

SUPLEMENTAÇÃO DE FITASE EM DIETAS PARA TILÁPIAS: REVISÃO DE LITERATURA

BARRETO, Celso Murilo Gava¹

GOMES, Ariadne Ramos¹

DIAS, Renan de Assis¹

BOTELHO, Renan de Mattos²

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo realizar revisão de literatura acerca da suplementação de fitase para tilápias. Por meio de consulta de periódicos científicos e livros. Foi realizado levantamento de dados, salientando a importância da utilização da fitase nos regimes intensivos de produção. Observou-se que a utilização da fitase pode promover efeitos positivos quando utilizada em rações formuladas com alimentos de origem vegetal. A fitase catalisa a hidrólise do fitato nos animais monogástricos, que não apresentam a enzima na forma endógena. A suplementação desta enzima beneficia o desenvolvimento dos peixes.

Palavras-chave: Tilápia. Digestibilidade. Eutrofização. Fitase. Minerais.

ABSTRACT

The present work aimed to perform a literature review about phytase supplementation for tilapia. By consulting scientific journals and books. Data collection was performed, highlighting the importance of the use of phytase in intensive production regimes. It was observed that the use of phytase can promote positive effects when used in diets formulated with foods of plant origin. Phytase catalyzes phytate hydrolysis in monogastric animals, which do not present the enzyme in endogenous form. Supplementation of this enzyme benefits fish development.

Keywords: Tilapia. Digestibility. Eutrophication. Minerals. Phytase.

1. Introdução

As tilápias constituem a ordem dos Perciformes, família Ciclidae, divididas em várias centenas de espécies (LOWE-McCONNEL, 1975), originárias da África, Israel e Jordânia, possuem algumas características como: hábito alimentar planctófago, fácil reprodução, facilidade para aceitação de rações comerciais, ótima qualidade do filé, sem espinhos, de coloração branca, bom rendimento de filé de cerca de 33%, excelente valor de mercado, custos reduzidos de produção e alta adaptação a diferentes sistemas produtivos. O peso de comercialização é variável, de acordo com a utilização do mercado (TACHIBANA, 2002).

Atualmente há necessidade de buscar alternativas para a redução dos impactos ambientais e promover melhores condições de saúde aos peixes em diferentes sistemas de cultivo, desse modo, é necessário obter maior quantidade de dados acerca do valor nutricional

¹ Discentes do curso de Medicina Veterinária da Faculdade de Ensino Superior e Formação Integral – FAEF, GARÇA – SP, BRASIL. E-mail: gavabarreto@gmail.com

² Docente do curso de Medicina Veterinária da Faculdade de Ensino Superior e Formação Integral – FAEF, GARÇA – SP, BRASIL. E-mail: rmbotelho88@gmail.com

dos alimentos e necessidades que estas espécies carregam, o que permite o balanceamento adequado das rações nas diferentes etapas da produção (FURUYA et al., 2010).

Os alimentos de origem animal refletem os maiores custos na produção de rações para peixes, baixa padronização e muitas vezes qualidade indesejável. Em virtude desses problemas vem-se utilizando os alimentos de origem vegetal, no entanto, esses possuem cerca de 45 a 75% do fósforo complexado em forma de fitato, e isto impede a disponibilidade desse mineral aos peixes, por não sintetizarem a fitase de forma endógena, não são capazes de realizar a hidrólise deste complexo (MELO, 2010).

Os minerais são necessários para o desenvolvimento normal da vida de todos os animais, inclusive os peixes, pois são responsáveis pela formação do sistema esquelético, manutenção do sistema coloidal, regulação do equilíbrio ácido-base e fazem parte da produção de enzimas e hormônios. Com exceção do fósforo, os demais minerais necessitam de traços na nutrição de peixes (WATANABE, 1997).

Para disponibilizar estes minerais a utilização de pró-nutrientes cresce cada vez mais na aquicultura, com destaque a fitase por melhorar a disponibilidade dos nutrientes contidos na dieta; como a proteína, energia e minerais, com atenção voltada para a digestibilidade de minerais, visto que atua mais neste do que outros nutrientes (GONÇALVES, 2004). De acordo com Pezzato et al., (2009), a produção mundial da farinha de peixe não tem a capacidade de suprir a confecção de rações para os organismos aquáticos e como consequência o preço aumenta devido a demanda mundial e consequentemente a utilização dos alimentos de origem vegetal tornam-se opções.

A inclusão de fitase nas rações tem a capacidade de reduzir a demanda de fósforo inorgânico nas dietas, como consequência reduz a liberação deste mineral nos efluentes das pisciculturas, reduzindo o potencial de eutrofização dos sistemas de produção, o que traz benefícios aos peixes, ao ambiente e aos homens (BOCK, 2006).

