

**MAURÍCIO TÁRCIO DOS SANTOS VIANA**

**SUPLEMENTAÇÃO DE ENZIMAS EM DIETAS DE POEDEIRAS  
COMERCIAIS EM POSTURA**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, para obtenção do título de “Doctor Scientiae”.

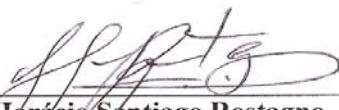
**VIÇOSA  
MINAS GERAIS - BRASIL  
2009**

# MAURÍCIO TÁRCIO DOS SANTOS VIANA

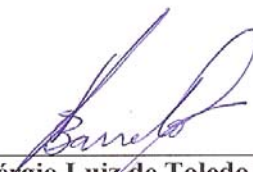
## SUPLEMENTAÇÃO DE ENZIMAS EM DIETAS DE POEDEIRAS COMERCIAIS EM POSTURA

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, para obtenção do título de “Doctor Scientiae”.

APROVADA: 10 de agosto de 2009



Prof. Horácio Santiago Rostagno  
Coorientador



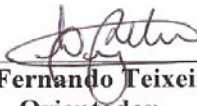
Prof. Sérgio Luiz de Toledo Barreto  
Coorientador



Dr. Marcelo Dias da Silva



Dra. Débora Cristine de Oliveira Carvalho



Prof. Luiz Fernando Teixeira Albino  
Orientador

*À minha Mãe pelo amor, dedicação,  
compreensão, incentivo e orações*

*Dedico*

*Aos meus familiares, em especial aos meus irmãos Mara e Marcos e  
aos queridos sobrinhos Ana Carolina, Sarah, Samara, Pedro e  
Gabriel, por fazerem meus dias mais felizes*

*Ofereço*

*“A coisa mais indispensável a um homem é reconhecer o uso que deve fazer do seu  
próprio conhecimento.” (Platão)*

## **AGRADECIMENTOS**

À Universidade Federal de Viçosa, à Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação e ao Departamento de Zootecnia, pela oportunidade de realização do curso.

Ao CNPq pela concessão da bolsa de estudos.

Ao professor Luiz Fernando Teixeira Albino, pela dedicada orientação, pelos ensinamentos, pelo estímulo e principalmente pela amizade.

Aos professores coorientadores Horácio Santiago Rostagno e Sérgio Luiz de Toledo Barreto, pelas sugestões e críticas na elaboração deste trabalho.

À Dra. Débora Cristine de Oliveira Carvalho e ao Dr. Marcelo Dias da Silva pela colaboração.

Aos amigos Anastácia, Claudson, Camila Souza, Carol Vecchi, Eliane Miss Cambray, Fernando, Fellipe, Guilherme, Kátia, Mauro Godoi, Renata Mara, Reinaldo, Rodrigo, Sandra, Tatiana, Thony e Vanilton Whale, pelo feliz convívio, pelo carinho e pela atenção nos momentos de necessidades.

Aos bolsistas e estagiários Andressa, Irineu, João Paulo, Lídia, Rodolfo, Rosana, Valdir, Wenderson, pela convivência e pelo apoio.

Aos funcionários da Seção de Avicultura-DZO, em especial, Adriano, Elísio, José Eudes, José Lino, Pedrinho e Sebastião.

Aos funcionários do Departamento de Zootecnia, Adilson, Celeste, Edson, Fernanda, Márcia, Mário, Raimundo, Rosana, Venâncio, Fernando e Vera pela competência e pelo carinho nos serviços prestados.

## **BIOGRAFIA**

MAURÍCIO TÁRCIO DOS SANTOS VIANA, filho de Saturnino José Viana e Avelina dos Santos Viana, nasceu em 27 de novembro de 1979, em Teixeira – MG.

Em 1999 iniciou o Curso de Zootecnia pela Universidade Federal de Viçosa, graduando-se em Janeiro de 2004.

No período de março de 2004 a fevereiro de 2006, atendeu ao curso de Mestrado em Zootecnia, da Universidade Federal de Viçosa, concentrando seus estudos na área de Nutrição de Monogástricos.

Em março de 2006, iniciou o Programa de Doutorado em Zootecnia, da Universidade Federal de Viçosa, concentrando seus estudos na área de Nutrição de Monogástricos.

Em agosto de 2009, submeteu-se à defesa de tese para obtenção do título de Doctor Scientiae.

## CONTEÚDO

<b>RESUMO .....</b>	<b>VII</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>X</b>
<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>13</b>
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA .....</b>	<b>17</b>
2.1. Uso de enzimas na nutrição animal.....	17
2.2. Fatores que influenciam a digestibilidade dos nutrientes .....	21
2.3. Fatores antinutricionais na alimentação de aves .....	23
2.3.1. Fitato.....	24
2.3.1.1. Efeito do fitato na disponibilidade dos nutrientes para aves.....	24
2.3.1.2. Fósforo fítico como agente poluidor .....	28
2.4. Importância da fitase na nutrição animal .....	29
2.4.1. Fatores que afetam a atividade da fitase .....	32
2.5. Polissacarídeos não amiláceos (pna).....	35
<b>3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>39</b>

<b>CAPITULO 1 - EFEITOS DA SUPLEMENTAÇÃO DE FITASE EM DIETAS SOBRE O METABOLISMO DE NUTRIENTES E O DESEMPENHO DE POEDEIRAS COMERCIAIS .....</b>	<b>50</b>
1. Introdução.....	50
2. Material e Métodos .....	54
3. Resultados e Discussão.....	59
4. Conclusão .....	68
5. Referências Bibliográficas.....	69
<b>CAPITULO 2 - UTILIZAÇÃO DE XILANASE EM DIETAS COMPOSTAS POR MILHO E FARELO DE SOJA DE POEDEIRAS COMERCIAIS EM POSTURA.....</b>	<b>72</b>
1. Introdução.....	72
2. Material e Métodos .....	76
3. Resultados e Discussão.....	81
4. Conclusão .....	87
5. Referências Bibliográficas.....	88
<b>CAPITULO 3 - EFEITOS DA ADIÇÃO DE COMPLEXO ENZIMÁTICO EM DIETAS DE POEDEIRAS COMERCIAIS EM POSTURA.....</b>	<b>91</b>
1. Introdução.....	91
2. Material e Métodos .....	95
3. Resultados e Discussão.....	100
4. Conclusão .....	107
5. Referências Bibliográficas.....	108
<b>APÊNDICE .....</b>	<b>110</b>
Capítulo 1.....	111
Capítulo 2.....	113
Capítulo 3.....	117

## RESUMO

VIANA, Maurício Tárzio dos Santos, D.Sc. Universidade Federal de Viçosa, agosto de 2009. **Suplementação de enzimas em dietas de poedeiras comerciais em postura.** Orientador: Luiz Fernando Teixeira Albino. Coorientadores: Horacio Santiago Rostagno e Sérgio Luiz de Toledo Barreto.

