumento na produtividade com menor impacto ambiental (SILVA et al., 2007a). Na busca por rações de mínimo custo, os alimentos de origem animal vem sendo substituídos por ingredientes de origem vegetal. No entanto, geralmente apresentam alguns fatores antinutricionais que devem ser eliminados visando melhorar o aproveitamento de seus nutrientes.

A inclusão de sementes de leguminosas, farelos de oleaginosas e concentrados protéicos, entre outros, é limitada na alimentação de animais não ruminantes, devido as substâncias antinutricionais presentes nestes alimentos. Dentre os fatores mais relevantes estão os taninos, compostos antigênicos, gossipol, antivitamina, ésteres, inibidores de proteases, fitatos, oligossacarídeos e polissacarídeos não amiláceos (FRANCIS et al., 2001). O fósforo fítico é a designação do fósforo que faz parte da molécula de ácido fítico

(hexafosfato de inositol ou fítato), encontrado nos vegetais, esta molécula possui teor de fósforo de 28,2% e alto potencial de quelação (BOCK et al., 2007).

O fósforo é o principal nutriente eutrofizador dos ambientes aquáticos. A redução na liberação de fósforo no ambiente pode permitir a otimização do sistema de produção quanto a sua capacidade de suporte, pois a utilização de fitase em rações para peixes pode reduzir os níveis de inclusão de fósforo inorgânico nas rações, minimizando os impactos provocados por esse mineral no sistema de produção e no ambiente natural (BOCK et al., 2007). A suplementação de fósforo inorgânico se faz necessária para obtenção do crescimento adequado dos peixes, o que proporciona maior excreção desse mineral, conduzindo a eutrofização do meio aquático (BOCK et al., 2006). Por outro lado, ao se aumentar a disponibilidade do fósforo dos vegetais por meio de compostos exógenos, a utilização suplementar de fósforo inorgânico pode ser diminuída ou nula (BOCK et al., 2007).

A digestão, na maioria dos peixes, ocorre no intestino devido à ação de substâncias secretadas por ele e por glândulas anexas do trato gastro intestinal, como o pâncreas e o fígado. Essa estrutura varia entre os diferentes organismos, pois os mamíferos produzem a amilase pelas células salivares e/ou pelo pâncreas, porém, acredita-se que em peixes a única fonte de amilase seja o pâncreas, visto que esses animais não possuem glândulas salivares (OLIVEIRA, 2006). Segundo Krogdahl et al. (2005) a alta atividade de amilase ocorre na bÍlis e no fígado de algumas espécies de carpa e goldfish, que possuem hepatopâncreas. Algumas enzimas como a amilase, pepsina, tripsina, esterases e fosfatase alcalina estão envolvidas nos processos de digestão, absorção e tem sido observadas em tilápias (LI; FAN, 1997).

Nesta espécie a digestão das proteínas inicia-se pela ação de proteases como a pepsina, tripsina e quimiotripsina (FANG; CHIOU, 1989). Assim, mais da metade do intestino da tilápia (*Oreochromis niloticus*) exerce um importante papel na degradação de peptídeos (OLIVEIRA, 2006). Segundo Tengjaroenkul et al. (2000) a distribuição e a intensidade das peptidases estão correlacionadas com a presença e a atividade de proteases. Dessa forma, as peptidases estão presentes no mesmo local que as proteases, permitindo que as mesmas atuem imediatamente sobre cadeias curtas de peptídeos, produzidas pelas proteases.

A amilase digestiva foi localizada em todo o trato gastrointestinal de algumas espécies de peixes (HIDALGO et al., 1999; TENGJAROENKUL et al., 2000; FAGBENRO et al., 2000; ALARCÓN et al., 2001; FERNANDEZ et al., 2001). O teor dessa enzima no conteúdo intestinal e nos tecidos varia entre as espécies, podendo ser mais elevado em peixes com hábito alimentar herbívoros e onívoros do que naquelas espécies de peixes carnívoros

(HIDALGO et al., 1999). Em alimentos de origem vegetal, a amilase pode ser inibida por fatores protéicos presentes nos alimentos, que podem ser destruídos por tratamento térmico.

Segundo Saha et al. (2006), a celulase é a enzima mais importante na quebra das paredes celulares de plantas vasculares. Os peixes não possuem produção de celulase endógena, mas abrigam microrganismos em seu trato digestório que ajudam na degradação (BAIRAGI et al., 2002).

A degradação da celulose por enzimas microbianas requer longo tempo de digestão, isso pode ser observado em ruminantes que apresentam uma câmara grande de fermentação e uma taxa de passagem lenta, proporcionando maior tempo de exposição às enzimas. Como os peixes não possuem esta câmara especializada para ação fermentativa das bactérias, a celulose é utilizada ineficientemente pelos peixes, apesar da presença de bactérias celulolíticas (SAHA et al., 2006). Porém, atualmente pode-se utilizar compostos exógenos que melhoram a disponibilidade dos nutrientes.

A principal meta da suplementação enzimática para os animais é a remoção ou destruição de fatores antinutricionais dos alimentos de origem vegetal, aumentando a digestibilidade dos mesmos, potencializando a ação das enzimas endógenas. As enzimas têm sido utilizadas visando incorporar matérias primas de menor qualidade às rações de animais domésticos (NERY et al., 2000) e peixes (NG et al., 2002), propiciando menor impacto causado por dejetos e melhor aproveitamento de ingredientes disponíveis em cada região. Os fatores antinutricionais não são tóxicos aos animais, mas sua presença pode resultar em redução no crescimento, aumento da conversão alimentar e alterações hormonais (FRANCIS et al., 2001).

Estes inconvenientes limitam o uso de ingredientes de origem vegetal, como o farelo de soja especialmente para animais jovens. Entretanto, pesquisas recentes comprovam que a degradação das paredes celulares dos ingredientes desses alimentos permite a maximização da ação enzimática endógena do animal sobre a degradação do amido, da gordura e da proteína, aumentando a digestibilidade dos nutrientes (OLIVEIRA et al., 2007).

Os ingredientes de origem vegetal mais utilizados em rações para animais não-ruminantes são relativamente ricos em amido e proteína, mas contêm componentes não digestíveis presentes na parede celular, como os polissacarídeos não-amiláceos (PNAs), os oligossacarídeos e outros não-carboidratos (glicoproteínas, ésteres fenólicos, lignina). Oliveira et al. (2007) relatam que os PNAs exercem um efeito barreira à ação de enzimas hidrolíticas ao aprisionarem as moléculas de amido e/ou outros nutrientes (como as proteínas das paredes celulares) no interior das células do endosperma e que os tratamentos térmicos não são

capazes de liberar totalmente os nutrientes não digestíveis de ingredientes de origem vegetal. As ligações covalentes entre os PNAs e a lignina limitam a digestibilidade dos polissacarídeos quando ingeridos por animais não ruminantes (FISCHER et al., 2002). Portanto, atualmente são utilizadas técnicas que visam destruir as ligações covalentes e aumentar a disponibilidade dos nutrientes para os animais monogástricos.

A recombinação genética e as mutações são técnicas que a biotecnologia tem possibilitado a produção industrial de enzimas exógenas específicas, utilizando diversos tipos de fungos, bactérias e plantas. Essa metodologia tem trazido benefícios no cultivo animal e o uso de enzimas digestivas exógenas tem despertado a atenção para a sua inclusão em rações na aqüicultura (SILVA et al., 2007b).

Existem enzimas digestivas para serem adicionadas às rações contendo matérias primas alternativas (trigo, triticale, entre outros) e alimentos comumente utilizados (farelo de soja e milho). Estas enzimas têm objetivos bem definidos: complementar as enzimas endógenas produzidas pelos animais em quantidades insuficientes (amilase e protease) e fornecer as enzimas que os animais não conseguem sintetizar, reduzindo os efeitos negativos causados pelos PNAs (FISCHER et al., 2002). Segundo Torres et al. (2003), as enzimas exógenas rompem as paredes celulares e degradam os nutrientes, disponibilizando-as aos animais. Dessa forma melhoram a digestibilidade dos ingredientes, aumentando a energia e o conteúdo de aminoácidos digestíveis (GOMES et al., 2000; SILVA et al., 2000; MORA-JAÍMES et al., 2002).

A suplementação de enzimas exógenas (amilase, protease, lipase, xilanase e outras) surgiu como uma alternativa visando aumentar o valor nutritivo dos alimentos utilizados em rações que possuem baixos coeficientes de digestibilidade e apresentam significativa fração de polissacarídeos não-amiláceos estruturais e/ou fatores antinutricionais (FURLAN et al., 1997), melhorando a eficiência de produção e redução de perdas de nutrientes nas fezes (COTTA et al., 2002).

As enzimas são moléculas protéicas com atividade catalisadora que atuam em substratos específicos, como protease, que age sobre proteína, a amilase sobre o amido e a xilanase, sobre o xilano (TORRES et al., 2003; CHAMPE et al., 2006). Algumas dessas substâncias não são secretadas mesmo com a presença de substrato, como é o caso da celulase, hemicelulase, xilanase, fitase, entre outras, pois os monogástricos não possuem genes responsáveis pela sua produção. As enzimas mediam praticamente todas as reações do corpo, são proteínas catalizadoras que aumentam a velocidade das reações, sem sofrerem alterações no processo global (CHAMPE et al., 2006). As enzimas são específicas em suas

reações catalíticas, dessa forma a suplementação com apenas uma enzima não é suficiente para maximizar sua eficiência sobre os alimentos, fazendo com que os complexos enzimáticos tornem-se mais eficazes.

A suplementação do complexo enzimático em rações formuladas com ingredientes de origem vegetal propicia melhor aproveitamento da proteína e energia expressos nas consideráveis frações de PNAs e amido presentes no farelo de soja e milho, respectivamente (OLIVEIRA et al., 2007).

Bock et al. (2006) relataram que a criação de peixes enriquece o ambiente aquático com os dejetos provenientes do metabolismo das rações artificiais. Segundo estes autores, os altos níveis de alimentação resultam em acúmulos de dejetos, alterando o balanço do ecossistema principalmente em razão da multiplicação do fitoplâncton, proporcional a quantidade de matéria orgânica.

Uma das formas de reduzir a excreção de fósforo é a utilização de enzimas exógenas em rações com altos níveis de alimentos vegetais reduzindo à necessidade de adição de fósforo inorgânico as dietas (BOCK et al., 2006). Pois segundo Bock et al. (2007) os peixes alimentados com dietas suplementadas com fitase excretam menos fósforo nas fezes, demonstrando maior absorção desse mineral pelos animais.