O objetivo desse trabalho foi salientar a importância da utilização da enzima fitase nos diferentes regimes de produção para o melhor aproveitamento dos nutrientes, podendo ser uma alternativa à suplementação nas dietas, reduzindo a descarga dos mesmos para a água e consequentemente diminuir o impacto ambiental causado pela descarga desses minerais ao meio aquático, minimizando o processo de eutrofização dos sistemas.

2. A importância do fósforo na nutrição de peixes

De acordo com Roy e Lall (2003), o fósforo é indispensável para várias funções, fisiológicas, metabólicas e reprodutivas no organismo dos peixes. O fósforo se encontra entre

os minerais mais importantes na nutrição animal e está relacionado com o cálcio na estrutura óssea, representando o segundo mineral mais importante com 16%, enquanto o cálcio 37%. No corpo, aproximadamente 90% do fósforo proveniente dos alimentos tem função de construção tecidual e sustentação (STEFFENS, 1987).

Furuya et al., (2008), relata que a ração é a fonte de fósforo mais importante para os peixes quando se trata de regimes intensivos de criação, devido à baixa concentração desse mineral, tanto em água doce quanto salgada e por esse fato a absorção proveniente da água é ineficaz para suprir as exigências dos peixes.

Segundo Gonçalves et al., (2005) relatam que não apenas a deficiência, mas o excesso de minerais pode acarretar efeitos deletérios, o que pode ser letal, causar patologias bioquímicas diversas, alterações estruturais e funcionais aos peixes.

O fósforo pode ser ingerido na forma orgânica, podendo ser fosfolipídios, fosfoproteínas e fitatos, e em sua forma inorgânica monofosfatos, bifosfatos e trifosfatos, estes podem ou não ser solúveis no suco gástrico (PIZZOLANTE, 2000). Além disso, McDowell (1992) relata que o fósforo organicamente ligado é indisponível aos monogástricos, no entanto, os ruminantes o aproveitam consideravelmente bem. Essa diferença de aproveitamento ocorre devido a presença da fitase produzida pelos microrganismos do rúmen, e essa catalisa a hidrólise do fósforo ligado organicamente o que proporciona disponibilidade para ser absorvido.

Pereira e Mercante (2005), mencionam que grandes quantidades de fósforo liberadas na água promovem o crescimento exacerbado de algas, que como consequência irão causar elevação do pH, que associado a altas temperaturas, acarretará na elevação da concentração de amônia na água, e esta reflete no aumento da toxicidade aos peixes. Sendo assim, de acordo com Mercante et al., (2004), o enriquecimento dos tanques de piscicultura com nutrientes é bastante comum, é propiciado pela entrada de compostos que contenham determinado nutriente, como o fósforo e nitrogênio. No entanto, o uso incorreto desses nutrientes, somado a fatores bióticos e abióticos, pode acarretar em prejuízos econômicos e ambientais.

Para Kubitzka (1999), os sistemas de criação em regime intensivo colaboram para a perda do fósforo para o meio aquático, pois ocorre o arraçoamento dos peixes, que por sua vez são balanceadas com fósforo inorgânico, e podem ter entre 5 a 10 kg de fósforo por tonelada de ração.

Porém, o avanço da tecnologia de processamento de alimentos, a disponibilidade de novos pró-nutrientes e aditivos, além do aumento de informações acerca das necessidades dos peixes, possibilitam a formulação de rações exclusivamente vegetal, entretanto estes

alimentos possuem o fósforo quelado pelo fitato, indisponível aos peixes e demais monogástricos (GONÇALVES et al., 2004), portanto Bock et al., (2007), salienta a carência da inclusão da enzima fitase, que reduz a necessidade da suplementação do fósforo inorgânico às dietas, como consequência, a redução da descarga deste mineral a eutrofização do meio.

Na limnologia, o processo de eutrofização é utilizado como indicador da proliferação biológica em recursos hídricos, fenômenos associado à produção exacerbada de biomassa de produtores primários, comumente causada por altas concentrações de nutrientes (HUTCHINSON, 1957). As principais causas do processo de eutrofização é o aumento das concentrações de fósforo e nitrogênio, propiciando a proliferação excessiva de plantas aquáticas (TUNDISI, 2003), que ocasionam diminuição do oxigênio noturno e supersaturação durante o dia, o que acarreta em problemas para a produção de peixes de cultivo (DATTA e JANA, 1998).