Três experimentos foram realizados com poedeiras *Bovans Goldline* na fase de produção. No primeiro experimento avaliou-se o efeito da adição da enzima fitase (*Quantum<sup>TM</sup> Fitase*) sobre o desempenho e o metabolismo de nutrientes das aves. Foram utilizadas 360 poedeiras, no período de 24 a 36 semanas de idade, distribuídas em um delineamento experimental inteiramente casualizado, com doze repetições de seis aves por unidade experimental e cinco tratamentos: T<sub>1</sub> = Controle Positivo (CP), T<sub>2</sub> = Controle Negativo (CN) com 0,15% de fósforo disponível, T<sub>3</sub> = CN + 200U de fitase, T<sub>4</sub> = CN + 400U de fitase, T<sub>5</sub> = CN + 600U de fitase. A dieta do controle positivo foi formulada seguindo as recomendações das Tabelas Brasileiras e a dieta do controle negativo foi calculada reduzindo os nutrientes de acordo com a matriz nutricional da enzima. Poedeiras alimentadas com a dieta do controle positivo apresentaram melhores valores para a massa de ovo (MO) e conversão alimentar por massa de ovo (CAMO) quando comparadas àquelas que receberam dietas do controle negativo. No entanto, com a adição da enzima fitase, a MO e a CAMO foram semelhantes aos encontrados na dieta do controle positivo e do controle negativo. Não foi observado efeito significativo para a conversão alimentar por



dúzia. Os parâmetros de componentes de ovo não foram influenciados pelos tratamentos, com exceção do peso da casca, que apresentou aumento com a suplementação de fitase nas dietas. Apesar do aumento do coeficiente de digestibilidade aparente da matéria seca em dietas suplementadas com 400U de fitase/kg, não se observou melhoria na retenção e na excreção de cálcio e de fósforo de poedeiras comerciais. No segundo experimento, avaliou-se o efeito da adição da enzima xilanase (*Econase XT25*) sobre o metabolismo de nutrientes e o desempenho de poedeiras no período de 24 a 48 semanas de idade. Foram utilizadas 288 poedeiras, distribuídas em um delineamento experimental inteiramente casualizado em arranjo fatorial 2 x 2 (dois níveis de energia metabolizável, sendo 2900 e 2755 kcal/kg X com ou sem adição da enzima xilanase), com doze repetições de seis aves por unidade experimental e quatro tratamentos: T<sub>1</sub> = Controle Positivo (CP), T<sub>2</sub> = Controle Negativo (CN), T<sub>3</sub> = CP + Xilanase (37,5 g/ton) e T<sub>4</sub> = CN + Xilanase (37,5 g/ton). As dietas do controle positivo e CP + Xilanase foram formuladas seguindo as recomendações das Tabelas Brasileiras (100% de energia metabolizável) enquanto que as dietas do controle negativo e CN + Xilanase foram calculadas reduzindo 5% da energia metabolizável. A adição da enzima xilanase ao controle negativo proporcionou produção de ovos e massa de ovos semelhante às poedeiras alimentadas com as dietas do controle positivo. A redução de 5% de energia metabolizável resultou na diminuição da produção de ovos, da massa de ovos, na piora da conversão alimentar e no aumento do consumo de ração. Os componentes de ovos não foram influenciados pelos tratamentos. Os valores médios da energia metabolizável aparente corrigida foram maiores em dietas com a maior energia metabolizável. A adição da enzima xilanase melhorou a utilização da energia e a produção de ovos em dietas de galinhas poedeiras. No terceiro experimento, objetivou-se verificar o efeito da adição do complexo enzimático (*Rovábio<sup>®</sup>Max*) sobre metabolismo de nutrientes e o desempenho de poedeiras. Foram utilizadas 216 poedeiras no período de 24 a 36 semanas de idade, distribuídas em delineamento experimental inteiramente casualizado, com doze repetições de seis aves por unidade experimental e três tratamentos: T<sub>1</sub> = Controle Positivo, T<sub>2</sub> = Controle Negativo (CN), T<sub>3</sub> = CN + Complexo Enzimático (100 g/ton). A dieta do controle positivo foi formulada seguindo as recomendações das Tabelas Brasileiras e a dieta do controle negativo foi calculada reduzindo os nutrientes presentes na matriz nutricional da enzima. Comparando as aves que receberam dietas do controle

positivo e do controle negativo, a adição do complexo enzimático nas dietas do controle negativo melhorou o percentual de postura e a conversão alimentar por dúzia. A redução dos níveis nutricionais das dietas resultou em menores valores de energia metabolizável aparente (EMA) e energia metabolizável aparente corrigida. A suplementação do complexo enzimático às dietas com menores níveis nutricionais melhorou os valores de EMA, resultando em valores similares aos apresentados pelas aves alimentadas com a dieta do controle positivo. Poedeiras alimentadas com a dieta do controle positivo apresentaram maiores ingestão, excreção e retenção de fósforo (mg/ave/dia); entretanto, houve maior retenção de fósforo (%) pelas aves que receberam dietas suplementadas com o complexo enzimático. A utilização do complexo enzimático mostrou-se eficiente em dietas para poedeiras pelo aumento exercido no percentual de postura, pela melhora da conversão alimentar por dúzia e pelo aumento nos valores de EMA e retenção de fósforo em dietas nutricionalmente deficientes.

## ABSTRACT

VIANA, Maurício Tércio dos Santos, D.Sc. Universidade Federal de Viçosa, August of 2009. **Effect of enzyme supplementation on performance and metabolism of commercial laying hens.** Adviser: Orientador: Luiz Fernando Teixeira Albino. Co-Advisers: Horacio Santiago Rostagno and Sérgio Luiz de Toledo Barreto.

Three experiments were developed with *Bovans Goldline* commercial layers, in the production period. In the one experiment was conducted with the objective to determine the effect of the addition of phytase enzyme on performance and metabolism of laying hens in the period from 24 to 36 weeks of age. Three hundred and sixty laying hens were used, allotted to a completely randomized design, with twelve replicates of six birds per unit and five experimental treatments: T<sub>1</sub> = Positive Control (PC), T<sub>2</sub> = Negative Control (NC by 0.15% phosphorus available), T<sub>3</sub> = NC + 200U of phytase, T<sub>4</sub> = NC + 400U of phytase, T<sub>5</sub> = NC + 600U of phytase. The positive control diet was formulated to contain adequate nutrient levels following the recommendations of the Brazilian Tables and the negative control diet was calculated reducing the nutrients in agreement to the nutritional matrix of the phytase enzyme. Hens fed with the control diet showed higher positive values for the egg mass (EM) and feed conversion by egg mass (FCEM) when compared to those that were fed with the negative control. However, with the addition of phytase, the FCEM and EM were similar to those found in the diets of positive control and negative control. There

was no significant effect for feed conversion per dozen. The parameters of components of eggs were not affected by treatments, except the eggshell weight, which showed an increase with the addition of phytase in the diets. Despite the increase of the apparent digestibility coefficient of dry matter in diets supplemented with 400U of phytase/kg, there was no improvement in retention and excretion of calcium and phosphorus of laying hens. In the second experiment, the effect of adding enzyme xylanase (*Econase XT25*) on metabolism of nutrients and performance and metabolism of laying hens in the period from 24 to 48 weeks of age was evaluated. Two hundred and eighty-eight laying hens were used, allotted in a completely randomized design with a 2x2 factorial arrangement (two levels of metabolizable energy, being 2900 and 2755 kcal/kg X with or without addition of enzyme xylanase), with twelve replicates of six birds per unit and four experimental treatments: T<sub>1</sub> = Positive Control (PC), T<sub>2</sub> = Negative Control (NC), T<sub>3</sub> = PC + Xylanase (37.5 g/ton) and T<sub>4</sub> = NC + Xylanase (37.5 g/ton). Diets in the positive control and PC + Xylanase treatments were formulated to contain adequate nutrient levels (100% metabolizable energy level) following the recommendations of the Brazilian Tables. Diets of negative control and NC + Xilanase treatments were calculated with 5% reduction in metabolizable energy. The addition of enzyme xylanase to the negative control diet resulted in layers with egg production and egg mass similar to the layers fed with the positive control diet. The 5% reduction of metabolizable energy resulted in lower egg production, egg mass, worst feed conversion and higher feed intake. The eggs components were not affected by treatments. The average values of corrected apparent metabolizable energy were higher on diets with increased metabolizable energy. The addition of enzyme xylanase provided improvement of the energy use and eggs production of laying hens. The third experiment was made to verify the effect of adding the enzymatic complex (*Rovábio<sup>®</sup>Max*) on performance and metabolism of laying hens in the period from 24 to 36 weeks of age. Two hundred and sixteen laying hens were used, allotted to a completely randomized design, with twelve replicates of six birds per unit and three experimental treatments: T<sub>1</sub> = Positive Control (PC), T<sub>2</sub> = Negative Control (NC), T<sub>3</sub> = NC + enzymatic complex (100 g/ton). The positive control diets were formulated to contain adequate nutrient levels following the recommendations of the Brazilian Tables. Diets of negative control and NC + enzymatic complex were calculated reducing the nutrients present in the nutritional matrix of the

enzyme complex evaluated. When hens fed with the negative and positive control diets were compared, the addition of enzymatic complex to the negative control diet improved hen-day egg production and feed:gain ratio (Kg/Dz). The reduction in the levels of nutritional diets resulted in lower values of apparent metabolizable energy and corrected apparent metabolizable energy. The supplementation of the enzymatic complex to diets with lower levels improved the nutritional values of metabolizable energy, resulting in values similar to those presented by the hens fed with the positive control diet. Layers fed with the positive control diet showed higher phosphorus intake, excretion and retention (mg/bird/day); however, there was greater retention of phosphorus (%) by birds that received supplemented diets with the enzymatic complex. The use of the enzymatic complex was efficient in laying hens diets for the increase in the percentage of egg production, improved feed conversion per dozen and the increase in AME and retention of phosphorus in diets nutritionally deficient.