Oliveira et al. (2007) avaliaram o complexo enzimático contendo celulase, protease e amilase sobre a digestibilidade de exemplares juvenis de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), nos níveis de 0,0; 0,025; 0,050; 0,075 e 1,0% de inclusão. Estes autores observaram efeito quadrático nos coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca, proteína bruta e energia bruta, com valores de 0,0495; 0,051 e 0,0498%, respectivamente. Esta mesma tendência foi comprovada por Ogunkoya et al. (2005) que observaram efeitos positivos sobre o coeficiente de digestibilidade aparente da matéria seca, proteína bruta, lipídios, fósforo e energia, quando avaliaram a incorporação de farelo de soja e um complexo enzimático composto por xilanase, amilase, celulase, protease e β -glucanase na dieta de truta arco íris *Oncorhynchus mykiss*. No entanto, Stone et al. (2003) avaliaram o complexo enzimático composto por β -glucanase e xilanase, que atuam especificamente sobre os polissacarídeos não amiláceos, em rações para perca prateada *Bidyanus bidyanus* e relatam não terem observado diferença na matéria seca, proteína e energia das rações.

A utilização de enzimas em rações tem demonstrado melhoria na digestibilidade de seus nutrientes. Gonçalves et al. (2004) avaliaram a digestibilidade de alimentos de origem vegetal (protéicos e energéticos) suplementados com 0; 1000 e 2000 UF (unidades de fitase). Segundo estes autores, a presença de fitase age de forma diferenciada, pois a inclusão de 2000

UF não foi suficiente para melhorar a digestibilidade da matéria seca, proteína e energia do milho extrusado, farelo de trigo, sorgo de baixo tanino, soja extrusada e farelo de algodão. Por outro lado, a digestibilidade da matéria seca e energia do milho melhoraram com 1000 UF e a do farelo de soja e farelo de girassol com 2000 UF. Estas variações, segundo os autores são em função do valor biológico, quantidade de ácido fítico e natureza dos alimentos.

Gonçalves et al. (2007) avaliaram a disponibilização de fósforo através da inclusão de fitase na ração (0, 1000 e 2000 UF), segundo estes autores a suplementação com 2000 UF foi eficaz, melhorando a disponibilidade de fósforo para o milho e o farelo de soja, porém, os resultados obtidos ainda podem ser melhorados, necessitando estudos mais detalhados visando melhorar a disponibilidade deste mineral. Por outro lado, o farelo de arroz, o milho extrusado, o glúten de milho e o sorgo de baixo tanino, apresentaram aumentos significativos suplementado com 2000 UF, possibilitando assim a formulação de rações com estes ingredientes assegurando a diminuição da excreção de fósforo ao meio ambiente.

A escolha da enzima celulase para compor os complexos enzimáticos pode ser fator preponderante para obtenção de resultados positivos sobre a digestibilidade aparente de matéria seca e proteína bruta, principalmente sobre a energia bruta (OLIVEIRA et al., 2007). A celulase destaca-se como a mais importante no grupo de enzimas, pois degrada as paredes celulares das plantas (SAHA et al., 2006).

A fibra presente nos alimentos é composta principalmente por celulose, um polímero de glicose com ligação glicosídica β -1,4 (SAHA et al., 2006). Provavelmente, a atuação da enzima celulase sobre a celulose, proporcione maior contribuição energética da fibra bruta em relação a energia total da dieta, bem como, menor tempo de retenção do bolo alimentar pelo trato digestório, o que poderia refletir positivamente no desempenho dos peixes (OLIVEIRA et al., 2007).

Pesquisas envolvendo enzimas exógenas em dietas para peixes demonstram que os coeficientes de digestibilidade apresentam respostas positivas e crescentes até determinado nível de inclusão, posteriormente, os valores estabilizam ou apresentam declínio (OLIVEIRA et al., 2007). Portanto, é importante determinar qual o nível ideal de inclusão de cada composto enzimático disponível no mercado, em rações para peixes.

Furuya et al. (2001) avaliando níveis de fitase (0, 500, 1500 e 300 unidade de fitase ativa (UFA)/kg de ração) na alimentação de juvenis de tilápia, observaram efeito linear para o ganho de peso até 890 UF/kg, porém, a conversão alimentar melhorou linearmente com os aumentos nos níveis de fitase e o rendimento de carcaça, a retenção de cálcio, fósforo e magnésio nos ossos aumentam linearmente. Estes resultados levaram os autores a concluir

que 700 UFA é adequada para o desempenho produtivo da tilápia do Nilo na fase inicial. Furuya et al. (2004) avaliaram diferentes níveis de fitase (0, 500, 1000, 2000 e 4000 UF/kg) nas dietas para larvas de tilápia do Nilo, e não observaram diferenças no peso final dos peixes, porém, a porcentagem de cálcio e fósforo na carcaça dos animais aumentou de forma linear e quadrática, respectivamente, sendo estimado que 1990 UF foi o valor que proporcionou a maior deposição de fósforo.

Em rações elaboradas com ingredientes de origem vegetal, a fitase reduz a excreção de fósforo e nitrogênio para o meio aquático, isto foi verificado por Furuya et al. (2006), que avaliaram a inclusão de fitase (0, 250, 500, 1000 e 2000 UF/kg) em dietas para a tilápia do Nilo e relataram que ocorreu resposta quadrática para o ganho de peso e para a retenção de cálcio e fósforo nos ossos estimando-se em 1115, 1173 e 882 UF/kg, respectivamente. Silva et al. (2007b) avaliaram a inclusão de fitase líquida (0, 250, 500 e 1000 UF/kg) e observaram efeito quadrático para o ganho de peso, a conversão alimentar, a taxa de eficiência protéica e o rendimento de carcaça onde os melhores resultados foram estimados em 350, 500, 500 e 516 UF/kg, respectivamente.

Bock et al. (2006) avaliaram a inclusão de oito níveis de fitase (500, 1000, 1500, 2000, 2500, 3000, 3500 e 4000 UFA/kg) sem a suplementação de fósforo e uma dieta controle com suplementação de fosfato bicálcico (4%), e concluíram que em rações formuladas exclusivamente com ingredientes de origem vegetal, a dieta com 1500 UFA/kg é suficiente para disponibilizar o fósforo e o cálcio, permitindo adequada digestibilidade aparente da matéria seca e energia.

Rocha et al. (2008) avaliaram a suplementação de fitase em rações para exemplares juvenis de jundiá *Rhamdia quelen* nos níveis de 0, 500, 1000 e 1500 UF/kg, e relatam não ter observado diferenças significativas no peso final, ganho de peso, taxa de crescimento específico, concentração de cálcio e fósforo nos ossos, demonstrando que a suplementação com fitase não melhora os parâmetros de desempenho dessa espécie. Segundo estes autores, o nível de fósforo disponível proveniente dos ingredientes e o suplemento deste mineral podem ter garantido as exigências de fósforo para os peixes.

Olívia-Teles et al. (1998) estudaram a substituição da farinha de peixe como fonte protéica pelo farelo de soja (65,6%) e acrescentaram 1000 e 2000 UF/kg da dieta em *sea bass* *Dicentrarchus labrax* e relatam que a inclusão de fitase aumentou o consumo de ração, melhorou o ganho de peso e a biodisponibilidade do fósforo de 71,5 para 79,8%. Neste mesmo sentido, Vielma et al. (1998) avaliaram a substituição da farinha de peixe por farelo de soja na dieta da truta arco íris *Oncorhynchus mykiss*, na fase de crescimento, onde utilizaram

dois tratamentos, o controle (sem fitase) e um outro com fitase (1200 UF/kg) e puderam observar que uma parte da farinha de peixe pode ser substituída pela proteína do farelo de soja sem comprometer o ganho de peso e a eficiência alimentar.

Bock et al. (2007) avaliaram a utilização de fitase em rações para a tilápia do Nilo na fase de crescimento, visando reduzir o teor de fósforo inorgânico em rações e minimizar impactos ambientais provocados por esse mineral nos sistemas de produção que utilizam rações contendo alimentos de origem vegetal. Para tanto, foram elaboradas uma ração com inclusão de fósforo (4% de fosfato bicálcico) e outras com inclusão de fitase (1000; 1500 e 2000 UF/kg), mas sem adição de fósforo e observaram que a dieta sem inclusão de fitase apresentou melhores resultados de ganho de peso e conversão alimentar aparente, podendo ser explicado pelo conteúdo inadequado de fósforo nas rações, devendo ser suplementado mesmo com a presença de fitase.

A utilização do complexo enzimático composto por celulase, protease e amilase em dietas para exemplares juvenis de tilápia do Nilo foi estudada por Oliveira et al. (2007), utilizando rações com 0,0; 0,025; 0,050; 0,075 e 1,0% de inclusão, onde observaram efeito quadrático sobre o coeficiente de digestibilidade aparente do fósforo, com melhores resultados para o nível de 0,05%. Estes resultados foram semelhantes aos observados por Ogunkoya et al. (2005) que verificaram efeito positivo sobre os coeficientes de digestibilidade aparente do fósforo quando substituíram a farinha de peixe pelo farelo de soja e adicionaram complexo enzimático composto por xilanase, amilase, celulase, protease e β -glucanase em dietas de truta arco íris. Por outro lado, Nunes et al. (2006) avaliaram a inclusão de um complexo enzimático composto por amilase, lipase e protease sobre o desempenho de tambaqui *Colossoma macropomum* e relataram que as enzimas exógenas amilase e lipase influenciam no desempenho zootécnico nos níveis de inclusão de 0,05 e 0,2%, respectivamente, não ocorrendo o mesmo para a protease.

No entanto, para as enzimas serem utilizadas na alimentação de não ruminantes devem resistir e conservar sua atividade depois dos processos de fabricação e digestão (DIAS et al., 2002). Estes autores avaliaram a protease sobre diferentes períodos (0; 0,5; 1; 5; 10 e 15 minutos) de incubação a temperatura de 80°C e tratamentos com diferente pH (5,0; 2,3 sem pepsina e 2,3 com pepsina). Segundo Dias et al. (2002) não foi observado influência do tempo de exposição à temperatura demonstrando que esta enzima permanece ativa após o processo de peletização e somente o abaixamento do pH foi suficiente para inativá-la parcialmente, uma vez que apenas 64,7% da enzima manteve sua atividade original.

Diante do exposto é importante desenvolver metodologia de processamento adequado e/ou utilização de aditivos as rações que maximizem a disponibilidade dos nutrientes oferecidos aos peixes, permitindo assim, melhorar o crescimento, reduzir o tempo de cultivo e aumentar a produção da aqüicultura. Com o aproveitamento dos nutrientes das rações pelos peixes, reduz-se a excreção de nutrientes ao meio aquático, reduzindo assim a poluição ambiental consequentemente aumentando a capacidade de suporte dos atuais sistemas de produção.

3 RAÇÕES FARELADAS, PELETIZADAS E EXTRUSADAS NA PRODUÇÃO DE EXEMPLARES JUVENIS DE TILÁPIA DO NILO *Oreochromis niloticus*

3.1 Introdução

A tilápia do Nilo é uma espécie originária da África e foi introduzida no Brasil inicialmente para subsistência. Devido ao seu potencial para a aquicultura teve sua distribuição expandida em todo o território nacional. Atualmente, é uma das principais espécies com potencial para a aquicultura, pois está adaptada às condições climáticas (TOYAMA et al., 2000). Esta espécie apresenta hábito alimentar onívoro com eficiente utilização de carboidratos na dieta, e devido ao aumento de sua produção e importância que esta representa à aquicultura, muitos aspectos de sua nutrição vem sendo estudado (PEZZATO et al., 2002).