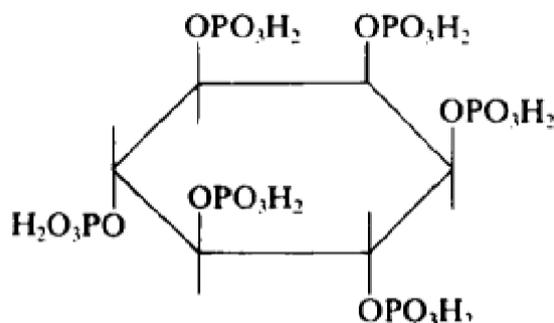
3. Fitato

O fitato é um dos fatores antinutricionais presentes em alimentos de origem vegetal, e recebe a classificação de anti nutriente por não ser digerido pelos monogástricos, pois nesses animais não ocorre a produção endógena da fitase que causa a hidrólise de sua estrutura molecular (Figura 1). O fitato altera a digestibilidade de diversos nutrientes, como proteínas e minerais. A indisponibilidade do fósforo ocorre pelo processo de união do mineral junto da molécula de ácido fítico e ligação do ácido fítico com outro nutriente origina o fitato (OLIVIA – TELES et al., 1998; VIELMA et al., 1998), e os alimentos de origem vegetal podem conter de 0,5 a 6% de ácido fítico e de 50 a 90% de seu total de fósforo na forma de fitato. (NOLAN et al., 1987).

A baixa disponibilidade do fósforo presente nos alimentos de origem vegetal, diz respeito a forma que este se encontra nestes tipos de alimento. Nos vegetais, o fósforo está presente em uma molécula complexa chamada hexafosfato de inositol, ou fitato, e pode compor até 81% do conteúdo de fosfato oriundo dos vegetais (RICHE e BROWN, 1996).

Cousins (1999) relata que diversos tipos de fitato podem impedir a ação de várias enzimas endógenas, como a tripsina, amilase e pepsina. Isto se deve a origem inespecífica das estruturas complexadas, seja fitato-proteína ou a inibição dos íons Ca^{++} necessários para a ativação dessas enzimas. Diversos hexafosfatos de inositol são encontrados na natureza, e geram alta diversificação de compostos pela natura inespecífica do ácido fítico.

Figura 1: Estrutura molecular do fitato.



Fonte: adaptado de Nolan et al., (1987).

De acordo com Vielma et al., (1998), o fitato tem a capacidade de se complexar com cátions, proteínas, lipídios e amido, fator que indisponibiliza estes nutrientes aos peixes, devido a ausência da enzima fitase de forma endógena.

Segundo Campestrini et al., (2005) a presença de complexos fitato-proteína acarreta de forma negativa a digestibilidade de proteínas e aminoácidos, porém a maior preocupação ocorre com o fósforo presente em alimentos de origem vegetal, pela ligação ao ácido fítico na forma de fitato, sendo pouco disponíveis aos animais monogástricos, o fitato quelata cátions bivalentes como o Ca^{++} , Fe^{++} , Mg^{++} , Na^{++} , Cu^{++} , entre outros; desta maneira interferindo na absorção de aminoácidos, o que impede a atividade de enzimas como a tripsina e a pepsina, que necessitam desses minerais para sua atividade.

Thompson e Yoon (1984) alegam que, o fitato em suas condições naturais, tem a capacidade de se complexar com o amido. E avaliaram dietas a base de alimentos de origem vegetal com suplementação da enzima fitase, o que aumentou a digestibilidade da energia bruta. Dessa forma, Ravindran (1999) explicou a ação do fitato no amido, relatando que sua digestão é influenciada de forma negativa com a presença de ácido fítico de várias maneiras, uma delas pela ligação com a amilase, ou até mesmo quelação do Ca^{++} , necessário para a ação desta enzima, podendo até mesmo formar complexos menos digestíveis do amido com a proteína.

Como relatado por Gonçalves et al., (2005), o avanço da tecnologia em vários segmentos, inclusive no aquícola, permite a confecção de rações exclusivamente de origem vegetal, porém, é necessário a suplementação de fitase nessas dietas, visto que a enzima não é produzida pela mucosa dos peixes, e de acordo com Bock et al., (2006), é necessário realizar a suplementação com fósforo inorgânico para adequado desenvolvimento dos peixes, desta maneira, acentuando a excreção de fósforo para o meio aquático, causando a eutrofização.

4. Fósforo fítico

Fósforo fítico é o nome dado ao fósforo contido na molécula de ácido fítico, presente nos alimentos de origem vegetal. A molécula de ácido fítico possui alto teor de fósforo (28,2%) e elevado potencial de quelação (BOCK et al., 2007), que pode compor 81% do fosfato dos vegetais (RICHE e BROWN, 1996).