## INTRODUÇÃO

A avicultura de postura tem evoluído muito nos últimos anos, e como segmento importante na produção de alimento humano de alto valor biológico, tem se adequado às técnicas que possibilitam a melhoria da eficiência de produção das aves. A alimentação dessas aves representa a maior fração do custo de produção e, pequenas melhorias na eficiência de utilização dos nutrientes das dietas podem resultar em grandes economias.

A melhora da capacidade digestiva das aves pelo uso de enzimas suplementares apresenta-se como uma alternativa séria para não só melhorar o desempenho animal, mas também como forma de reduzir a quantidade de nutrientes excretados que são considerados contaminantes do ambiente de produção.

Os cereais, de forma geral, apresentam estrutura complexa, composta de um grande número de células rodeadas por paredes celulares que apreendem o amido, a proteína e as gorduras. Assim, a ação enzimática diminui as perdas de nutrientes nas fezes e possibilita maior digestibilidade de nutrientes da dieta.

Na Europa, as principais fontes energéticas em rações de aves e de suínos são provenientes do trigo e da cevada. Esses grãos possuem baixa disponibilidade de energia e são ricos em polissacarídeos não amiláceos, os quais aumentam a viscosidade intestinal prejudicando a digestão e a absorção dos nutrientes. A utilização de enzimas específicas em dietas contendo esses tipos de alimentos tem melhorado a eficiência de produção das aves

pela melhoria da digestão e a redução de nutrientes excretados, possibilitando reduzir os níveis nutricionais com vantagens econômicas e ambientais.

No Brasil, porém, as dietas para monogástricos são à base de milho e de farelo de soja, considerados alimentos de excelente digestibilidade e disponibilidade de aminoácidos.

Segundo Bertechini (2007), o milho é um alimento energético que possui 9% de polissacarídeos não-amiláceos com predominância dos arabinosilanos e aproximadamente 0,99% de ácido fítico; enquanto que, o farelo de soja é um alimento protéico com 30% de polissacarídeos não-amiláceos com predominância de polímeros complexos, de digestibilidade nula, não sendo utilizado pelo organismo de aves jovens e com aproximadamente 1,6% de fitato.

A energia metabolizável do farelo de soja é baixa em relação à sua energia bruta, devido, principalmente, à presença de rafinose e celobiose na sua constituição. Segundo Brenes et al. (1996), a soja contém entre 0,5% a 1,5% de rafinose e 3,5% a 5,5% de estaquiose. Os autores afirmam que estes oligossacarídeos não podem ser metabolizados pelas aves, tendo como consequência, baixo valor de energia metabolizável.

Assim, o alto conteúdo de polissacarídeos não amiláceos do farelo de soja tem sido responsável pelo diferencial de energia bruta e metabolizável deste ingrediente para aves. A maior concentração de  $\alpha$ -galactosídeos indica maior possibilidade do uso das  $\alpha$ -galactosidasas para este ingrediente (Bertechini, 2007).

Levando em consideração que a soja contribui com mais de 70% da proteína em dietas avícolas, a suplementação com enzimas pode ser uma excelente ferramenta para um melhor aproveitamento desse ingrediente e, conseqüentemente, aumento dos lucros da atividade (Murakami et al., 2007).

A maior parte do fósforo presente nos alimentos vegetais está na forma de fitato, que não é absorvida diretamente pelo organismo da ave. Assim, nas formulações de rações para aves, o fornecimento de fósforo disponível pelas fontes de origem vegetal não é suficiente para atender as exigências nutricionais a fim de proporcionar adequado desempenho, havendo a necessidade de suplementação com fontes de fósforo na forma inorgânica, que geralmente apresentam diferentes valores de disponibilidade biológica (Rostagno & Silva, 1998).

A suplementação de fósforo representa o terceiro maior custo nas rações de aves, ficando atrás apenas da proteína e energia; além disso, o fósforo é um mineral não renovável na natureza e, em longo prazo, as fontes de fósforo inorgânico disponíveis estarão esgotadas (Penz Jr., 1998).

O fósforo é um mineral altamente relacionado com a produção e a qualidade dos ovos, por participar de funções metabólicas essenciais no organismo. Por ser de alto custo e pela sua importância fisiológica, é um elemento que requer atenção especial na sua suplementação.

Os avanços da biotecnologia mundial têm dado importantes contribuições para a nutrição animal; dentre os produtos dessa tecnologia, as enzimas exógenas são destaques e têm sido desenvolvidas com finalidades específicas de auxiliar no processo de aproveitamento de nutrientes pelos animais monogástricos, em especial.

As enzimas são utilizadas em rações desde a década de 1940. Entretanto, esses microingredientes apresentam limitações como o elevado custo, a disponibilidade limitada, a estabilidade operacional e a necessidade do uso de coenzimas, que são frequentemente derivadas de vitaminas. Com relação aos custos de produção das enzimas, atualmente as técnicas de biologia molecular têm tornado o seu uso economicamente viável.

A produção das enzimas exógenas digestivas consiste em um processo de fermentação, que é consequência da aplicação do inócuo (levedura) previamente preparado em laboratório sobre um substrato, sob condições ideais de ambiente que permitam o processo fermentativo. Ao final deste processo é realizada uma separação da biomassa com um posterior resfriamento, centrifugação e concentração. Por fim, são realizados as etapas de filtração, padronização e controle de qualidade conforme a apresentação do produto: comercial, líquido ou sólido (Cowan, 1993).

As enzimas também são consideradas como uma forma de reduzir a contaminação ambiental com nutrientes nas excretas, tais como o fósforo, nitrogênio, cobre e zinco. Além disso, existe preocupação cada vez maior com a adição de aditivos antimicrobianos nas rações. A utilização de enzimas seria, portanto, uma alternativa para substituir o uso de antimicrobianos, com o objetivo de aumentar a digestibilidade dos alimentos e melhorar o desempenho das aves.



Portanto, as enzimas são excelentes alternativas para reduzir os custos de produção de ovos, uma vez que há melhora significativa na digestibilidade dos alimentos, permitindo alterações nas formulações das rações de forma a minimizar o custo e maximizando o uso de ingredientes energéticos e protéicos nas rações.

Objetivou-se com o presente trabalho avaliar os efeitos da adição de enzimas exógenas, em dietas compostas por milho e farelo de soja, sobre o metabolismo de nutrientes e o desempenho de poedeiras comerciais na fase de produção.

## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1. Uso de enzimas na nutrição animal**

O desenvolvimento biotecnológico alcançado até este século, permitiu que se desenvolvessem enzimas altamente especializadas e com objetivos importantes na nutrição animal para complementação das enzimas digestivas endógenas produzidas no trato digestório dos animais.

As enzimas são proteínas especiais produzidas dentro das células dos organismos vivos, envolvidas em muitos dos processos naturais. Servem para auxiliar a digestão, rearranjar moléculas, processar nutrientes, produzir energia, dar destino a produtos residuais e apresentam grande especificidade. Segundo Penz Júnior (1998), as enzimas são proteínas in natura purificadas e facilmente biodegradadas, não existindo restrição ao seu uso como micro ingrediente nas dietas.