Os atuais sistemas de produção de tilápias estão baseados nos cultivos intensivos, em que a dieta representada por rações completas são de alto custo operacional. Portanto, é importante avaliar a forma de processar os alimentos, visando maximizar a disponibilização de seus nutrientes e proporcionar maior absorção pelos peixes (TACON; JACKSON, 1985; SIDDHURAJU; BECKER, 2002).

Na aquicultura vários processamentos são empregados para produção de rações, desde uma simples moagem e mistura até os mais sofisticados e de maior custo operacional, como a peletização e extrusão. Entre os nutrientes que compõem a dieta, os carboidratos constituem o grupo mais contraditório na alimentação de peixes (VIEIRA et al., 2005). O processamento das rações propicia modificações benéficas do amido cru, melhorando a disponibilização dos nutrientes (JAYARAM; SHETTY, 1981), diminuindo a seletividade alimentar (PEZZATO, 1999), reduzindo as perdas por lixiviação dos nutrientes (VIEIRA et al., 2005), e reduzindo a carga de poluentes na água (MEURER et al., 2005).

A tecnologia da extrusão vem sendo muito utilizada no processamento de dietas para organismos aquáticos, principalmente, pela diversidade de ingredientes que podem ser utilizados em sua elaboração, e também por aumentar os valores nutritivos dos alimentos (DAVIS; ARNOLD, 1995). A extrusão proporcionou acréscimo nos valores nutricionais do farelo de canola para o salmão *Oncorhynchus tshawytscha*, demonstrando que além do amido, outros nutrientes podem ser disponibilizados, bem como inativação de fatores antinutricionais (SATO et al., 1998). No entanto, em condições severas de temperatura podem reduzir a

digestibilidade da proteína e aminoácidos, pois a lisina pode reagir com os açúcares presente nos alimentos (CHENG; HARDY, 2003a).

A moagem dos ingredientes que compõem as dietas mostra influência sobre a estabilidade, seletividade (BOOTH et al., 2000) e custo. Esses ingredientes finamente moídos consomem maiores quantidades de energia e tempo de moagem (MEURER et al., 2003a). Porém, proporcionam maior eficiência alimentar (PEZZATO et al., 1995). Assim sendo, a eficiência da digestão está diretamente ligada a relação entre superfície de exposição das partículas alimentares e as secreções digestivas (NRC, 1993; ZANOTTO, 1995; SOARES et al., 2003).

O processo de peletização consiste em compactar mecanicamente a dieta, através do aquecimento pelo atrito mecânico durante a prensagem dos alimentos pelos rolos compressores contra a matriz (MILLAN et al., 1987). A extrusão exige alta pressão, umidade e temperaturas elevadas (CHENG; HARDY, 2003a; CHENG; HARDY, 2003b), com maior gelatinização do amido (VIEIRA et al., 2005), ocorrendo exposição dos nutrientes contidos no interior das células vegetais, favorecendo a ação digestiva e melhorando a eficiência alimentar (KUBITZA, 1998; BARROWS et al., 2007).

O objetivo do presente trabalho foi avaliar o desempenho zootécnico e a composição corporal de exemplares juvenis de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), alimentados com dietas fareladas, peletizadas e extrusadas.

3.2 Material e Métodos

O experimento foi realizado no Laboratório de Aqüicultura da Universidade Estadual do Oeste do Paraná - UNIOESTE, durante 60 dias (05/01 a 05/03/2007). Foram utilizados 360 alevinos revertidos de tilápia do Nilo com peso inicial médio $1,47 \pm 0,05$ g. Os peixes foram distribuídos em um delineamento inteiramente casualizado em 18 tanques de polietileno com capacidade para 500 L cada, em sistema de recirculação de água, com três tratamentos e seis repetições, sendo a unidade experimental composta por uma caixa com 20 peixes.

Os animais foram alimentados com três dietas, farelada, peletizada e extrusada formuladas a base de milho, farelo de soja e farinha de peixe. Os nutrientes das dietas foram calculados baseados nos dados de digestibilidade descritos por Boscolo et al. (2002), Meurer et al. (2003b) e Boscolo et al. (2008). As rações continham 30% de proteína digestível (PD) e 3145 kcal de energia digestível.kg⁻¹ (ED), isocálcicas (1,2% de Ca) e isofosfóricas (0,77%

de P), atendendo as exigências da espécie. A composição percentual e química das dietas encontra-se na Tabela 1.

Tabela 1: Composição percentual e química das dietas

Ingredientes	%
Farelo de soja	51,36
Milho	17,30
Farinha de tilápia	12,00
Trigo integral	17,35
Suplemento (min.+Vit.) ¹	1,00
Sal	0,50
Fosfato bicálcico	0,47
Antioxidante (BHT)	0,02
Total	100
Nutrientes	(%)
Energia digestível (kcal/kg) ²	3145,00
Proteína digestível (%) ²	30,00
Cálcio (%)	1,20
Amido (%)	24,05
Fibra (%)	3,37
Fósforo total (%)	0,77
Gordura (%)	4,28
Linoléico (%)	0,80
Lisina (%)	1,98
Metionina + Cistina (%)	1,27
Metionina (%)	0,58

¹ Níveis de garantia por quilograma do produto: Vit. A, 500.000UI; Vit. D₃, 200.000UI; Vit. E, 5.000mg; Vit. K3, 1.000mg; Vit. B1, 1.500mg; Vit. B2, 1.500mg; Vit. B6, 1.500mg; Vit. B12, 4.000mg; Ác. Fólico, 500mg; Pantotenato Ca, 4.000mg; Vit. C, 15.000mg; Biotina, 50mg; Inositol, 10.000; Nicotinamida, 7.000; Colina, 40.000mg; Co, 10mg; Cu, 500mg; Fe, 5.000mg; I, 50mg; Mn, 1500mg; Se, 10mg; Zn, 5.000mg.

² Valores de energia e proteína digestíveis propostos por Boscolo et al. (2002), Meurer et al. (2003b) e Boscolo et al. (2008).

Os alimentos (farelo de soja, farinha de resíduos da indústria de filetagem de tilápias, milho e trigo integral) foram inicialmente pesados, pré-misturados e submetidos à moagem em um triturador tipo martelo com peneira de malha de 0,8 mm. Posteriormente, foi realizada

uma nova mistura e incorporado, antioxidante, fosfato bicálcico, suplemento mineral e vitamínico e sal, constituindo-se assim a ração farelada.

A dieta peletizada foi processada em um equipamento de laboratório tipo moedor de carne marca BECCARO[®] equipado com duas diferentes matrizes com aberturas de 1,5 e 3,0 mm. Para esse procedimento, a dieta farelada foi umidecida com água a 50^oC, peletizada e posteriormente, seca em estufa de ventilação forçada por 12 horas a 55^oC, resultando em um produto com cerca de 10 % de umidade. A seguir foram medidos, com o auxílio de um paquímetro, 50 grânulos processados nas matrizes de 1,5 e 3,0 mm, obtendo-se pellets com diâmetros finais de 1,34±0,05 e 2,95±0,23mm, respectivamente. Os peixes foram inicialmente arraçoados com grânulos menores e gradativamente substituídos por maiores quando os animais conseguiam ingerí-los.

A extrusão foi realizada em um equipamento marca EX-MICRO[®] com capacidade de produção para 10 kg.h⁻¹. Para esse procedimento a dieta foi umidecida com 20% de água, pois o equipamento não possui sistema de vapor. Posteriormente a extrusão, a ração foi seca em estufa de ventilação forçada por 12 horas a 55^oC, resultando em um produto com cerca de 10% de umidade. Após o processo de secagem foram medidos, com o auxílio de um paquímetro, 50 grânulos processados nas matrizes de 1,0 e 2,0 e 3,0 mm, obtendo-se grânulos com seguintes diâmetros (1,52±0,12; 2,57±0,23 e 4,13±0,38 mm). Os peixes foram inicialmente arraçoados com os grânulos menores e substituídos pelos maiores quando os peixes pudessem ingerí-los.

Os peixes foram arraçoados quatro vezes ao dia (8; 11; 14 e 17h) até a saciedade aparente. A ração foi pesada para calcular seu consumo, colocada em recipientes plásticos e armazenadas em geladeira. As sobras de rações de cada recipiente foram pesadas possibilitando assim, avaliar o consumo total de rações durante a realização do experimento.

Ao final do experimento, os peixes foram insensibilizados em gelo, pesados e medidos para determinação do ganho de peso (GP), consumo de ração (CR), conversão alimentar (CA), eficiência alimentar (EA) e sobrevivência (SO).

Posteriormente, os animais foram eviscerados para análises da composição química da carcaça. Foram realizadas análises de umidade (UM), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE) e matéria mineral (MM), segundo metodologia descrita em AOAC (2000).

Os parâmetros físico-químicos da água como, pH, condutividade elétrica e oxigênio dissolvido foram monitorados semanalmente, enquanto que, a temperatura da água foi monitorada diariamente (8 e 17 h).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância ao nível de 5% de significância e em caso de diferenças foi aplicado o teste de Duncan pelo programa estatístico SAEG (UFV, 1997).

3.3 Resultados e Discussão

Os valores médios de temperatura, pH, oxigênio dissolvido e condutividade elétrica da água foram de $28,32 \pm 1,09^{\circ}\text{C}$; $7,09 \pm 0,32$; $4,30 \pm 0,40 \text{mg.L}^{-1}$ e $173,39 \pm 17,45 \text{ mS.cm}^{-1}$, respectivamente, não diferindo ($P < 0,05$) entre os tratamentos. Estes valores médios permaneceram dentro da faixa recomendada para a produção de peixes de clima tropical (BOYD, 1990; SIPAÚBA-TAVARES, 1995).

Os valores médios mais expressivos ($P < 0,05$) de ganho de peso foram verificadas nos peixes alimentados com as dietas peletizada e extrusada (Tabela 2). No entanto, não foram observadas diferenças significativas ($P > 0,05$) nas taxas de sobrevivência dos peixes alimentados com dietas submetidas aos diferentes processamentos. Os melhores índices de conversão alimentar e eficiência alimentar ($P < 0,05$) foram observados para os peixes alimentados com a dieta extrusada (Tabela 2).