O fitato é a forma orgânica menos aproveitada pelos monogástricos, pois os animais não-ruminantes possuem baixa ação da enzima fitase nos intestinos (BITAR e REINHOLD, 1972). Em condições naturais, o ácido fítico possui carga negativa nos alimentos, desta maneira possui o potencial para complexar moléculas de carga positiva, como cátions e proteínas (CHERYAN, 1980).

Segundo Pizzolante (2000), a suplementação das fitases exógenas soluciona este problema, pois estas promovem maior disponibilidade dos nutrientes quelados pelo ácido fítico liberando o fósforo fítico, o que reduz os custos de produção e a descarga destes nutrientes para o meio, pois os alimentos de origem vegetal são pouco aproveitados por não-ruminantes, e como consequência proporciona a liberação de grandes quantidades de fósforo fítico nas fezes.

A suplementação das enzimas exógenas nas rações para monogástricos é indicada como fator para redução ou substituição da inclusão do fósforo inorgânico devido a liberação do fósforo fítico dos alimentos, desta maneira evita-se a busca desses minerais das fontes não renováveis encontradas no planeta (CHOCT, 2006).

Em síntese, a ação da fitase, tem como intuito a liberação do fosfato do ácido fítico, pois como mencionado por Van Der Ploeg e Boyd (1991), o fósforo fítico age de forma negativa na digestibilidade de nutrientes, tendo como opção a utilização da fitase para aumentar a disponibilidade do fósforo fítico destes nutrientes e reduzir a descarga dos mesmos para o meio, o que minimiza a chance de eutrofização, fator prejudicial à qualidade da água.

5. Enzimas exógenas – A aplicabilidade da Fitase em dietas

Segundo Pizzolante (2000), as fitases são originalmente encontradas em altas quantidades na natureza, está presente em diversas fontes vegetais e animais, como sementes de plantas, alguns fungos e bactérias, leveduras e microrganismos dos rumens; esta quando incubada com fitato de sódio tem a capacidade de catalisar a hidrólise do fitato e como consequência libera o fósforo inorgânico de alimentos de origem vegetal. As fitases de primeira geração tinham potencial de liberar até 40% do fitato na inclusão de 500 UFA/kg,

atualmente aquelas de terceira e quarta geração podem hidrolisar até 70% do fitato com o mesmo nível de inclusão nas dietas (COWIESON et al.,2012).

De acordo com Bock (2006), para fabricação de rações são utilizados ingredientes com considerável carga de fósforo, porém nos alimentos de origem vegetal este se encontra em forma de fitato, e este indisponibiliza o fósforo para os peixes e outros animais monogástricos, devido à falta da enzima fitase; e torna essencial a adição de fósforo inorgânico na dieta para obtenção do desenvolvimento adequado dos peixes, que por sua vez promove eutrofização do meio, devido à descarga desse mineral nas fezes.

As fitases possuem variação em sua eficiência de acordo com alguns fatores como a quantidade de fitato, e sua origem, presente na dieta, nível de inclusão da enzima, fonte, idade do animal e espécie (ADEOLA e COWIESON, 2011). As fitases por serem proteínas, tornam-se aptas a ação de proteases, com a possibilidade de serem digeridas antes mesmo de realizar a hidrólise do fósforo fítico, já que a hidrólise de proteínas é iniciada no estômago (BOTELHO, 2012).

Segundo Liu et al., (1998), o pH de ativação das enzimas é variável de acordo com a fonte de isolamento da mesma, porém a maioria delas é ativada em meio ácido. Isto justifica a utilização da enzima fitase na nutrição de peixes, já que a maioria deles possuem pH estomacal extremamente ácido, em torno de 2,4 e 4,2 ativando a enzima (Tabela 1) (ROTTA, 2003). O que favorece a inibição da pepsina, pois esse pH é inadequado para a ação desta enzima proteolítica, o que possibilita a ação da fitase antes que seja digerida (MORIARTY, 1973).

Como citado por Pizzolante (2000), as fitases se mantêm estáveis em pHs em torno de 3 a 9 e temperaturas abaixo de 90°C. Alterações extremas de pH e temperaturas elevadas acarretam na redução da ação enzimática ou desnaturação da mesma, porém não resistem ao processo de peletização nas rações (TAMIM el al., 2004), e por possuir baixa termoestabilidade, não resiste às altas temperaturas alcançadas no processamento (DOURADO et al., 2014).

Segundo Pizzolante (2000), a ração pode ser mantida por no mínimo três meses, com a ação da enzima preservada, e pode ser acrescida diretamente na ração ou por meio de suplemento mineral. Nesse sentido, a fitase é acrescentada na ração utilizando a unidade de medida denominada UFA (Unidade de Fitase Ativa) que é definida como uma quantidade de enzima que libera 1 µmol de fósforo inorgânico por minuto de uma solução a 0,0051 mol/L de fitato de sódio a uma temperatura de 37 °C e pH 5,5 (Campestrini, 2005).