As enzimas digestivas são substratos dependentes, ou seja, a secreção enzimática é ativada pela presença do substrato. Este fenômeno ocorre em todos os animais, mas existem enzimas que não são secretadas mesmo na presença de substrato (celulolase, hemicelulase, pentonase,  $\beta$ -glucanase, xilanase, galactosidase e fitase), pois o código genético das aves não dispõe da indicação para sua síntese.

De acordo com Rotter (1990), enzimas são proteínas que catalisam as reações químicas nos sistemas biológicos, podendo conter outras substâncias tais como vitaminas e minerais.

O uso de enzimas nas dietas das aves e de outros animais domésticos, melhora a digestibilidade e disponibilidade de certos nutrientes para os animais, principalmente o fósforo, nitrogênio, cálcio, cobre e zinco, diminuindo sua presença nas fezes e, conseqüentemente, o seu potencial de poluente do meio ambiente (Revista Alimentação Animal, 2007).

Segundo Sheppy (2001) existem quatro principais razões para a utilização de enzimas na nutrição animal:

- Anular o efeito anti-nutricional presente em alguns alimentos, pois estas substâncias não são susceptíveis à ação de enzimas endógenas, e podem interferir na digestão normal dos alimentos, prejudicar o desenvolvimento do animal e causar distúrbios digestíveis;
- Aumentar a disponibilidade de proteínas e de minerais que estão inacessíveis ao animal, pois estão protegidas pelas paredes celulares de fibras com baixa digestibilidade, ou estão sob formas químicas que não permitem o seu aproveitamento;
- Quebrar ligações químicas específicas que não permitem às enzimas digestivas endógenas disponibilizarem determinados nutrientes que seriam eliminados nas excretas;
- Auxiliar animais jovens, que devido a imaturidade do sistema digestivo, podem apresentar produção enzimática endógena inadequada.

De acordo com Classen & Bedford (1991), a estrutura molecular das enzimas é bastante frágil e pode ser desnaturada pelo calor, ácidos, vitaminas, minerais, metais pesados e por agentes oxidantes, a maioria encontrada nos premixes. Por essa razão, existe a preocupação de que as enzimas utilizadas na alimentação animal possam manter nível de atividade suficiente para se obter respostas significativas.

Um fator que contribui para a atividade das enzimas inclui os íons metálicos. Algumas enzimas são classificadas como metal-enzimas e exigem íons metais para sua atividade e estabilidade. Sabe-se que as proteases neutras exigem o zinco, enquanto as amilases bacterianas o cálcio. Outros íons metálicos podem ter propriedades inibidoras

significativas para muitas enzimas. O chumbo e íons de cobre são altamente inibidores para  $\alpha$ -amilase fúngica enquanto o zinco, o níquel e os íons ferrosos afetam apenas levemente a sua atividade.

Em geral, o nível de atividade enzimática é mantido durante três meses em produtos líquidos e por seis meses na forma em pó, quando estocados em temperatura inferior a 25°C. Segundo Cowan (1993), quando a enzima se encontra misturada à dieta, sua atividade pode ser mantida por, no mínimo, três meses a 25°C.

Além disso, de acordo com Classen & Bedford (1991), durante o seu processamento, realiza-se uma prévia seleção de cepas produtoras de enzimas mais resistentes às condições adversas do trato digestivo das aves ou são incorporados genes responsáveis pela produção de fitase resistentes às condições de temperaturas mais elevadas, provenientes de alguns microrganismos, como fungos ou bactérias, para serem produzidos industrialmente.

Os primeiros relatos do uso de enzimas em dietas de aves datam de 1958 quando alguns cientistas descobriram que grãos umedecidos apresentavam melhoria no seu aproveitamento. Inicialmente, as enzimas eram utilizadas em rações contendo ingredientes com alta quantidade de polissacarídeos não amiláceos, entretanto, pesquisadores têm demonstrado a possibilidade de utilização de complexos enzimáticos em rações à base de cereais com baixa viscosidade (milho, sorgo e farelo de soja), objetivando aumentar a utilização do amido e da proteína (Fialho, 2003).

Atualmente, já é realidade, no Brasil, a utilização de vários complexos enzimáticos derivados de fermentação microbiana para dietas de baixa viscosidade, à base de milho e de farelo de soja.

As técnicas de biologia molecular tornaram o uso de enzimas exógenas economicamente viável, com isso sua utilização nas dietas avícolas tem sido considerada uma alternativa para redução de custos e aumento da eficiência da produção. Elas são produzidas em escala comercial por meio de culturas aeróbias, derivadas da fermentação de microrganismos, principalmente as culturas fúngicas, bacterianas e leveduras (Broz et al., 1994). Este processo envolve fermentação, extração, separação e purificação do produto.

O grau de melhora a ser obtido pela adição de enzimas à dieta depende de vários fatores, como o tipo e a quantidade de cereal, o nível do fator antinutricional presente nessa dieta, o espectro e a concentração das enzimas utilizadas, a espécie (aves respondem

melhor à inclusão de enzimas na dieta que suínos) e a idade do animal (animais jovens são mais responsivos ao tratamento com enzimas que os mais velhos) (Marquardt, 1997).

Dentre as enzimas que degradam polissacarídeos não amiláceos, as mais usadas comercialmente em todo mundo são as xilanases e glucanases. Os benefícios econômicos de xilanase e/ou glucanase em termos de melhoria de desempenho são bastante conhecidos.

A enzima xilanase é sintetizada a partir do *Trichoderma longibrachiatum* e atua rompendo as paredes celulares da fibra para liberar os xilo-oligômeros. A degradação das paredes celulares dos cereais permite maximização da ação enzimática endógena do animal sobre a degradação de amido, de gordura e de proteína, aumentando sua digestibilidade.

Uma das principais características desta enzima é o seu perfil amplo de atuação (pH 3,5-6,5), o que permite a ela agir do início do trato gastrointestinal até a digestão no final do íleo (Zanella, 1998).

Os benefícios do uso das glucanases em aves alimentadas com cereais viscosos incluem a redução da quantidade de excretas eliminadas para o meio, bem como a diminuição dos problemas associados às fezes úmidas, como ovos sujos, produção de gases elevada (amônia) e presença de moscas e roedores nas instalações (Choct et al., 2004).

A suplementação isolada de glucanase não resolve os problemas associados com os níveis de fósforo nas excretas de aves e suínos, levando então ao desenvolvimento da fitase, que age aumentando a utilização do fósforo fítico e, conseqüentemente, reduzindo a excreção de fósforo orgânico para o meio ambiente. A fitase aumenta a digestibilidade do fitato de 25% para 50 a 70% em aves e seu uso tem aumentado desde a proibição da utilização de proteína animal na alimentação, como carne e farinha de carne (Choct et al., 2004).

Mathlouthi et al. (2003) obtiveram, *in vitro*, diminuição da viscosidade dos grãos de trigo, centeio, milho e soja com o uso de uma combinação de xilanase e  $\beta$ -glucanase. Esse efeito positivo, segundo os autores, foi o responsável pela melhora no índice de conversão alimentar das poedeiras que receberam dietas suplementadas com essas enzimas.

A viscosidade é diretamente proporcional à umidade das excretas, haja vista os polissacarídeos não amiláceos, segundo Opalinski et al. (2006), aumentam o poder hidrocópico de alguns tipos de fibras. Uma redução no índice de umidade das excretas das

aves é percebida quando as glucanases, principalmente, são incluídas nas dietas (Choct, 2001).

Choct et al. (2004) reportaram diferenças na capacidade de redução da umidade da excreta entre diferentes tipos de xilanases adicionadas em dietas de frangos à base de trigo, sendo denominadas xilanases A, B e C, com afinidade por polissacarídeos não amiláceos solúveis e insolúveis, PNA insolúveis e PNA solúveis, respectivamente. A xilanase A reduziu de 77% para 73% a umidade da excreta, enquanto as xilanases B e C reduziram a umidade somente para 75 e 75,5%, respectivamente.