Tabela 2: Valores médios de desempenho de exemplares juvenis de tilápia do Nilo

Variáveis*	Tipos de dieta			CV (%)
	Farelada	Peletizada	Extrusada	
Peso inicial (g)	1,47a	1,47a	1,47a	3,84 ^{NS}
Ganho de peso (g)	23,64b	31,58a	33,29a	10,77 [*]
Consumo de ração (g)	41,50a	33,95b	36,16ab	13,42 [*]
Conversão alimentar (g/g)	1,75c	1,15b	1,02a	7,10 [*]
Eficiência alimentar (%)	0,57c	0,87b	0,98a	7,01 [*]
Sobrevivência (%)	81,67a	84,17a	85,83a	12,60 ^{NS}

* Médias na mesma linha seguidas de letras distintas diferem ao nível 5% de probabilidade pelo teste de Duncan

O resultado mais expressivo de GP foi observado em peixes que receberam a dieta peletizada ou extrusada, diferindo ($P < 0,05$) dos peixes alimentados com a dieta farelada. Estes resultados podem ser explicados devido a maior aglomeração dos ingredientes pelo processamento, que diminui a perda de nutrientes para a água quando comparada à dieta farelada. O calor envolvido no processo de peletização e extrusão pode ter disponibilizado

melhor certos nutrientes como o amido e gordura, possivelmente melhorando a digestão e absorção dos nutrientes pelos peixes.

Resultado semelhante foi observado por Furuya et al. (1998) quando avaliaram o processamento de dietas para tilápia na fase de terminação, porém, quando compararam o processamento de dietas peletizadas e extrusadas, verificaram que o PF não foi afetado nos diferentes tratamentos. No entanto, quando avaliaram o GP diário (GPD), observaram que os peixes alimentados com dietas extrusadas apresentaram resultados superiores ($P < 0,05$) em comparação a dieta peletizada.

Os valores de CA e EA obtidos para os animais que receberam dieta extrusada, diferiram ($P < 0,05$) dos peixes que receberam dietas na forma peletizada, apresentando valores de 1,15 e 0,87. Os índices de CA e EA mostram valores inferiores para a dieta farelada, que apresentaram 1,57 e 0,57, respectivamente, diferindo ($P < 0,05$) das outras duas dietas (extrusada e peletizada). Estes resultados demonstram maiores perdas por lixiviação das dietas fareladas, pois estas apresentam maior relação superfície/volume e conseqüentemente apresentam maiores perdas de vitaminas e minerais (KUBITZA, 1998). Observação semelhante foi verificada por Zerate e Lovell (1997) trabalhando com dietas peletizadas, onde relatam que tanto os aminoácidos ligados a proteínas quanto os sintéticos apresentam grandes perdas quando em contato com a água, ou seja, aproximadamente 13% da lisina sintética (L-Lisina-HCL) é lixiviada nos primeiros 15 segundos em contato com água. Segundo Toyama et al. (2000) a dieta farelada apresenta pouca estabilidade na água, sofrendo altas perdas por lixiviação e solubilização dos nutrientes em função da degradação das partículas alimentares, dessa forma é exigida maior suplementação de vitaminas nas dietas.

Outro fator que pode ter influenciado no ganho de peso e conversão alimentar é que na dieta ocorre separação de seus ingredientes na superfície da água, possibilitando a seletividade das partículas pelos animais (PEZZATO, 1999), sendo assim, possivelmente os peixes não ingeriram todos os nutrientes necessários ao seu crescimento.

O processo de extrusão melhorou a CA de alevinos de truta (*Orncorhynchus mykiss*) e carpa (*Cyprinus carpio*), quando alimentados com dietas contendo diferentes fontes de carboidratos como o amido de batata, amido de milho, farinha de trigo, milho e centeio, submetidos ao processo de extrusão, comparados aos mesmos ingredientes sem a extrusão (TAKEUCHI et al., 1990). No entanto, o crescimento e a eficiência alimentar da truta e da carpa foi superior para os peixes alimentados com dietas contendo alimentos extrusados quando comparados aos outros não extrusados.

A produção da dieta farelada representa menor custo operacional, pois o processamento ocorre mais rapidamente e com menor gasto com energia elétrica e não utilizam-se equipamentos específicos onerosos à fábrica. Neste caso, deve-se levar em consideração, o custo benefício entre o processamento e a resposta zootécnica, pois segundo Furuya et al. (1998) o menor custo por quilo de GP foi observado para a dieta peletizada quando comparada a extrusada, porém, o tempo de cultivo influencia no cálculo, pois os peixes alimentados com dieta extrusada podem atingir peso de abate em tempo inferior quando comparada as outras dietas.

Os valores médios de composição química da carcaça dos peixes alimentados com as três dietas, não apresentaram diferenças significativas ($P < 0,05$) entre as variáveis umidade, proteína e matéria mineral (Tabela 3). No entanto, o extrato etéreo corporal sofreu influência do processamento das dietas, sendo que, os maiores teores de lipídios na carcaça foram observados nos peixes alimentados com dieta peletizada (6,02%) e extrusada (6,4%), não diferindo entre si. Por outro lado, a dieta farelada apresentou a menor porcentagem de deposição de gordura (4,79%) diferindo ($P < 0,05$) das outras duas dietas.

Tabela 3: Composição química da carcaça de exemplares juvenis de tilápia do Nilo

Variáveis (%)	Tipos de dieta			CV (%)
	Farelada	Peletizada	Extrusada	
Umidade	73,13a	73,00a	73,21a	1,33 ^{NS}
Proteína	16,41a	16,48a	16,08a	4,45 ^{NS}
Extrato etéreo	4,79a	6,02b	6,40b	14,66 [*]
Matéria mineral	4,68a	4,61a	4,19a	12,22 ^{NS}

* Médias na mesma linha seguidas de letras distintas diferem ao nível 5% de probabilidade pelo teste de Duncan

Provavelmente as dietas na forma peletizada ou extrusada proporcionaram maior digestibilidade dos carboidratos (amido), utilizando-os para sua manutenção e crescimento e o restante, metabolizado em ácidos graxos e depositados como lipídios na carcaça. Contrapondo-se a estas respostas, Araújo (1999) verificou que o milho extrusado na alimentação de tilápia proporcionou maior deposição de proteínas e menor teor de lipídios, sugerindo o aumento de proteínas como componente estrutural e não como fonte energética. Esta mesma tendência foi observada por Vieira et al. (2005) que avaliaram o processamento do milho (moído, extrusado, laminado e peletizado) na dieta da piaba *Leporinus friderici*, e observaram menor teor de lipídios e maior de proteína na carcaça dos animais.

Neste estudo, as dietas peletizadas e extrusadas proporcionaram maior deposição de lipídios na carcaça dos peixes, devido a maior disponibilização do amido e, conseqüentemente, maior deposição de ácidos graxos na carcaça. Os lipídios são essenciais para o metabolismo de peixes (FUJIMOTO et al., 2007), e possuem funções energéticas, estruturais, hormonais, entre outras (HALILOGLU et al., 2003). Porém, em peixes de tamanho comercial, esta característica é indesejável devendo ser mantida em nível que não afete as características organolépticas da carne (MEURER et al., 2002).

As dietas podem influenciar também no ganho de peso dos peixes, por proporcionarem maior deposição de lipídios na carcaça dos animais. Quanto aos índices de conversão alimentar, as dietas extrusada e peletizada mostraram redução de 41,72 e 34,29% respectivamente. No entanto, este melhor desempenho dos animais deve ser aliado aos custos de produção buscando dietas bem elaboradas para cada fase de vida do peixe.

3.4 Conclusão

As dietas peletizadas e extrusadas proporcionaram melhor ganho de peso, entretanto, indicaram maior deposição de lipídios na carcaça. Todavia, a dieta extrusada proporciona índices de conversão alimentar inferiores na produção de exemplares juvenis de tilápia do Nilo.

4 COMPLEXO ENZIMÁTICO CENZYME[®] EM RAÇÕES PARA EXEMPLARES JUVENIS DE TILÁPIA DO NILO *Oreochromis niloticus*

4.1 Introdução

O cultivo de tilápias em tanques-rede no Brasil cresce em um ritmo acelerado devido ao grande potencial hídrico, temperatura adequada e produção de alimentos para a elaboração de rações balanceadas. Nos atuais sistemas de produção, a dieta deve atender as exigências dos peixes, pois o confinamento limita o acesso a outras fontes de alimentos. A tilápia do Nilo possui rusticidade e tolera alta densidade de cultivo (SAMPAIO; BRAGA, 2005; FURUYA et al., 2004a; MARENGONI, 2006).

Em criações intensiva e semi-intensiva, a alimentação corresponde a maior parcela do custo total de produção. A utilização de enzimas exógenas permite aumentar a digestibilidade dos nutrientes, melhorando o desempenho produtivo de peixes e minimizando a excreção de nutrientes. Podem também reduzir os custos com alimentação, pelo baixo valor de aquisição e por serem incluídas em pequenas quantidades nas dietas.

Essas enzimas são definidas como proteínas que aumentam a velocidade das reações sem sofrerem alterações no processo global (CHAMPE et al., 2006). Atuam em substratos específicos, como a protease que age sobre proteína, a amilase sobre o amido e a xilanase sobre o xilano (TORRES et al., 2003; CHAMPE et al., 2006). Algumas enzimas não são secretadas mesmo com a presença de substrato, como é o caso da celulase, hemicelulase, xilanase e a fitase. Atualmente, por meio de técnicas de recombinação genética e mutações, a biotecnologia tem possibilitado a produção industrial de enzimas exógenas específicas, utilizando diversos tipos de fungos, bactérias e plantas (SILVA et al., 2007a).

O uso de enzimas digestivas exógenas tem despertado interesse em dietas com elevados valores de inclusão de alimentos de origem vegetal para peixes, pois auxilia na digestibilidade e reduzem a poluição ambiental (GOMES et al., 2000; SILVA et al., 2000; SILVA et al., 2007a). Os complexos enzimáticos atuam rompendo as paredes celulares (TORRES et al., 2003), destruindo ou inibindo a ação de fatores antinutricionais, possibilitando a inclusão de matérias-primas de menor qualidade às dietas de animais domésticos (NERY et al., 2000) e peixes (NG et al., 2002). Os fatores antinutricionais não são tóxicos aos peixes, mas sua presença pode resultar em redução no crescimento, aumento da conversão alimentar e provocar alterações hormonais (FRANCIS et al., 2005).

Dentre as enzimas estudadas, a fitase tem sido muito utilizada na alimentação de peixes, visando aumentar a disponibilidade do fósforo presente nos alimentos de origem vegetal, pois este mineral é o primeiro nutriente limitante em dietas para peixes (FURUYA et al., 2004b; SILVA et al., 2007b). Os ingredientes mais utilizados nas formulações de dietas para peixes apresentam considerável concentração de fósforo, porém, grande parte deste mineral está presente na forma de fitato, que se encontra indisponível aos peixes e outros monogástricos pela ausência da enzima fitase (BOCK et al., 2006).

Estudos avaliando a fitase na alimentação de peixes foram desenvolvidos por Vielma et al. (1998), Furuya et al. (2001), Furuya et al. (2004b), Gonçalves et al. (2004), Bock et al. (2006), Bock et al. (2007), Gonçalves et al. (2007). No entanto, estudos utilizando complexos enzimáticos foram desenvolvidos por Nunes et al. (2006) com lipase, protease e amilase sendo incluída separada nas dietas; Oliveira et al. (2007) com celulase, protease e amilase; Silva et al. (2007a) com lipase, celulase, protease e amilase; Correa et al. (2007) com amilase, maltase, protease, tripsina, quimotripsina; e Moura et al. (2007) com amilase. Estes autores relataram efeitos com a suplementação de enzimas sobre o desempenho ou digestibilidade das dietas.