Tabela 1 – Relação entre o hábito alimentar e pH dos peixes.

Espécie	Hábito alimentar	pH estomacal
Tilápia mossâmbica	Planctófago/Onívoro	1,3 a 1,5
Tilápia nilótica	Planctófago/Onívoro	1,4 a 1,6
Bagre do canal	Onívoro/Carnívoro	2,0 a 4,0
Robalo	Carnívoro	2,0 a 6,0
Carpa comum	Bentófago/Onívoro	6,1 a 7

Fonte: ROTTA, (2003).

6. Uso da fitase em dietas para tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*)

O fitato é capaz de se complexar com cátions, proteínas, lipídeos e amido, isto torna grande parte desses nutrientes não digestíveis para os peixes, em razão da ausência da enzima fitase endógena, que promove a hidrólise da ligação éster entre o fosfato e a molécula de inositol (VIELMA et al., 1998).

Para afirmar as propriedades da fitase, no estudo conduzido por Gonçalves et al., (2004), dietas contendo alimentos proteicos e energéticos de origem vegetal foram confeccionadas, trabalhando com diferentes níveis de inclusão de fitase: 0, 1000 e 2000 UFA/kg. No referido estudo a digestibilidade aparente da matéria seca (MS), proteína bruta (PB) e energia bruta (EB) destes alimentos pela Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) foi avaliada. Desta maneira, foi realizada a determinação dos coeficientes de digestibilidade aparente (CDA), comparando a dieta referência que foi elaborada tendo como base a proteína da albumina e da gelatina, contendo 32% de proteína digestível (PD) e 3000 kcal de energia digestível (ED) por quilo de ração. Verificou-se que houve variação muito pequena para o CDA da MS em alimentos energéticos sem a suplementação de fitase, diferindo assim dos alimentos proteicos, como o farelo de algodão que apresentou o melhor CDA da MS de 74,90%. Também observaram efeitos consideráveis para o CDA de alguns alimentos do tratamento controle sem o acréscimo da enzima, se comparados aos tratamentos com 1000 e 2000 UFA/kg. Concluindo assim, que os alimentos respondem de forma diferenciada sob a inclusão da fitase, e como consequência ocorre aumento do valor biológico destes alimentos devido a hidrólise do ácido fítico.

Em uma pesquisa oito níveis de fitase (500, 1000, 1500, 2000, 2500, 3000, 3500 e 4000 UFA/kg de ração) sem adição de fósforo com uma dieta controle (ração suplementada com fosfato bicálcico) foram testados para juvenis de tilápia. Neste experimento os autores demonstraram por meio de teste de comparação média, que a adição de 1500 UFA/kg resultou

no melhor CDA da MS. O CDA da PB não diferiu estatisticamente se comparado ao tratamento controle, e demonstra apenas a tendência da fitase em proporcionar melhor digestibilidade. Contudo, o CDA da EB demonstrou melhora significativa quando as dietas foram suplementadas com 500 UFA/kg. Os dados obtidos para Ca demonstram que o acréscimo de 2000, 3000 e 4000 UFA/kg, promovem melhora na disponibilidade de acordo com o aumento da UFA/kg. Desse modo, os pesquisadores concluíram que níveis de 1500 UFA/kg na ração é suficiente para melhorar o CDA da MS e disponibilizar P e Ca, e 1000 UFA/kg para Zn e Mn (BOCK et al., 2006).

Furuya et al., (2006), formularam dietas sem adição de fósforo orgânico com níveis crescentes de fitase (0, 250, 500, 1000, e 2000 UFA/kg), para juvenis da mesma espécie. A partir das análises observaram que não houve diferença significativa no CDA da fração proteica e conversão alimentar (CA). Os autores verificaram efeito quadrático sobre o ganho de peso, assim foi possível determinar que 1115 UFA/kg de ração foi a melhor inclusão para essa variável. Relatou-se efeito quadrático para as variáveis de retenção de Ca e P na carcaça, tendo os máximos valores obtidos com 1173 e 881 UFA/Kg de ração. A retenção destes minerais nos ossos aumenta de acordo com a inclusão de níveis crescentes da enzima. Nesse sentido, os autores concluem que a inclusão de 1100 UFA/kg de ração possibilita melhor desempenho, retenção de minerais e disponibilidade de Ca e P e quando aplicada em dietas de origem vegetal, reduz a descarga de nitrogênio e fósforo, via fecal, para o meio aquático.