Penz Jr. (1998), comenta que a suplementação de enzimas exógenas pode aumentar a eficiência de ação das enzimas endógenas, reduzindo a quantidade de resíduos nutricionais que chegam ao intestino grosso e diminuindo a possibilidade de ação dos microrganismos naquela área do aparelho digestivo.

Trabalhos recentes têm demonstrado que o uso de combinações de enzimas, como amilases e proteases estão sendo utilizadas efetivamente em dietas de milho e de soja. Kidd et al. (2001) avaliaram que dietas à base de milho e de farelo de soja, suplementadas com enzimas, proporcionaram melhor eficiência alimentar e menor mortalidade de frangos de corte, especialmente em condições de alta temperatura.

Ghazi et al. (2002) e Kocher et al. (2002), demonstraram os efeitos benéficos do uso das enzimas nos valores de energia metabolizável e na digestibilidade dos polissacarídeos não amiláceos em dietas compostas por soja.

Portanto, a suplementação das enzimas em dietas para aves e suínos estimula a produção das enzimas endógenas, importante para melhorar a digestibilidade dos alimentos, além de favorecer a utilização dos ingredientes alternativos, os quais possuem restrições nas formulações de rações destinadas às fases iniciais.

## **2.2. Fatores que influenciam a digestibilidade dos nutrientes**

Os nutrientes presentes nos alimentos, determinados por meio da análise química, não são totalmente disponíveis para os animais. O desempenho destes animais é dependente

da disponibilidade dos nutrientes e da intensidade com que podem ser absorvidos e utilizados (Torres, 2003).

De acordo com Belford (1996a), nutriente é disponível se puder ser usado para as funções metabólicas do organismo ao chegar ao tecido vivo do animal. O seu perfeito aproveitamento depende de diversos fatores, inclusive de seus valores de digestibilidade.

Com exceção dos aminoácidos industriais, os demais nutrientes não são totalmente digeridos e absorvidos, e as diferenças podem ocorrer mesmo entre diferentes amostras de um mesmo ingrediente. Estas diferenças podem ser devidas ao conteúdo em fibras de substâncias antinutricionais como antitripsinas e lectinas, de polissacarídeos não amiláceos e de ácido fítico, bem como ao tratamento térmico dado ao ingrediente ou à presença de um nutriente em forma menos digestível (amilose x amilopectina).

Alguns alimentos apresentam maior ou menor disponibilidade de nutrientes, podendo haver variação considerável. A disponibilidade deveria ser uma característica do alimento no qual ele está contido, independente do animal que irá consumi-lo. Porém, há algumas interações animal/alimento que não podem ser ignoradas, pois influem na disponibilidade dos nutrientes (Albino, 1991).

Dentre as causas de variações na disponibilidade de nutrientes entre os animais está a atividade microbiana no lúmen do intestino, a ação das enzimas endógenas dos animais, a taxa de passagem do alimento pelo trato digestivo, a espécie, a raça, a linhagem, a idade, o peso, o consumo de ração e de água e a saúde dos animais.

Segundo Misir & Sauer (1982), a digestibilidade aparente pode ser superestimada quando o amido é altamente digestível e subestimada quando o amido é menos digestível. Portanto, a fonte de carboidratos incluída na dieta é um dos fatores que influenciam a digestibilidade aparente, uma vez que a utilização de fibra na dieta proporcionará maior energia disponível para os microrganismos no intestino grosso.

Bedford & Morgan (1996) afirmam que as aves não possuem capacidade de produzir enzimas digestivas necessárias à digestão da fibra, presente na maioria dos alimentos. A fibra atuaria dificultando a digestão, impedindo a atuação das enzimas endógenas sobre os alimentos para digerí-los.

### **2.3. Fatores antinutricionais na alimentação de aves**

Atualmente, a alimentação de aves consiste de dois ou três ingredientes que compõem mais de 90% da ração completa. A fonte de energia mais usada é o milho e a de proteína é o farelo de soja, podendo ser usados também subprodutos da indústria.

Cada um desses ingredientes possui quantidades variadas de fatores antinutricionais. Sua concentração na ração é mínima se o alimento incluído ocorrer em pequenas quantidades. Porém, são consideradas altas porque um desses ingredientes usados na ração pode alcançar facilmente uma taxa de inclusão superior a 60% (Cousins, 1999).

Para as plantas, alguns destes fatores antinutricionais funcionam como proteção natural ao ataques de fungos, bactérias, insetos e pássaros. Há indicações que os efeitos desses fatores provocam distúrbios digestivos nos microrganismos e insetos atuando de modo similar em aves e suínos. A eficiência de utilização dos nutrientes contidos nos alimentos está diretamente ligada à possibilidade da inativação dos fatores antinutricionais, proporcionando ainda, menor poluição ambiental e redução no custo de produção.

As propriedades dos fatores antinutricionais dependem do anti-nutriente em questão e sua concentração na formulação final da ração. Por definição, fatores antinutricionais são aqueles gerados em alimentos in natura pelo metabolismo normal da espécie da qual o material se origina e por mecanismos diferentes (decomposição ou inativação de alguns nutrientes, diminuição da utilização digestiva ou metabólica do alimento) no qual exerce efeitos contrários a nutrição adequada.

Fatores antinutricionais não são tóxicos para os animais, mas sua presença no alimento resulta em crescimento reduzido, piora na conversão alimentar, alterações hormonais e esporádicas lesões nos órgãos.

Para a maioria dos fatores antinutricionais conhecidos às propriedades físico-químicas e o modo de ação são conhecidos. Baseado neste conhecimento é claro que qualquer atividade para reduzir a quantidade de fatores antinutricionais irá afetar o desempenho do animal. Além dos tratamentos durante o processamento da matéria prima, as enzimas atuam na eliminação de efeitos negativos dos fatores antinutricionais.

Geralmente as rações para aves são constituídas em sua maior parte por alimentos de origem vegetal, portanto o fitato pode ser considerado como um dos principais fatores



antinutricionais para animais monogástricos, principalmente, pelo fato desses não apresentarem fitase endógena suficiente para a disponibilização do fósforo fítico e outros nutrientes complexados ao ácido fítico, o que poderá ser refletido no desempenho animal.

Devido a essas propriedades e ao fato de que os animais monogástricos possuem baixo nível de fitase intestinal, o fitato presente nos constituintes da dieta de não-ruminantes, tem sido considerado como um fator antinutricional (Cherry & Fidantsef, 2003).

No caso da soja, uma grande quantidade de carboidratos não amiláceos, como os  $\alpha$ -galactosídeos, não são hidrolisados no intestino devido à falta da enzima responsável por esta hidrólise (Brenes, 1992). Os  $\alpha$ -galactosídeos estão relacionados à redução da digestibilidade da fibra, maior tempo de trânsito da digesta e à redução da energia metabolizável verdadeira corrigida do farelo de soja (Coon et al., 1990).

### **2.3.1. Fitato**

#### **2.3.1.1. Efeito do fitato na disponibilidade dos nutrientes para aves**

Ja é bem conhecido que quantidades consideráveis de alguns nutrientes na ração não são utilizados e nem absorvidos pelas aves. Entre outros fatores, a disponibilidade de nutrientes pode ser influenciada pela formação de complexos naturais destes agentes. Este é particularmente o caso de cereais, sementes de oleaginosas e legumes que contem fitatos. Conhecidos também como ácido fítico, o fitato é um complexo orgânico de armazenagem de fósforo nas plantas.