Novas pesquisas devem ser realizadas utilizando-se enzimas e compostos enzimáticos disponíveis para subsidiar informações para elaboração de compostos específicos, bem como, os níveis ideais de inclusão em dietas de peixes. O objetivo do presente trabalho foi avaliar a inclusão de um complexo enzimático (Cenzyme[®]) (amilase, protease, celulase, lipase, pectinase, xilanase, β -glucanase e fitase) no desempenho produtivo, qualidade de água e composição química de exemplares juvenis de tilápia do Nilo *Oreochromis niloticus*.

4.2 Material e Métodos

O presente experimento foi desenvolvido no Laboratório de Aquicultura da Universidade Estadual do Oeste do Paraná/*Campus* do Toledo, durante 62 dias (02/04 a 31/05/2008).

Foram utilizados 200 peixes com $14,57 \pm 1,24$ g, distribuídos em um delineamento inteiramente casualizado, com quatro tratamentos e cinco repetições, sendo a unidade experimental composta por um tanque de 500 L com 10 peixes, em sistema de recirculação de água.

Os animais foram alimentados com dietas contendo diferentes níveis de inclusão (0; 0,033; 0,066 e 0,099%) de complexo enzimático (Cenzyme[®]) composto por amilase, protease,

celulase, lipase, pectinase, xilanase, β -glucanase ou fitase. As dietas foram formuladas visando atender a exigência da espécie (NRC, 1993) com 30% de proteína digestível e 3100 kcal de energia digestível/kg. Os nutrientes digestíveis foram calculados segundo os valores observados por Boscolo et al. (2002), Meurer et al. (2003) e Boscolo et al. (2008), sendo isocálcicas e isofosfóricas. A composição percentual e química das dietas encontra-se na Tabela 1.

Tabela 4: Composição percentual e química da dieta

Ingredientes	%
Farelo de soja	44,792
Milho	33,171
Farinha de tilápia	13,918
Farinha de vísceras de aves	5,321
Calcário calcítico	1,071
Fosfato bicálcico	0,707
Suplemento (min. \pm vit.) ¹	0,500
Sal	0,500
Antioxidante (BHT)	0,020
Total	100
Nutrientes	
Cálcio (%)	2,000
Energia digestível (kcal/kg) ²	3100
Proteína digestível (%) ²	30,000
Fibra (%)	3,364
Fósforo total (%)	1,000
Gordura (%)	5,372
Linoleico (%)	1,068
Lisina (%)	2,029
Met+cistina (%)	1,218
Metionina (%)	0,626

¹ Níveis de garantia por quilograma do produto: Vit. A, 500.000UI; Vit. D₃, 200.000UI; Vit. E, 5.000mg; Vit. K3, 1.000mg; Vit. B1, 1.500mg; Vit. B2, 1.500mg; Vit. B6, 1.500mg; Vit. B12, 4.000mg; Ác. Fólico, 500mg; Pantotenato Ca, 4.000mg; Vit. C, 15.000mg; Biotina, 50mg; Inositol, 10.000; Nicotinamida, 7.000; Colina, 40.000mg; Co, 10mg; Cu, 500mg; Fe, 5.000mg; I, 50mg; Mn, 1500mg; Se, 10mg; Zn, 5.000mg.

² Valores de energia e proteína digestíveis propostos por Boscolo et al. (2002), Meurer et al. (2003) e Boscolo et al. (2008)

Para o processamento das dietas, os alimentos foram pesados, pré-misturados e submetidos à moagem em um triturador tipo martelo com peneira de 0,8mm. Posteriormente, foi realizada uma nova mistura e incorporado o complexo enzimático, o suplemento mineral e vitamínico. Em seguida foi submetida ao processo de peletização em um equipamento tipo moedor de carne marca BECCARO[®] equipado com matrizes de 3,0 mm. Para esse procedimento, a dieta farelada foi umidecida com água a 50^oC, peletizada e, posteriormente, seca em estufa de ventilação forçada por 12 horas a 55^oC, resultando em um produto com cerca de 10% de umidade.

Os peixes foram arraçoados quatro vezes ao dia (8; 11; 14 e 17h) até a saciedade aparente dos animais. Para o controle do consumo das dietas, as mesmas foram pesadas, armazenadas em recipientes plásticos com tampa e, permaneceram em geladeira durante o período experimental. No final do experimento, as sobras das dietas foram pesadas para determinar o consumo, a conversão alimentar e a eficiência alimentar.

Ao final do experimento, os peixes permaneceram por 12 horas sem alimentação para esvaziamento do trato digestório. Posteriormente, foram insensibilizados em gelo, pesados, medidos, eviscerados, embalados e congelados para análise de composição bromatológica da carcaça segundo a metodologia descrita em AOAC, (2000).

Foram avaliados o ganho de peso (GP), consumo de ração (CR), conversão alimentar (CA), eficiência alimentar (TEA), sobrevivência (SO) e crescimento específico (TCE). Os parâmetros físico-químicos da água como pH, condutividade elétrica (CE) e oxigênio dissolvido (OD) foram monitorados semanalmente enquanto que a temperatura foi monitorada diariamente as 8 e 17h. No último dia do experimento foram analisados o fósforo total (PT), amônia (AM) e nitrato (NT) da água dos tanques, utilizando kits da empresa AlfaKit[®].

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância ao nível de 5% de significância e aplicado regressão polinomial e teste de Duncan pelo programa estatístico SAEG (UFV, 1997).

4.3 Resultados e Discussão

Os valores médios dos parâmetros da água dos tanques experimentais durante o experimento de exemplares juvenis de tilápia do Nilo alimentadas com dietas com diferentes níveis de inclusão de complexo enzimático estão apresentados na Tabela 2. Não foram

observadas diferenças significativas ($P>0,05$) entre esses parâmetros durante o período experimental.

Tabela 5: Valores médios dos parâmetros da água dos tanques de cultivo

Parâmetros*	Complexo enzimático (%)				CV (%)
	0,000	0,033	0,066	0,099	
Temperatura manhã (°C)	24,40	24,41	24,34	24,43	1,072
Temperatura tarde (°C)	24,39	24,53	24,54	24,40	1,839
Oxigênio dissolvido (mg.L^{-1})	3,79	3,78	3,79	3,77	26,313
Potencial hidrogeniônico	7,84	7,82	7,52	7,81	8,916
Condutividade elétrica (mg.L^{-1})	105,71	105,64	105,58	105,75	1,652
Fósforo total (P_2O_5) (mg.L^{-1})	3,36	3,16	7,80	6,77	65,997
Amônia (NH_3) (mg.L^{-1})	0,24	0,20	0,23	0,19	32,510
Nitrato (NO_3) (mg.L^{-1})	3,71	3,42	3,25	4,01	19,767

* ($P>0,05$)

Os valores médios de temperatura, oxigênio dissolvido, pH e condutividade elétrica da água monitorada durante o período estudado permaneceram dentro da faixa do conforto térmico recomendada para a produção de peixes de clima tropical (BOYD, 1990; SIPAÚBA-TAVARES, 1995).

Os compostos fosfatados e nitrogenados oriundos da alimentação influenciam negativamente na qualidade da água, pois, são os principais nutrientes eutrofizadores dos ambientes aquáticos. Bock et al. (2007) quando avaliaram a disponibilidade de fósforo proveniente dos vegetais comparando três níveis de fitase (1000, 1500 e 2000 unidades de fitase, UF) e uma ração com suplementação de fósforo (4% de fosfato bicálcico), relataram que o mineral presente nas fezes reduziu com a inclusão dessa enzima. Olivia-Teles et al. (1998) observaram que a inclusão de 1000 e 2000 UF em dietas para alevinos de *sea bass D. labrax* reduziram significativamente a excreção de P fecal. No entanto, conforme observado nesse experimento, a inclusão do complexo enzimático (Cenzime[®]) não influenciou a concentração de P e ortofosfato na água de cultivo de juvenis de tilápia do Nilo. Aparentemente, os níveis de fósforo disponível intrínseco dos ingredientes somado a suplementação de fosfato bicálcico garantiram a exigência deste mineral no desempenho produtivo dos exemplares juvenis de tilápia, não permitindo a atuação das enzimas em maior ou menor intensidade.

Os valores médios de GP e TCE não apresentaram diferenças estatísticas ($P>0,05$) entre os tratamentos com diferentes níveis de inclusão do complexo enzimático (Tabela 3). Porém, os resultados de CR, CA e TEA, apresentaram diferenças significativa ($P<0,05$) entre os níveis de inclusão. As médias inferiores de CR foram observados nos peixes alimentados com dietas contendo 0,066 e 0,099% diferindo ($P<0,05$) dos que receberam dietas com 0,033% do complexo enzimático e controle. Os valores médios de CA e a TEA apresentaram melhores índices para os peixes alimentados com dietas contendo 0,066 e 0,099% de inclusão do complexo enzimático diferindo ($P<0,05$) dos outros tratamentos. Não foi observado mortalidade de animais no presente experimento.

Tabela 6: Valores médios de desempenho de exemplares juvenis de tilápia do Nilo

Parâmetros	Complexo enzimático (%)				CV (%)
	0,000	0,033	0,066	0,099	
Peso inicial (g)	14,40a	14,20a	14,98a	14,70a	9,048 ^{ns}
Ganho de peso (g)	48,22a	45,32a	46,51a	42,43a	5,416 ^{ns}
Consumo de ração (g)	72,36b	83,55a	58,97c	60,29c	8,787*
Conversão alimentar	1,50b	1,84a	1,26c	1,30c	9,714*
Taxa de eficiência alimentar	0,67b	0,54c	0,80a	0,77ab	11,637*
Taxa de crescimento específico	2,37a	2,31a	2,28a	2,30a	3,794 ^{ns}

* Médias na mesma linha seguidas de letras distintas diferem ao nível 5% de probabilidade pelo teste de Duncan

Segundo dados do NRC (1993), a exigência de fósforo para tilápia do Nilo *Oreochromis niloticus* é de 0,5%. No presente trabalho, as rações avaliadas apresentaram 1% de fósforo total, o que pode ter influenciado nos resultados finais, pois, a dieta controle (sem inclusão do complexo enzimático) apresentou o mesmo percentual de fósforo total. Entretanto, as respostas dos valores médios de CR, CA e TEA demonstram que a inclusão de 0,066% de complexo enzimático (amilase, protease, celulase, lipase, pectinase, xilanase, β -glucanase e fitase), oferece uma gama maior de nutrientes, disponibilizando-os e levando os peixes a consumirem menos ração embora possam atingir ganho de peso similar. Provavelmente, ocorreu a ação das enzimas sobre o amido, proteínas, polissacarídeos não amiláceos, celulose e lipídios ocorrendo um melhor aproveitamento desses nutrientes. A enzima lipase disponibiliza energia de natureza não protéica aos lipídios causando efeito poupador de proteína como fonte energética (NUNES et al., 2006). Os complexos enzimáticos formados por enzimas com características sinérgicas e aditivas são mais eficientes no

aproveitamento da energia e proteína dos alimentos por agirem de forma complementar e simultânea (OLIVEIRA et al., 2007).