Pesquisas mostram que a suplementação de fitase em dietas influenciam positivamente o ganho de peso e conversão alimentar de tilápias do Nilo em fase de crescimento se comparadas a dietas ausentes da enzima (BOCK et al., 2007). Neste trabalho os autores utilizaram quatro dietas: controle (ração suplementada com 4% de fosfato bicálcico) e três sem acréscimo de fósforo inorgânico e com variados níveis de fitase (1000, 1500 e 2000 UFA/kg de ração). Esse resultado se deu devido a quantidade insuficiente de fósforo nas rações suplementadas. Sendo assim, comprovou-se que pequenas quantidades de fósforo disponível restringiram a utilização da proteína dietética, no entanto a suplementação da enzima melhorou exponencialmente a taxa de eficiência do fósforo, mesmo com a quantidade reduzida do mineral nos alimentos. A suplementação não melhorou o aproveitamento da MS, proteína e lipídios da carcaça dos peixes, porém o conteúdo de Ca e P melhoraram na inclusão de 1500 UFA/kg, e reduziu a descarga dos minerais ao meio aquático. Concluiu-se que a utilização da fitase provocou efeitos benéficos aos peixes e ao meio ambiente.

Em uma pesquisa com cinco dietas isoproteicas para conter 30% de proteína, formulada com diferentes níveis de fitase: 2000, 4000, 6000 e 8000 UFA/kg de ração, para

juvenis de Tilápia do Nilo. Não ocorreram diferenças significativas no crescimento, utilização de nutrientes e GMP nos peixes alimentados sem fitase e também nos níveis de 2000, 4000 e 6000 UFA/kg, no entanto quando suplementados com dietas acima de 8000 UFA/kg obtiveram aumento significativo no GP, crescimento superior, maior redução da excreção de minerais, aumento da disponibilidade de Mg, Mn, bem como, aumento na atividade da lipase, amilase e protease, provavelmente estimulada em resposta a inclusão da fitase nas dietas. Dessa forma, o autor concluiu que a suplementação da fitase em dietas para tilápia aumentou a atividade das enzimas (lipase, amilase e protease) no intestino dos peixes, e consequentemente o aumento da hidrólise e liberação de nutrientes das dietas, os tornando mais absorvíveis, o que propicia melhor digestibilidade, crescimento e mineralização dos peixes (Nwanna., 2007).

Botelho (2012), formulou seis dietas para juvenis de Tilápia do Nilo, sendo uma dieta purificada, sem inclusão de farelo de algodão, e outras cinco com inclusão de 400g de farelo de algodão e níveis crescentes de fitase 0, 750, 1.500, 2.250 e 3.000 UFA/kg de ração e avaliou os CDA da EB, MS, MM e diversos minerais de forma isolada, de acordo com os níveis de inclusão da fitase sob o farelo de algodão. O autor observou efeito quadrático de acordo com os níveis de suplementação para MM, e para os minerais P, Mn, Zn, Cu, com o ponto máximo de inclusão da enzima e CDA em 2.025 (CDA de 73,23%); 2.080 (CDA de 85,02%); 2.878 (CDA de 95,57%); 1.592 (CDA de 81,86%) e 1.694 (CDA de 84,62%) UFA/kg de dieta, respectivamente. Relatou-se que não houve efeito da enzima sobre o CDA da MS, PB, EB e Mg e também Ca e Fe, com a suplementação ou não da enzima, apresentaram CDA negativo. Desse modo, o autor concluiu que a enzima eleva O CDA da MM e dos minerais P, Zn, Cu e Mn, no farelo de algodão, até o limite próximo de suplementação de 2080 UFA/kg.

Utilizando diferentes enzimas para avaliação de alguns parâmetros Adeoye et al., (2016). Incluíram 300 mg de fitase por quilo de ração para juvenis de Tilápia do Nilo, isoproteicas e isolipídicas. Neste experimento os autores que a suplementação da fitase não acarretou significativamente o ganho de peso final e a taxa de crescimento específico, quando comparada a dieta controle e com suplementação de protease ou carboidrase, porém foi observado melhor desempenho em termos de taxa de utilização de proteína e taxa de frequência alimentar com a suplementação de fitase se comparadas as outras dietas. Nesse sentido, os autores concluíram que a dieta com suplementação de fitase resultou em melhores resultados sem alterações prejudiciais nos parâmetros microbiológicos, hematológicos e em morfologia intestinal.