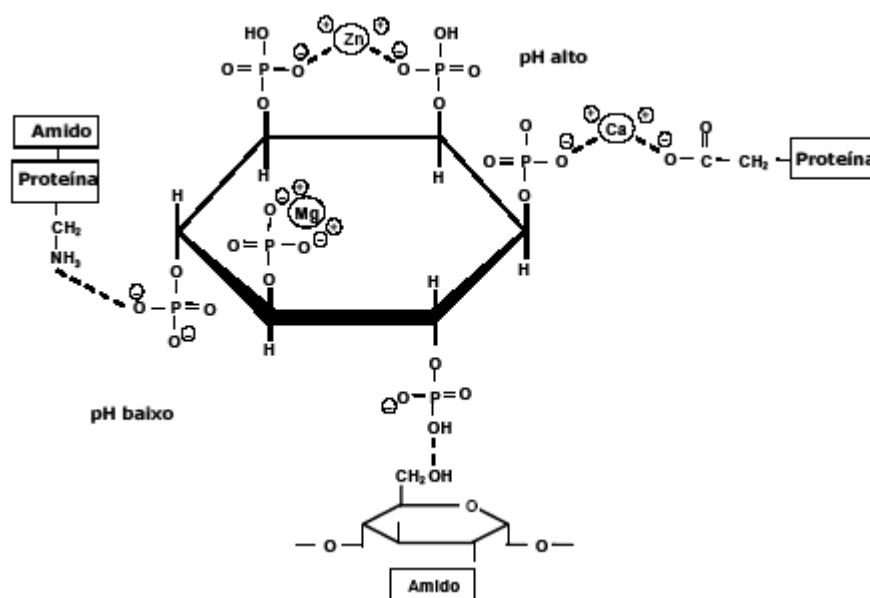
De acordo com Consuegro (1999), o ácido fítico é um complexo orgânico que ocorre em abundância nos grãos de cereais e oleaginosas, e sua principal função fisiológica nos vegetais é o armazenamento de nutrientes, principalmente de fósforo, que serão liberados pela ação de fitases endógenas à medida que ocorre a germinação. Em média, 70% do fósforo total contido nos grãos de cereais e oleaginosas estão sobre a forma de fitato.

Segundo Lenhninger (1994), fósforo fítico é a denominação dada ao fósforo que faz parte da molécula do ácido fítico ou hexafosfato de inositol, o qual é encontrado somente nos vegetais. Entretanto, devido à inespecificidade da molécula do ácido fítico, numerosos hexafosfatos de inositol podem ser encontrados na natureza, resultando em grande variedade de compostos (Munaro, 1996b).

A quantidade de fitato é variável em função da espécie, idade e estágio de maturação, cultivar, clima, disponibilidade de água, grau de processamento e quantidade de fósforo no solo, o qual a planta absorve e armazena complexando-o com o inositol para formar o ácido fítico (Asada & Kasai, 1962). O milho, por exemplo, possui 65,6% a 67%, o farelo de soja, 58% a 60,6% e o farelo de arroz, 81,2% a 86% do fósforo total contido no alimento (Borges, 1997). Segundo Rostagno & Silva (1998), a quantidade de fósforo fítico varia entre 45% e 86% do total do fósforo presente no alimento.

O ácido fítico é uma estrutura de baixo peso molecular, formada por seis grupos fosfatos ligados a uma molécula com seis carbonos. Segundo Silva (2004), em pH neutro cada grupo fosfato apresenta um ou dois átomos de oxigênio carregados negativamente, conseqüentemente, vários cátions podem ser fortemente quelatados entre dois grupos fosfatos ou fracamente com um grupo fosfato. Estes cátions, uma vez ligados à molécula do ácido fítico, tornam-se indisponíveis para serem absorvidos no intestino de aves e suínos.

O ácido fítico é um ânion reativo que pode formar sais com minerais (Ca, Zn, Mg, Mn, Cu, Co e Fe) e complexos com proteínas, aminoácidos e enzimas endógenas, uma vez que todas as enzimas são proteínas. A interação entre ácido fítico e proteínas aparentemente se dá por uma ligação iônica, na qual depende das condições de pH, sendo este um fator importante na determinação da solubilidade final entre ácido fítico e proteína (Figura 1).



**Figura 1.** Ilustração de uma molécula de ácido fítico interagindo com minerais, proteínas e amido, conforme as condições de pH no trato gastrointestinal da ave

As cargas negativas da molécula de ácido fítico, em pH ácido ou neutro, reagem com as cargas positivas de alguns aminoácidos, tais como lisina, arginina, histidina, das moléculas de proteínas, incluindo as proteases, ligações essas que reduzem a disponibilidade dos aminoácidos. Sob condições básicas o fitato forma complexo com proteína na presença de cations divalentes. Estes cations (Ca, Mg, Zn) agem como uma ponte entre o grupo carboxila carregado negativamente e o fitato (Cousins, 1999).

Penz Jr. (1998) relacionou o efeito negativo do ácido fítico sobre a digestibilidade de aminoácidos, a disponibilidade do fósforo e um comprometimento na absorção de cálcio e de outros microminerais (cobre e zinco, por exemplo), o que acarreta maior excreção destes nutrientes, afetando o ambiente.

Os fitatos também são conhecidos por inibir várias enzimas digestivas endógenas como pepsina, amilase ou tripsina (Thompson & Yoon, 1984). Estes efeitos são devidos provavelmente a natureza inespecífica dos complexos fitato-proteína ou a inibição devido ao efeito quelante dos íons de Ca necessários para a atividade destas enzimas endógenas.

Para maior solubilização do fitato, é necessário manter os níveis de fósforo e de cálcio inorgânicos nos limites mínimos necessários (Mitchell & Edwards Jr., 1996a),

indicando que os níveis destes minerais devem ser reduzidos, quando a fitase for empregada durante a formulação (Ballam et al., 1984).

Uma alta proporção molar de cálcio e de fósforo na dieta pode levar à formação de complexos cálcio-fitado altamente insolúveis, fazendo com que a molécula de fitato se torne inacessível à fitase. A aparente inatividade da fitase em dietas ricas em cálcio pode ser explicada pela presença desses complexos cálcio-fitado, e não através da inibição direta da enzima pelo íon cálcio.

Aves consumindo rações com baixos níveis de fósforo e de cálcios inorgânicos apresentam maior capacidade para hidrolisar o fitato do que aquelas que recebem níveis altos (Denbow et al., 1995). A relação cálcio/fósforo influencia a atividade da fitase, que é reduzida com a elevação do nível de cálcio da ração (Qian et al., 1997). Em dietas práticas suplementadas com fitase, esta relação parece mais crítica do que quantidades individuais destes minerais.

A elevação da proporção de cálcio/ fósforo reduz significativamente o desempenho de frangos em dietas compostas por milho e farelo de soja, suplementadas com fitase (Leeson, 1999), provavelmente devido à reação do cálcio com o ácido fítico, formando o fitato de cálcio, que precipita e não pode ser hidrolisado pela fitase. Ao centrifugar o conteúdo intestinal de frangos de corte que consumiram rações com alto nível de cálcio (acima de 1,53%), Shafey et al. (1991) verificaram que 70 a 92% do cálcio, do ferro, do magnésio e do zinco estavam na forma insolúvel e sugerem que a elevação do pH intestinal, em função da elevação do nível de cálcio, reduz a fração solúvel de minerais e a sua disponibilidade para absorção.

De acordo com Kristensen et al. (2006), o fitato atua como um dos principais fatores que inibem absorção do zinco, devido à formação de complexos insolúveis (fitato-cálcio-zinco) na região superior do trato gastrointestinal, reduzindo assim, a sua biodisponibilidade.

Segundo Sandberg et al. (1993) o pH gastrintestinal facilita a formação de complexos de fitato com íons metálicos tornando-os insolúveis e indisponíveis para absorção pelos animais monogástricos. Assim, uma relação inversa existe entre o nível de ácido de fítico da dieta e a biodisponibilidade de zinco.

Nesse sentido, o ácido fítico influencia negativamente a digestão de nutrientes, diminuindo a energia metabolizável da ração. A diminuição no aproveitamento de nutrientes resulta em diminuição do crescimento, hipoglicemia e/ou danos aos tecidos animais (Laurentiz, 2005).