Os resultados nesse estudo corroboram aos observados por Bock et al. (2007) avaliando a eficiência da fitase em disponibilizar o fósforo dos alimentos. Os autores observaram que, as médias de GP, CA, taxas de eficiência protéica (TEP) e eficiência de fósforo (TEF) foram superiores para os peixes alimentados com dietas suplementadas com fósforo em comparação as suplementadas com fitase, quando avaliaram três níveis de enzimas (1000, 1500 e 2000 UF) e uma dieta com suplementação de fósforo (4% de fosfato bicálcico) para alevinos de tilápia do Nilo, demonstrando que o teor de fósforo nas dietas sem a suplementação de fosfato bicálcico foi insuficiente, mesmo com a adição dessa enzima.

A comparação dos resultados obtidos com os preconizados na literatura é bastante complexa visto que, pesquisadores utilizam tanto enzimas isoladas como complexos enzimáticos. Dentre as enzimas mais utilizadas na alimentação de peixes, deve se destacar a fitase (VIELMA et al., 1998; FURUYA et al., 2001; FURUYA et al., 2004b; GONÇALVES et al., 2004; SAJJADI; CARTER, 2004; BOCK et al., 2006; FURUYA et al., 2006; BOCK et al., 2007; GONÇALVES et al., 2007; SILVA et al., 2007b; ROCHA et al., 2008, entre outros). Recentemente, vem sendo realizados estudos utilizando complexos enzimáticos como os descritos por Nunes et al. (2006), Oliveira et al. (2007), Silva et al. (2007a), Correa et al. (2007) e Moura et al. (2007) os quais relataram os efeitos com a suplementação das enzimas. Entretanto, não há relatos de malefícios quando da inclusão dessas enzimas e a digestibilidade dos nutrientes pelos peixes, bem como o seu desempenho.

Estudos com suínos e aves foram desenvolvidos por Bedford (2000), Garcia (2000), Tejedor et al. (2001), Cotta et al. (2002), Fischer (2002), Torres et al. (2003), Costa et al. (2004), Teixeira et al. (2005), Ruiz et al. (2008), Fukayama et al. (2008), Silva et al. (2008) entre outros. Porém, nestes trabalhos há relatos que a suplementação de enzimas nem sempre proporciona melhora no desempenho produtivo desses animais, como os descritos por Fischer et al. (2002) em que a inclusão de complexo enzimático (Vegpro), em dietas a base de milho e farelo de soja não proporcionaram melhoria no desempenho de frangos de corte. Também para suínos, Ruiz et al. (2008) relataram que a inclusão do complexo enzimático (amilase, celulase, pentosanase, α -galactosidase e protease) em dietas com milho e farelo de soja, não promoveram incrementos na digestibilidade dos nutrientes e desempenho dos animais.

Nos peixes, também foram registradas diferenças na utilização de complexo enzimático de acordo com os relatos de Furuya et al. (2004b) onde os valores de PF, CF e a SO não apresentaram diferenças quando incluíram 0, 500, 1000, 2000 e 4000 UF nas dietas

para larvas de tilápia do Nilo, e isso pode estar relacionada com a grande variação nos valores médios de desempenho, porém, observaram efeito linear na retenção de cálcio e efeito quadrático na retenção de fósforo na carcaça dos animais. Rocha et al. (2008), também avaliaram a inclusão de 0, 500, 1000 e 1500 UF em dietas para juvenis de jundiá *Rhamdia quelen* e relataram que os níveis de 500 a 1500 UF na dieta não proporcionaram melhoras no desempenho produtivo e retenção de minerais dessa espécie.

Por outro lado, Furuya et al. (2001) avaliaram dietas com 0, 500, 1500 e 3000 UF em dietas de origem vegetal suplementadas com 4% de farinha de peixe e 1,8% de calcário calcítico e puderam notar que, os valores de GP mostraram um ligeiro aumento até atingirem o nível de 890 UF de inclusão, enquanto os de CA aumentaram linearmente conforme a inclusão de fitase na dieta, concluindo que 700 UF é adequada para o desempenho produtivo dos animais.

Nunes et al. (2006) estudaram a inclusão da amilase, lipase e protease isoladamente nas dietas em diferentes níveis: 0; 0,05; 0,10 e 0,20 sobre o desempenho de exemplares juvenis de tambaqui *Colossoma macropomum*, e observaram que as médias mais expressivas dos valores de PF, GP, CA e TCE foram para a inclusão de 0,05 e 0,20% para a amilase e lipase, respectivamente, mas a protease não influenciou nos resultados avaliados. Porém, Nunes et al. (2006) avaliando a inclusão de protease na alimentação de juvenis de pirarucu *Arapaima gigas*, mostrou resultados promissores no desempenho dos animais.

A ação das enzimas pode ter influência também da temperatura. Kubitzka (2000) relata que temperaturas da água superiores a 32°C e inferiores a 27°C reduzem o crescimento das tilápias. Neste sentido, Moura et al. (2007), avaliaram a atividade da amilase em diferentes temperaturas (20, 24, 28 e 32°C) e observaram que ocorreu aumento de 16,02% na atividade enzimática quando a temperatura elevou-se de 20°C para 32°C, mostrando efeito linear em relação as médias de PF, GP e CA. A velocidade dessas reações pode ser acelerada com a elevação da temperatura, porém atingem um platô e logo em seguida a enzima é desnaturada pelo excesso de calor (CHAMP et al., 2006), sendo praticamente nula em temperaturas próximas a zero (LEHNINGER et al., 1995).

A utilização de enzimas exógenas tem sido relacionada com a digestibilidade dos nutrientes nos peixes. Gonçalves et al. (2004) avaliaram a digestibilidade de alimentos de origem vegetal (protéicos e energéticos) suplementados com 0; 1000 e 2000 UF, sugerindo que a presença de fitase age de forma diferenciada, pois a inclusão de 2000 UF não foi suficiente para afetar a digestibilidade da matéria seca, proteína e energia do milho extrusado, farelo de trigo, sorgo de baixo tanino, soja extrusada e farelo de algodão. Por outro lado, a

digestibilidade da matéria seca e energia do milho aumentaram com 1000 UF e a do farelo de soja e farelo de girassol com 2000 UF. Estas variações indicam a função do valor biológico, da quantidade de ácido fítico e da natureza dos alimentos.

Oliveira et al. (2007) concluíram que a inclusão do complexo enzimático composto por celulase, protease e amilase nos níveis de 0; 0,025; 0,050, 0,075 e 0,1% em dietas formuladas com ingredientes de origem vegetal para tilápias, mostraram efeito quadrático para o coeficiente de digestibilidade aparente da matéria seca, proteína bruta e energia bruta, correspondente a 0,049; 0,052 e 0,049% de inclusão, respectivamente. Sendo que, o coeficiente de digestibilidade aparente do amido, cálcio e fósforo foram superiores quando a inclusão foi de 0,05%.

Gonçalves et al. (2007) relataram a disponibilização de fósforo através da inclusão de fitase na dieta (0, 1000 e 2000 UF), sendo que o valor de 2000 UF foi o mais eficiente, transformando esse mineral para o milho e o farelo de soja. Por outro lado, o farelo de arroz, o milho extrusado, o glúten de milho e o sorgo de baixo tanino, apresentaram significativa elevação com 2000 UF, possibilitando a formulação de dietas com os ingredientes acima mencionados assegurando uma redução na excreção do fósforo ao meio ambiente.

Ogunkoya et al. (2005) comentaram a influência do complexo enzimático (amilase, xilanase, protease, celulase e β -glucanase) em dietas para a truta *Oncorhynchus mykiss*, referindo-se a elevação dos coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca, proteína bruta, lipídios, fósforo e energia. Porém, Stone et al. (2003) não observaram esse mesmo efeito (β -glucanase e xilanase, enzimas específicas para agirem sobre os polissacarídeos não amiláceos) em dietas para o silver perch *Bidyanus bidyanus* associado a digestibilidade aparente da matéria seca, energia e proteínas.

Analisando-se os dados da Tabela 4 pode-se verificar que não houve diferença ($P>0,05$) nos valores médios de matéria seca, umidade, proteína bruta, matéria mineral, retenção de cálcio e fósforo dentre os níveis de inclusão, porém, o extrato etéreo apresentou redução linear significativa com a elevação dos valores de inclusão do complexo enzimático.

Tabela 7: Composição bromatológica da carcaça de exemplares juvenis de tilápia do Nilo

Parâmetros	Complexo enzimático (%)				CV (%)
	0,000	0,033	0,066	0,099	
Umidade	73,60a	74,30a	76,52a	74,08a	1,558
Proteína bruta	14,91a	14,62a	15,13a	14,91a	5,646
Matéria mineral	4,47a	4,87a	4,52a	4,17a	6,797
Extrato etéreo ¹	6,15	5,73	5,62	5,21	22,049
Fósforo na carcaça	2,25a	2,22a	2,24a	2,16a	9,175
Cálcio na carcaça	32,69a	26,71a	26,58a	26,24a	32,922

* Médias na mesma linha seguidas de letras distintas diferem ao nível 5% de probabilidade pelo teste de Duncan.
¹ efeito linear $Y = -8,0089x + 6,117$, $r^2 = 0,96$

Estes resultados se assemelham aos descritos por Silva et al. (2007b) que relataram que a fitase líquida (0, 250, 500 e 1000 UF/kg) proporcionou um efeito negativo em relação aos parâmetros de umidade, proteína bruta, matéria mineral e cálcio nos ossos, no entanto, para o extrato etéreo observaram efeito quadrático e linear para a deposição de fósforo nos ossos dos alevinos de tilápia do Nilo. Por outro lado, Furuya et al. (2004b) comentaram os efeitos linear para a deposição de cálcio e quadrático para a retenção de fósforo quando avaliaram 0, 500, 1000, 2000 e 4000 UF/kg em dietas para alevinos de tilápia, mostrando que a suplementação com 2000 UF favorece a retenção de fósforo na carcaça dos alevinos de tilápia.

O presente trabalho considerou que a suplementação com complexo enzimático (Cenzyme[®]) proporcionou melhorias nos valores de conversão alimentar e eficiência protéica, porém, não influenciou no peso final e na composição química da carcaça dos animais, exceto o extrato etéreo que apresentou redução linear com a inclusão dessas enzimas. Dessa forma, recomenda-se a utilização do complexo enzimático (Cenzyme[®]) na alimentação de exemplares juvenis de tilápia do Nilo *Oreochromis niloticus*.