7. Considerações finais

A tilapicultura vem crescendo exponencialmente nas últimas décadas no Brasil devido a magnitude dos recursos hídricos encontrados em nosso país, desta maneira a busca por medidas que tornem a produção mais acessível e de baixo custo estão sendo realizadas. A utilização da fitase, comprovadamente, torna nutrientes quelatados pelo fitato disponíveis para as tilápias, de forma que reduz a excreção dos mesmos ao meio aquático, o que promove melhor aproveitamento dos nutrientes pelo peixe e menor impacto ambiental para o setor aquícola, além da redução do custo da ração por diminuir a suplementação de minerais inorgânicos de acordo com a matriz nutricional utilizada. Porém mais estudos são necessários para o total entendimento da fitase, pois ela atua de forma distinta nos mais variados alimentos de origem vegetal, disponibilizando diferentes nutrientes de acordo com o nível de sua inclusão e fonte de origem, além de não resistir a altas temperaturas pelo processo de peletização e extrusão, assim se faz necessário a busca por biotecnologias que permitam este processo de forma segura pela indústria a utilizando de forma isolada, ou buscando alternativas como blends enzimáticos.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADEOLA, O.; COWIESON, A. J. Board-invited review: opportunities and challenges in using exogenous enzymes to improve nonruminant animal production. **Journal of Animal Science**, v.89, p. 3189-3218, 2011.
- ADEOYE, A. A. et al. Supplementation of formulated diets for tilapia (*Oreochromis niloticus*) with selected exogenous enzymes: overall performance and effects on intestinal histology and microbiota. **Animal Feed Science and Technology**, 215, 133143p, 2016.
- BITAR, K.; REINHOLD, J. G. Phytases and alkaline phosphatase actives in the intestinal mucosa of rats, chicken, calf, and man. **Biochimica et Biophysica Acta - Enzymology**, Amsterdam, v. 268, p. 442-452, 1971.
- BOCK, C. L. et al. Fitase e digestibilidade aparente de nutrientes de rações por tilápiasdo- nilo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.6, p 2197-2202, 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.
- BOTELHO, R. M. **Valor nutritivo, pela tilápia do Nilo, do farelo de algodão suplementado com fitase**. 2012. 59 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Botucatu, 2012.

CAMPESTRINI, E.; SILVA, V. T. M.; APPELT, M. D. Utilização de enzimas na alimentação animal. **Revista Eletrônica Nutritime**, v.2, nº6, p.259-272, novembro/dezembro 2005.

CHERYAN, M. **Phytic acid interactions in food systems**. Critical Reviews Food Science Nutrition, v.13, p.179-335, 1980.

CHOCT, M. Enzymes for the feed industry: past, present and future. **Word's Poultry Science Journal**, p. 5-15, 2006.

COUSINS, B. Enzimas na nutrição de Aves. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL ACAV- EMBRAPA SOBRE NUTRIÇÃO DE AVES, 1999, Concórdia, SC. **Anais... Concórdia: EMBRAPA-CNPISA**, 1999, p. 115-129.

DATTA, S. e JANA, B.B. 1998 Control of bloom in a tropical Lake: grazing efficiency of some herbivorous fishes. **Journal of Fish Biology**, United Kingdom, 53: 12-34.

DOURADO, L. R. B.; BARBOSA, N. A. A.; SAKOMURA, N. K. Enzimas na Nutrição de Monogástricos. In: Sakomura, N. K.; Silva, J. H. V.; Costa, F. G. P.; Fernandes, J. B. K.; Huuschild, L. Ed (s). **Nutrição de Não Ruminantes**. Jaboticabal: FUNEP, 2014. P. 468-484.

FURUYA, W. M. et al. **Tabelas Brasileiras para a Nutrição de Tilápias**. Toledo: GFM, 2010. 100 p.

FURUYA, W. M. et al. Exigências de fósforo disponível para tilápia-do-nilo (35 a 100g). **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 37, n. 6, p. 961-966, 2008.

FURUYA, W. M. et al. Fitase em dietas para a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). 2006. **Arquivos de zootecnia** vol. 55, núm. 210, p 163.

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

GONÇALVES, G. S. et al. Efeitos da Suplementação de Fitase sobre a Disponibilidade Aparente de Mg, Ca, Zn, Cu, Mn e Fe em Alimentos Vegetais para a Tilápia-do-Nilo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.6, p.2155-2163, 2005.

HUTCHINSON, G.E. 1957. **A Treatise on Limnology: Geography Physics and Chemistry**. v.1, New York: John Wiley & Sons. 1.015p. KUBITZA, F. Nutrição e Alimentação de Tilápias. Panorama da Aquicultura, 1999.

LIU, B. L. et al. The induction and characterization of phytase and beyond. **Enzyme and Microbial Technology**, New York, v. 22, p. 415-424, 1998.

LOWE-McCONNEL. **Fish communities in Tropical Freshwaters**. Longman Inc., New York, Longman, 1975. 283 p.