### **2.3.1.2. Fósforo fítico como agente poluidor**

Outro fator importante, além do fósforo estar relacionado a problemas econômicos, também está relacionado a problemas ambientais. Somente cerca de um terço do fósforo total presente nos alimentos utilizados na formulação das rações está disponível para aves (Costa et al., 2007). Assim, a lixiviação do fósforo a partir de excretas de aves e outros animais domésticos para a água de superfície e lençóis freáticos, gera um grave problema de poluição ambiental que pode ser minimizado com o uso de uma enzima fitase.

A poluição ambiental é definida como a contaminação por venenos, substâncias produzidas pelo homem, produção animal e outros organismos (Williams et al., 1995).

De acordo com Sebastian et al. (1998), em vários países, a legislação tem forçado a indústria de rações a buscar alternativas que tornem o fósforo fítico mais disponível aos animais. De fato a utilização de fitases para extrair o fósforo vegetal e disponibilizá-lo aos animais torna mais barata a suplementação de fósforo na dieta, além de diminuir a contaminação ambiental.

Segundo Syers et al. (1973), o fósforo e o nitrogênio são considerados elementos limitantes para o crescimento de plantas aquáticas. Quando encontrados em excesso nos afluentes, provocam a aceleração do processo natural de eutrofização, resultando em marcada deterioração da qualidade da água fresca. Isto provoca um crescimento exagerado de matéria orgânica que ao sofrer degradação provoca um aumento muito grande na demanda bioquímica de oxigênio (DBO) que será necessário para oxidar toda matéria presente na água. De fato a DBO elevada diminui o oxigênio presente na água causando alterações no meio como, por exemplo, a morte de peixes.

Apesar de, no Brasil, a excreção de fósforo ainda não ser problema ambiental, devido aos baixos níveis deste mineral encontrados nos solos brasileiros, várias pesquisas têm sido realizadas com a adição de enzimas exógenas em ração de aves, a qual atua na

catalase do ácido fítico, liberando o fósforo e outros nutrientes, tornando-os disponíveis ao metabolismo celular e, com isso, reduzindo o impacto ambiental provocado pela excreção deste nutriente.

Frente ao exposto, nos últimos anos diversos trabalhos têm demonstrado a eficácia da enzima fitase microbiana sobre a disponibilidade do fósforo em dietas formuladas com baixos níveis de fósforo disponível, principalmente, à base de milho e farelo de soja, reduzindo as exigências de fósforo não fítico, conseqüentemente, reduzindo a excreção de fósforo; estudos estes com frangos de corte (Dilger et al., 2004; Rutherford et al., 2004; Snow et al., 2004), suínos (Young et al., 1993) e poedeiras (Jalal & Scheideler, 2001; Keshavarz, 2003 e Lim et al., 2003).

Desse modo, reduzir a suplementação de fósforo inorgânico e aumentar o uso do fósforo fítico pelo animal, através do uso da enzima fitase, proporciona redução significativa dos custos de alimentação e pode resultar na diminuição de 20 a 30% na excreção do fósforo (Simons et al., 1990).

Portanto, a poluição ambiental causada pela excreção fecal de nitrogênio e fósforo, pode se dar em maior ou menor grau, dependendo da capacidade de utilização desses nutrientes, pelos animais, que é melhorada com a adição de enzimas exógenas em dietas (Campestrini et al., 2005). Essa discussão está amplamente divulgada atualmente, haja vista a busca por reduzir os impactos ambientais, principalmente em regiões com grande produção de aves.

#### **2.4. Importância da fitase na nutrição animal**

A fitase ou mio-inositol hexaquisfosfato fosfohidrolase é uma enzima pertencente ao grupo das fosfatases de histidina ácida que hidrolisa o fitato para mio-inositol e ácido ortofosfórico, necessário ao processo metabólico na biosíntese celular (Pandey et al., 2001). Há dois tipos de fitase, a mio-inositol hexaquisfosfato 3-fosfohidrolase, denominada 3-fitase e a mio-inositol hexaquisfosfato 6-fosfohidrolase, denominada 6-fitase ou fitato 6-fosfatase (Vohara & Satyanarayana, 2003).

A fitase é uma enzima pertencente ao grupo das fosfatases ácidas produzida por fungos, bactérias e leveduras que catalisa a clivagem hidrolítica dos ésteres de ácido fosfórico do inositol, liberando fósforo, que pode então ser absorvido. Assim, outros minerais e aminoácidos que estão ligados também podem tornar-se disponíveis para absorção (Bartnik & Szafranska, 1987).

Segundo Casey & Walsh (2003), o pH ótimo de atividade da fitase está entre 5,0 e 6,5, sendo inativada em pH menor ou igual a 3,0 e em temperaturas menores que 90°C. Variações extremas de pH e temperaturas elevadas resultam em redução de sua atividade ou destruição da enzima.

Segundo Eeckhout & De Paepe (1994), que analisaram a atividade de fitase em mais de 50 alimentos, somente o centeio, a triticale, o trigo e a cevada são ricos em fitase, enquanto que o milho, a aveia, o sorgo e as sementes de oleaginosas contêm pouca ou nada dessa enzima.

A fitase também pode ser produzida por microorganismos como fungos (*Saccharomyces cerevisiae*, linhagens do gênero *Aspergillus*, principalmente os fungos *Aspergillus niger* e *Aspergillus ficuum*) bactérias (*Pseudomonas* e *Bacillus subtilis*), levedura, e por alguns microorganismos do rúmen e do solo (Sebastian et al., 1998).

De acordo com Warden & Shaible (1962), a degradação do fitato no trato digestivo de aves ocorre pela ação de fitases originada de diferentes fontes, como a fitase das secreções do intestino, a fitase produzida por microorganismos residentes no trato digestivo, a fitase presente no alimento e a fitase exógena produzida por microorganismos. A possibilidade da presença de atividade da fitase na secreção intestinal e por bactérias intestinais é limitada e com controvérsias. Então, conclui-se que a existência de atividade em aves torna-se desprezível.

A fitase microbiana é muito mais potente e estável em uma faixa de pH muito maior (2,5 a 5,5) do que a fitase que ocorre nas plantas (5 a 6,5), sendo a sua atividade expressa em unidades de fitase (U ou FTU).

Segundo Yi et al. (1996a), uma unidade de fitase é definida como sendo a quantidade de enzima que libera 1mmol de ortofosfato inorgânico por minuto a partir de 5,1 mmol de fitato de sódio em pH 5,5 a 37°C. Sua atividade máxima, segundo Jongbloed et al. (1992), ocorre no estômago e na porção inicial do intestino delgado.

Nelson et al. (1968) foram os primeiros a utilizar a fitase produzida por culturas do fungo *Aspergillus ficuum*, em dietas de frangos de corte, obtendo resultados que indicavam os benefícios desta enzima sobre a hidrólise do fósforo fítico. Apesar de ter sido descoberta em 1907, somente a partir de 1991 que a fitase tornou-se economicamente viável para o uso em produção animal (Konerday, 1996). Isto ocorreu porque a partir deste período, pôde-se produzir a enzima a baixos custos através da tecnologia do DNA recombinante e devido ao aumento na demanda de produtos que diminuem a poluição ambiental.

Desde então, pelo fato da fitase endógena apresentar baixa atividade no trato digestório dos animais monogástricos, a suplementação da dieta com fontes microbianas desta enzima, tem se mostrado um método eficaz para aumentar a hidrólise do fitato e conseqüentemente, melhorar o desempenho das aves (Lan et al., 2002; Viveros et al., 2002).

O uso da fitase para aves tem sido preconizada pela sua habilidade de hidrolisar o fósforo fítico, possibilitando a formulação de rações com menores inclusões de fósforo inorgânico (Nelson et al., 1971; Nelson, 1976; Perney et al., 1993; Conte et al., 2002).