4.4 Conclusão

A utilização de 0,066% de complexo enzimático (amilase, protease, celulase, lipase, pectinase, xilanase, β -glucanase e fitase) em dietas para alimentação de exemplares juvenis de tilápia do Nilo *Oreochromis niloticus* proporciona resultado inferior de conversão alimentar, não exercendo influência no desempenho e na composição corporal.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos para exemplares juvenis de *O. niloticus*, permitem formular dietas que proporcionam médias de ganho de peso mais efetivas, quando comparadas aos peixes alimentados com dietas fareladas. Entretanto, a conversão alimentar foi inferior para os peixes que receberam dieta extrusada. A deposição de nutrientes na carcaça não mostrou variações nos valores médios de umidade, proteína bruta e matéria mineral, porém, os peixes alimentados com dietas peletizadas e extrusadas apresentaram aumento nos teores de extrato etéreo na carcaça. A utilização do complexo enzimático não teve influência nos parâmetros de qualidade da água quando foi avaliado o fósforo total, amônia e nitrato. Também não foram observadas diferenças nos parâmetros zootécnicos (ganho de peso, sobrevivência, crescimento específico). No entanto, o consumo de ração, a conversão alimentar e a eficiência alimentar resultaram em respostas diferenciadas para 0,066% de inclusão do complexo enzimático (Cenzyme[®]). Quanto à composição bromatológica da carcaça dos peixes não foi observada diferença nos valores de matéria seca, umidade, proteína bruta e matéria mineral, porém, o extrato etéreo revelou redução linear com o aumento do nível de inclusão do complexo enzimático. Recomenda-se a inclusão de 0,066% de complexo enzimático (Cenzyme[®]) na alimentação de exemplares juvenis de tilápia do Nilo por apresentar considerável melhora no desempenho produtivo, sem interferência no meio ambiente e na composição química da carcaça.

REFERÊNCIAS

ALARCÓN, F.J. et al., Characterizations of digestive carbohydrates activity in the gilthead seabream (*Sparus aurata*). **Hydrobiologia**, v.445, n.1/3, p.199-204, 2001.

AOAC. ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official Methods of Analysis of Association of Official Analytical Chemists**. 17, ed. Arlington: 2000, v.1 e v.2.

ARAÚJO, M. G. **Influência de rações formuladas com milho processado e amido de milho sobre o desempenho e composição corporal da tilápia (*Oreochromis niloticus* Linnaeus, 1757)**. 1999. 44 p. Dissertação (Mestrado Zootecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1999.

BAIRAGI, A. et al. Enzyme producing bacterial flora isolated from fish digestive tracts. **Aquaculture international**, v.10, p. 109-121, 2002.

BARROS, M.M. et al. Níveis de Vitamina C e Ferro para Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.6, p.2149-2156, 2002.

BARROWS, F.T. et al. The effects of extrusion conditions on the nutritional value of soybean meal for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Aquaculture**, v.265, p.244-252, 2007.

BEDFORD, M.R. Exogenous enzymes in monogastric nutrition their current value and future benefits. **Animal Feed Science and Technology**, v.86, p.1-13, 2000.

BOCK, C.L. et al. Fitase e digestibilidade aparente de nutrientes de rações por tilápias do Nilo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.6, p.2198-2202, 2006.

BOCK, C.L. et al. Fitase em rações para tilápia do Nilo na fase de crescimento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.5, p.1455-1461, 2007.

BOOTH, M.A. et al. Effects of grinding, steam conditioning and extrusion of a practical diet on digestibility and weight gain of silver perch, *Bidyanus bidyanus*. **Aquaculture**, n.182, p.287-299, 2000.

BOSANO, G.L.N. et al. Desempenho da tilápia nilótica *Oreochromis niloticus* em gaiolas de pequeno volume. **Scientia Agriola**, v.56, n.4, p.819-825, 1999.

BOSCOLO, W. R. et al. Digestibilidade aparente da energia e nutrientes de alimentos convencionais e alternativos para a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*, L.). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.13, n.2, p.539-545, 2002.

BOSCOLO, W.R. et al. Composição química e digestibilidade aparente da energia e nutrientes da farinha de resíduos da indústria de filetagem de tilápias, para a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Ciência Rural**, online, 2008.

BOSCOLO, W.R. et al. Desempenho e características de carcaça de machos revertidos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), linhagens tailandesa e comum, nas fases inicial e de crescimento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.5, p.1391-1396, 2001.

BOYD, C. **Water quality in ponds for aquaculture**. Alabama: Birmingham, 1990. 482p.

CHAMP, P.C.P. et al. **Bioquímica ilustrada**. Porto Alegre, ed. Artmed, 2006. 544p.

CHENG, Z.J.; HARDY, R.W. Effects of extrusion and expelling processing, and microbial phytase supplementation on apparent digestibility coefficients of nutrients in full-fat soybeans for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Aquaculture**, v.218, p.501-514, 2003b.

CHENG, Z.J.; HARDY, R.W. Effects of extrusion processing of feed ingredients on apparent digestibility coefficients of nutrients for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Aquaculture Nutrition**, v.9, p.77-83, 2003a.

CORREA, C.F. et al. Responses of digestive enzymes of tambaqui (*Colossoma macropomum*) to dietary constarch changes and metabolic inferences. **Comparative Biochemistry and Physiology**, v.147, p.857-862, 2007.

COSTA, F.G.P. et al. Utilização de um complexo multienzimático em dietas de frangos de corte. **Ciência Animal Brasileira**, v.5, n.2, p.63-71, 2004.

COTTA, T. et al. Efeitos da adição de um complexo enzimático sobre o desempenho de frangos de corte. **Ciência Agrotecnológica**, v.26, n.4, p.852-857, 2002.

DAVIS, D.A.; ARNOLD, C.R. Effects of two extrusion processing conditions on the digestibility of four cereal grains for *Penaeus vannamei*. **Aquaculture**, v.133, p.287-294, 1995.

DIAS, J.C.C.A. et al. Avaliação da estabilidade *in vitro* de uma protease comercial. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.54, n.6, p.618-622, 2002.

DUPREE, H.K. Feeding practices. In: ROBINSON, E. N. (Ed.) **Nutrition and feeding of channel catfish**. Auburn: Southern Cooperative, 1984, p.51-54.

EL-SAYED, A.F.M. Alternative dietary protein sources for farmed tilapia, *Oreochromis* spp. **Aquaculture**, v.179, p.149-168, 1999.

FAGBENRO, O. et al. Haematological profile, food composition and digestive enzyme assay in the gut of the African bony-tongue fish, *Heterotis (Clupisudis) niloticus* (Cuvier 1829) (Osteoglossidae). **Tropical Zoology**, v.13, n.1, p.1-9, 2000.

FANCHER, B.I. Feed processing using the annular gap expander and its impact on poultry performance. **Journal of Applied Poultry Research**, v.5, n.4, p.386-394, 1997.

FANG, L.S.; CHIOU, S.F. Effects of salinity on the activities of digestive proteases from the tilapia fish, *Oreochromis niloticus* in different culture environments. **Comparative Biochemistry Physiology**, v.93, n.2, p.439-443, 1989.

FERNANDEZ, I. et al. Characterization of alpha-amylase activity in five species of Mediterranean sparid fishes (sparidae, Teleostei). **Journal of Experimental Marine Biology Ecology**, v.262, n.1, p.1-12, 2001.

FISCHER, G. et al. Desempenho de frangos de corte alimentados com dietas a base de milho e farelo de soja, com ou sem adição de enzimas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.1, p.402-410, 2002.

FRANCIS, G. et al. Antinutritional factors present in plant-derived alternate fish feed ingredients and their effects in fish. **Aquaculture**, v.199, p.197-227, 2001.

FUJIMOTO, R.Y. et al. Composição corporal e eficiência de utilização de nutrientes por pacus alimentados com ração suplementada com cromo trivalente. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, n.12, p.1763-1768, 2007.

FUKAYAMA, E.H. et al. Efeito da suplementação de fitase sobre o desempenho e a digestibilidade dos nutrientes em frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.4, p.629-635, 2008.

FURLAN, A.C. et al., Utilização de complexo enzimático em dietas de frango de corte com triticale. Ensaio de digestibilidade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.26, n.4, p.759-764, 1997.

FURUYA, W.M. et al. Fitase na alimentação da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) durante o período de reversão de sexo. **Acta Scientiarum**, v.26, n.3, p.299-303, 2004.

FURUYA, W.M. et al. Dietas extrusadas e peletizadas para machos revertidos de tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus* L.), na fase de terminação. **Ciência Rural**, v.28, n.3, p.483-487, 1998.

FURUYA, W.M. et al. Fitase em dietas para a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) (175 a 327 g). **Archivos de Zootecnia**, v.55, n.210, p.161-170, 2006.

FURUYA, W.M. et al. Fitase na alimentação de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). Desempenho e digestibilidade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.3, p. 924-929, 2001.

FURUYA, W.M. et al. Use of ideal protein concept for precision formulation of amino acid levels in fish-meal-free diets for juvenile Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.). **Aquaculture Research**, v.35, p.1110-1116, 2004a.

GARCIA, E.R.M. et al. Efeito da suplementação enzimática em rações com farelo de soja e soja integral extrusada sobre a digestibilidade de nutrientes, o fluxo de nutrientes na digesta ileal e o desempenho de frangos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.5, p.1414-1426, 2000.

GENTELINI, A. L. et al. Graus de moagem dos ingredientes em rações peletizadas para alevinos de piavuçu (*Leporinus macrocephalus*). **Acta Scientiarum**, v.27, n.1, p.93-97, 2005.

GOMES, P.C. et al. Efeito do complexo multienzimático nos valores de energia metabolizável e coeficientes de digestibilidade dos aminoácidos do triticale para aves. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.6, p.2268-2275, 2000.

GONÇALVES, G.S. et al. Digestibilidade aparente e suplementação de fitase em alimentos vegetais para a tilápia do Nilo. **Acta Scientiarum**. v.26, n.3, p.313-321, 2004.

GONÇALVES, G.S. et al. Disponibilidade aparente do fósforo em alimentos vegetais e suplementação da enzima fitase para tilápia do Nilo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.5, p.1473-1480, 2007.

HALILOGLU, H.I. et al. Comparisons of fatty acid composition in some tissues of rainbow (*Oncorhynchus mykiss*) living in seawater and freshwater. **Food Chemistry**, v.86, p.55-59, 2003.

HAYASHI, C., BOSCOLO, W.R., SOARES, C.M. et al. Uso de diferentes graus de moagem dos ingredientes em dietas para a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus* L.) na fase de crescimento. **Acta Scientiarum**, v.21, n.3 p.733-737, 1999.

HIDALGO, M.C. et al. Comparative study of digestive enzymes in fish with different nutritional habits. Proeolytic and amylase activities. **Aquaculture**. v.170, p.267-283, 1997.

JAYARAM, M. G.; SHETTY, H. P. C. Formulation, processing and water stability of two new pelleted fish feeds. **Aquaculture**, v. 23, p. 355-359, 1981.

JONG KIANG, M. Principles of aquaculture feed production by cooking extruder. In. CHANG, Y.K.; WANG, S.S.; MONTEROS, J. E. **Advances in extrusion technology: aquaculture animal feeds and foods**. São Paulo, Àguas de Lindóia: 1998. p. 107-114.