MERCANTE, C.T.J.; CABIANCA, M.A; SILVA, D.; COSTA, S.V.; ESTEVES, K.E. 2004 **Water quality in fee-fishing ponds located in the São Paulo metropolitan region, Brazil: analysis of the eutrophication process.** 16(1): 95- 102.

MCDOWELL, R. L. Minerals in animal and human nutrition. San Diego: **Academic Press**, 1992. p. 542.

MELO, K. D. M. **Utilização de fitase para tilápia-do-nilo** (manuscrito). Tese (Mestrado). 2010. UNIMONTES-MG. 55p.

MORIARTY, D. J. W. The physiology of digestion of blue-green algae in the cichlid fish, *Tilapia nilótica*. **Journal of Zoology**. 1973. 171, 25-39.

NOLAN, K.B.; DUFAFIN. P.A. Effects of phytase on mineral bioavailability, in vitro studies on Mg²⁺, Ca²⁺, Fe²⁺, Cu²⁺ and Zn²⁺ (also Cd²⁺) solubility in the presence of phytase. **Journal Science Food Agriculture**, v.40, p.79-85, 1987.

NWANNA, L. C.; Eisenreich, R.; & Schwarz, F. J. 2007. Effect of wet-incubation of dietary plant feedstuffs with phytases on growth and mineral digestibility by common carp (*Cyprinus carpio* L). **Aquaculture**, 271, 461–468.

OLIVA-TELES, A. et al. Utilization of diets supplemented with microbial phytase by seabass. **Aquatic Living Resources**, Montrouge, v. 11, n. 4, p. 255-259, 1998.

PEREIRA, L. P. F.; MERCANTE, C. T. J. **A amônia nos sistemas de criação de peixes e seus efeitos sobre a qualidade da água, uma revisão.** B. Inst. Pesca, São Paulo, 31(1): 81 - 88, 2005.

PEZZATO, L.E.; BARROS, M. M.; FURUYA, W. M. Valor nutritivo dos alimentos utilizados na formulação de rações para peixes tropicais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, p. 43-51, 2009.

PIZZOLANTE, C. C. **Estabilidade da fitase e sua utilização na alimentação de frangos de corte.** Tese (Doutorado). Bibliografia. Lavras: UFLA, 2000.

RAVINDRAN, V. et al. Influence of microbial phytase on apparent ileal amino acid digestibility of feedstuffs for broilers. **Poultry Science**, v.78, p.699-706, 1999.

RICHE, M.; BROWN, P.B. Availability of phosphorus from feedstuffs fed to rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Aquaculture**, v.142, p.269-282, 1996.

ROTTA, M. A. **Aspectos gerais da fisiologia e estrutura do sistema digestivo dos peixes relacionados à piscicultura.** Corumbá: Embrapa Pantanal, 49 p. (Documentos / Embrapa Pantanal ISSN 1517-1973; 47), 2003.

ROY, P. K., LALL, S. P. Dietary phosphorus requirement of juvenile ehad dock (*Melanogrammu saegle finus* L.). **Aquaculture**, Oxford, v. 221, n. 1-4, p. 451-468, 2003.

STEFFENS, W. **Principios fundamentales de la alimentación de los peces**. Zaragoza: Ed. Acribia, 1987. 280 p.

TACHIBANA, L. **Desempenho inicial e digestibilidade aparente de nutrientes de diferentes linhagens de tilápia do nilo (*Oreochromis niloticus*)**. 2002. 58 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Centro de Aquicultura, Jaboticabal. 2002.

TAMIM, N. M.; ANGEL, R.; CHRISTMAN, M. Influence of dietary calcium in phytase on phytate phosphorus hydrolysis in broiler chickens. **Poultry Science**, v. 83, p. 1358-1367, 2004.

THOMPSON, L.U.; YOON, J.H. Starch digestibility as affected by polyphenols and phytic acid. **Journal of Food and Science**., Chicago, v.49, p.12-28, 1984.

TUNDISI, J.G. 2003 A crise da água: eutrofização e suas consequências. In.TUNDISI, J.G.Água no século XXI: enfrentando a escassez. Rima, IIE, São Carlos. 247p.

VAN DER PLOEG, M., BOYD, C.E. 1991. Geosmin production by cyanobacteria (blue green algae) in fish ponds at Auburn, Alabama. **Journal World Aquaculture**. Soci., 22:207-216.

VIELMA, J. et al. Effects of dietary phytase and cholecalciferol on phosphorus bioavailability in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Aquaculture**, 163(3/4):309-323. 1998.

WATANABE, T; KIRON, V.; SATOH, S. Trace minerals in fish Nutrition. **Aquaculture**, v.151, p.185-207, 1997.