KROGDAHL, A. Carbohydrates in fish nutrition: digestion and absorption in postlarval stages. **Aquaculture Nutrition**, v.11, n.2, p.103-122, 2005.

KUBARICK, J. Tilapia on fish highly flexible diet. **Feed International**, v.6, p.16-18, 1997.

KUBITZA, F. **Nutrição e alimentação dos peixes cultivados**. Campo Grande, MS: [s.n.], 1998. 108 p.

KUBITZA, F. **Tilápia: Tecnologia e planejamento na produção comercial**. Jundiaí, São Paulo, 2000, 285p.

LEHNINGER, A.L. et al. **Princípios de bioquímica**. 2.ed. São Paulo: Savier. 1995. 841p.

LI, S.N.; FAN, D.F. Activity of esterases from different tissues of freshwater fish and responses of their isoenzymes to inhibitors. **Journal Toxicology Environmental Health**, v.51, n.2, p.149-157, 1997.

LOVELL, T. **Nutrition and feeding of fish**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1998, p.11-18.

MACEDO-VEIGAS, E.M. et al. Estudo da carcaça da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) em quatro categorias de peso. **Revista Unimar**, v.19, n.3, p.863-870, 1997.

MARENGONI, N.G. Produção de tilápia do Nilo *Oreochromis niloticus* (linhagem chitraladra), cultivada em tanques-rede, sob diferentes densidades de estocagem. **Archivos de Zootecnia**, v.55, n.210, p.127-138, 2006.

MEURER, F. et al. Digestibilidade aparente de alguns alimentos protéicos pela tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.6, p.1801-1809, 2003b.

MEURER, F. et al. Grau de moagem dos alimentos em rações para a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) durante o período de reversão sexual. **Acta Scientiarum**, v.27, n.1, p.81-85, 2005.

MEURER, F. et al. Influência do processamento da ração no desempenho e sobrevivência da tilápia do nilo durante a reversão sexual. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.2, p.262-267, 2003a.

MEURER, F. et al. Lipídeos na alimentação de alevinos revertidos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus* L.). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.2, p.566-573, 2002.

MEURER, F. et al. Utilização de levedura *spray dried* na alimentação de alevinos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus* L.). **Acta Scientiarum**, v.22, n.2, p.479-484, 2000.

MILLAN, L. M. et al. Tecnología de fabricación de piensos para la acuicultura. In. MONTEROS, J. E. de los; LABARTA, U. **Alimentacion en acuicultura**. Madri: Comisión Asesora de Investigación Científica y Técnica, 1987. p. 131-166.

MORA-JAIMES, G. et al. Respuesta productiva y fermentation ruminal en borregos alimentados con grano de sorgo tratado con amilasas. **Agrociência**, v.36, p.31-39, 2002.

MOURA, G.S. et al. Desempenho e atividade de amilase em tilápias do Nilo submetidas a diferentes temperaturas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, n.11, p.1609-1615, 2007.

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

NERY, V.L.H. et al. Adição de enzimas exógenas para leitões de 10 aos 30 kg de peso. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.3, p.794-802, 2000.

NG, W.K. et al. 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**, v.33, p.1199-1207, 2002.

NUNES, E.S.S. et al. Enzimas digestivas exógenas na alimentação de juvenis de tambaqui. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, n.1, p.139-143, 2006.

OGUNKOYA, A.E. et al. Dietary incorporation of soybean meal and exogenous enzyme cocktail can affect physical characteristics of faecal material egested by rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Aquaculture**, v.254, p.466-475, 2005.

OLIVEIRA, G.R. **Digestibilidade de nutrientes em ração com complexo enzimático para tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*)**. 2006. 87p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Lavras. Lavras/Minas Gerais.

OLIVEIRA, G.R. et al. Digestibilidade de nutrientes em rações com complexo multienzimático para a tilápia do Nilo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.6, p. 1945-1952, 2007.

OLIVIA-TELES, A. et al. Utilization of diets supplemented with microbial phytase by seabass. **Aquatic Living Resources**, v.11, n.4, p.225-259, 1998.

OSTRENSKI, A. et al. **Aqüicultura no Brasil: o desafio é crescer**. Brasília, 2008. 276p.

PEZZATO, L. E. et al. Estabilidade química de dietas para organismos aquáticos confeccionadas com aglutinantes nutritivos. **Boletim do Instituto de Pesca**, São Paulo, v.22, n.1, p.125-131, 1995.

PEZZATO, L.E. Alimentação de peixes – Relação custo benefício. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 36, 1999, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: SBZ, 1999. p.109.

PEZZATO, L.E. et al. Digestibilidade aparente de ingredientes pela tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.31, n.4, p.1595-1604, 2002.

PEZZATO, L.E. The use of extruded feed in fish food. In. CHANG, Y.K.; WANG, S.S. MONTEROS, J. E. **Advances in extrusion technology: aquaculture/animal feeds and foods**. São Paulo, Àguas de Lindóia: 1998. p. 35-42.

ROCHA, C.B. et al. Suplementação da enzima fitase e o desempenho e retenção mineral em juvenis de jundia (*Rhamdia quelen*). **Boletim do Instituto de Pesca**, v.34, n.1, p.153-159, 2008.

RUIZ, U.S. et al. Complexo enzimático para suínos: digestão, metabolismo, desempenho e impacto ambiental. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.3, p.458-468, 2008.

SAHA, S. et al. Characterizations of cellulase-producing bacteria from the digestive tract of tilapia, *Oreochromis mossambica* (Peters) and grass carp, *Ctenopharyngodon idella* (Valenciennes). **Aquaculture Research**, v.37, p.380-388, 2006.

SAJJADI, M.; CARTER, C.G. Dietary phytase supplementation and utilization of phosphorus by Atlantic salmon (*Salmo salar*) fed a canola meal based diet. **Aquaculture**, v.240, p.417-431, 2004.

SAMPAIO, J.M.C.; BRAGA, L.G.T. Cultivo de tilápia em tanques-de na barragem do Ribeirão de Saloméa – Floresta Azul – Bahia. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.6, n.2, p.42-52, 2005.

SATOH, S. et al. Effect of extrusion processing on the nutritive value of canola meal for chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*) in seawater. **Aquaculture Nutrition**, v.4, p.115-122, 1998.

SHIAU, S.Y. Utilization of carbohydrates in warmwater fish - with particular reference to tilapia, *Oreochromis niloticus* x *O. aureus*. **Aquaculture**, v.151, p.79-96, 1997.

SIDDHURAJU, P.; BECKER, K. Effect of phenolic nonprotein amino acid L L-dopa (L L-3,4-dihydroxyphenylalanine) on growth performance, metabolic rates and feed nutrient utilization of common carp (*Cyprinus carpio* L.). **Aquaculture Nutrition**, v.8 p.69-77, 2002.

SILVA, H.O. et al. Características produtivas e digestibilidade da farinha de folhas de mandioca em dietas de frangos de corte com e sem adição de enzimas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.3, p.823-829, 2000.

SILVA, J.A.M. et al. Digestibilidade aparente de nutrientes e energia de ração suplementada com enzimas exógenas para juvenis de tambaqui (*Colossoma macropomum* Cuvier, 1818). **Acta Amazônica**, v.37, n.1, p.157-164, 2007a.

SILVA, T.S.C. et al. Fitase líquida em dieta extrusada para juvenis de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Acta Scientiarum**, v.29, n.4, p.449-455, 2007b.

SILVA, Y.L. et al. Níveis de proteína e fósforo em rações para frangos de corte, na fase de 14 a 21 dias de idade. Valores energéticos e digestibilidade de nutrientes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.3, p.469-477, 2008.

SIPAÚBA-TAVARES, L. H. S. **Limnologia aplicada à aquicultura**. Jaboticabal: Funep, 1995. 72p.

SOARES JUNIOR, M.S. et al. Substituição de farelo de soja por soja integral em rações extrusadas para aquicultura. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.34, n.1, p.29-37, 2004.

SOARES, C.M. et al. Diferentes graus de moagem dos ingredientes em dietas peletizadas para a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus* L.) em fase de crescimento. Desempenho e digestibilidade aparente. **Zootecnia Tropical**, v.1, n.3, p.275-287, 2003.

SOUZA, M.L.R. et al. Influência do método de filetagem e categorias de peso sobre rendimento de carcaça, filé e pele de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.28, n.1, p.1-6, 1999.

STONE, D.A.J. et al. Carbohydrate utilization by juvenile silver perca *Bidyanus bidyanus* (Mitchell). II Digestibility and utilization of starch and its breakdown products. **Aquaculture Research**, v.34, n.2, p.109-121, 2003.

TACON, A.G.J.; JACKSON, A.J. Utilisation of conventional and unconventional protein sources in practical fish foods. A review. In: **Nutrition and Feeding in Fish** (Cowey, C.B., Mackie, A.M.; Bell, J.G. eds). Academic Press, London. P.119-145, 1985.

TAKEUCHI, T. et al. Availability of extruded carbohydrate ingredients to rainbow trout *oncorhynchus mykiss* and carp *cyprinus carpio*. **Bulletin Japanese Society Science Fish**, Tokio, v. 56, n. 11, p. 1839-1845, 1990.

TEIXEIRA, A.O. et al. Utilização de enzimas exógenas em dietas com diferentes fontes e níveis de proteína para leitões na fase de creche. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.3, p.900-906, 2005.

TEJEDOR, A.A. et al. Efeito da adição de enzimas em dietas de frangos de corte à base de milho e farelo de soja sobre a digestibilidade ileal de nutrientes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.3, p.809-816, 2001.

TENGJAROENKUL, B. et al. Distribution of intestinal enzyme activities along the intestinal tract of culture Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* L. **Aquaculture**, v.182, p. 317-327, 2000.

TORRES, D.M. et al. Dietas a base de milho e farelo de soja suplementadas com enzimas na alimentação de frangos de corte. **Ciência Agrotecnológica**, v.27, n.1, p.199-205, 2003.

TOYAMA, G.N. et al. Suplementação de vitamina c em rações para reversão sexual da tilápia do Nilo. **Scientia Agrícola**, v.57, n.2, p.221-228, 2000.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA. UFV. 1997. **SAEG Sistema para análises estatísticas e genéticas**. Versão 7.1. Viçosa, MG. 150p. (Manual do usuário).

VIEIRA, J.S. et al. Efeito do processamento do milho sobre o desempenho e composição de carcaça de piaba (*Leporinus friderici*) criada em tanques-rede. **Ciência agrotecnológica**, Lavras, v.29, n.2, p.453-458, 2005.

VIELMA, J. et al. Influence of dietary soy and phytase levels on performance and body composition of larg rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and algal availability of phosphorus load. **Aquaculture**, v.182, p.349-362, 1998.

ZANOTTO, D.L. et al. Granulometria do milho na digestibilidade das dietas para suínos em crescimento e terminação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.24, n.6, p.428-436, 1995.

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