A enzima fitase tem sido utilizada com a função de liberar parte do fósforo complexado na forma de fitato, melhorando a absorção de minerais (Costa et al., 2004) e a digestibilidade de proteína bruta e dos aminoácidos, melhorando a utilização protéica. Isto seria possível, devido a hidrólise do ácido fítico pela fitase, onde ocorreria a liberação dos aminoácidos que estariam ligados ao fitato (Biehl & Baker, 1997). Além dessa propriedade, a enzima reduz a ação quelante do ácido fítico de nutrientes como, por exemplo, proteínas, aminoácidos, amido e cátions (Ravindran et al., 1999), e enzimas, como a pepsina, tripsina e alfa-amilase (Sebastian et al., 1998) de modo que a solubilidade e a digestibilidade são drasticamente reduzidas pela formação de complexos insolúveis.

A enzima age na hidrólise da ligação fósforo-proteína que remove os efeitos proteolíticos negativos do ácido fítico nas enzimas e aumenta a digestão e absorção de proteínas e aminoácidos (Ravidran & Bryden, 1997). A suplementação de enzimas pode, portanto, melhorar o valor produtivo dos alimentos comerciais e permitir uma maior flexibilidade na formulação das dietas, reduzindo o custo e mantendo os parâmetros nutricionais (Ferket, 1993; Brenes et al., 1996).

Para Campbell & Bedford (1992), pesquisas com rações suplementadas com fitase mostraram ser esta uma alternativa ao uso de fontes de fósforo inorgânico em regiões com



densas populações e intensiva produção de animais domésticos. Após a produção industrial, a atividade da fitase se mantém por no mínimo três meses depois de misturada às rações (Cowan, 1993).

Segundo Shelton et al. (2004), é de total importância a quantificação dos nutrientes que a matriz da fitase disponibiliza, pois o conhecimento dos seus valores permite melhor precisão na formulação de rações que incluem a enzima, possibilitando melhor aproveitamento do Ca, P, aminoácidos e energia dos ingredientes, reduzindo o custo da ração, obtendo ótimo desempenho e, além disso, atenuando o impacto ambiental, com a melhor utilização dos nutrientes e menor uso de fontes inorgânicas

#### **2.4.1. Fatores que afetam a atividade da fitase**

A eficácia das fitases microbianas é variável e está relacionada a diversos fatores, entre eles a temperatura, a umidade, o pH, as enzimas endógenas, a concentração de cálcio, a vitamina D e a relação cálcio:fósforo da dieta.

Edwards (1993) observou que existe efeito sinérgico entre as doses de vitamina D<sub>3</sub> e a atividade da fitase. Van Der Klis et al. (1991) observaram influência negativa das concentrações altas de cálcio sobre a eficiência da fitase. Também os ácidos orgânicos na ração, a idade, o estado fisiológico do animal e o tratamento da ração, antes de fornecê-la, podem influenciar os efeitos da fitase (Fitase..., 1999).

Temperaturas baixas (cerca de 0°C ou inferiores) diminuem a atividade, mas não destroem as enzimas que podem ser conservadas. A temperatura da peletização é um dos fatores que podem interferir na ação de enzimas exógenas. A peletização é um tratamento térmico muito utilizado e se a temperatura de processamento das rações for elevada (superiores a 75°C), ocorre desnaturação parcial ou total das enzimas, podendo prejudicar o desempenho das aves (Graham & Indorr, 1993).

Conforme Mroz & Jongbloed (1998), o pH é um fator muito importante na determinação da solubilidade final do fitato e da proteína. Mudanças no pH afetam a dissociação do ácido fítico.

O pH ótimo de atividade da fitase está entre 5,0 e 6,5, sendo inativada em pH menor ou igual a 3,0 e em temperaturas maiores que 90°C. Variações extremas de pH e temperaturas elevadas resultam em redução de sua atividade ou destruição da enzima. Sabe-se que a enzima ideal suporta temperaturas entre 70 e 90°C, normalmente alcançadas na peletização e também suporta as variações de pH no trato gastrointestinal do animal. As condições de temperatura são constantes no trato gastrointestinal, mas as variações de pH ocorrem dependendo dos compartimentos.

Nas aves, o baixo pH do proventrículo e da moela (2,5 a 5,5) podem levar à inativação enzimática, mas o trânsito nestes compartimentos é rápido e não chega a provocar desnaturação enzimática (Chesson, 1987). Entretanto, no intestino, o pH varia entre 5 e 7. Além do pH, as enzimas exógenas são expostas às proteases do proventrículo e do intestino delgado. As enzimas fúngicas possuem uma atividade ótima em pH mais baixo (4,0 a 5,5), enquanto as bacterianas atuam em pH próximo da neutralidade.

Parece que a maior atividade da fitase deve ocorrer durante a retenção gástrica, isso porque, o menor pH do proventrículo e do papo favorecem a protonação dos ácidos fracos, ou seja, do ácido fítico.

Os minerais também podem prejudicar a ação das enzimas fitases endógenas (dos animais) e das plantas, presentes na dieta. Entretanto, os minerais podem ser cofatores para a atividade da fitase, em baixas concentrações, o zinco e o magnésio melhoram a atividade da fitase.

Segundo Leeson (1999), a presença de certos minerais como o flúor, o cobre, o mercúrio e o ferro também inibe a atividade da fitase; entretanto, o cálcio parece ser o fator chave que influencia a atividade da fitase no trato gastrointestinal de monogástricos.

A digestibilidade do fósforo varia com o conteúdo mineral da dieta. O ácido fítico tem 28,2% de fósforo na sua molécula e tem grande capacidade de se ligar a cátions di e tri-valentes em pH neutro (Cheryan, 1980). Estas ligações, com o ácido fítico, tornam esses nutrientes indisponíveis para a absorção intestinal. O aumento de cálcio na dieta diminui a digestibilidade do fósforo fítico da dieta em aves e suínos.

Pressume-se que o aumento de cátions multivalentes como o cálcio, aumenta a formação de cristais de fitina insolúvel, ligados a minerais, que são resistentes à hidrólise pela atividade da fitase.

É considerado que relações cálcio:fitato maiores que 2:1 reduzem a digestibilidade intrínseca do fitato (Wise, 1983). Uma molécula de ácido fítico pode ligar-se com 3 a 6 átomos de cálcio para formar fitatos insolúveis.

Em pH neutro, in vitro, Maenz et al. (1999) ranquearam  $Zn^{2+} > Fe^{2+} > Mn^{2+} > Fe^{3+} > Ca^{2+}$  e  $Mg^{2+}$  como potenciais inibidores de fitase microbiana.

A interação mineral-fitato é pH dependente. Em baixo pH, há a protonação dos grupos fosfato que são ácidos fracos, com o deslocamento dos minerais e tornando os cristais insolúveis de fitina-mineral em fitina solúvel.

Em pH 6,0, elevadas quantidades de cálcio (>7 g/kg de ração) formam o fitato de cálcio, que se precipita e, portanto, não pode ser hidrolisado pela fitase. Portanto, para se obter um bom efeito da fitase é preciso limitar a suplementação de fósforo e cálcio a uma quantidade necessária.

A capacidade da fitase de hidrolisar o fitato nos animais monogástricos diminuiu com o aumento da velocidade de passagem da digesta (Liebert et al. 1993), enquanto seu uso combinado com a outra enzima pode apresentar efeito sinérgico ou negativo.

Fitina insolúvel, associada a mineral e localizada em regiões fibrosas da semente, podem necessitar de uma mistura mais prolongada em ambiente bastante aquoso para otimizar o acesso da enzima ao substrato. Neste caso, pode-se supor que enzimas como a xilanase e  $\beta$ -glucanase que degradam a fibra, podem abrir caminho para a atuação da fitase, permitindo acesso à fitina nas regiões onde ela está menos acessível.

É sabido que a vitamina D é fundamental para a absorção de cálcio e do fósforo. Pode-se supor que a maior absorção de cálcio leva à menor formação de fitato de cálcio insolúvel. Entretanto, a vitamina D também é responsável por aumentar a atividade da fitase intestinal, assim, parte do mecanismo de atuação da vitamina D na absorção do fósforo pode ser pela ativação da fitase intestinal.

## **2.5. Polissacarídeos não amiláceos (PNA)**

Os cereais, que são os principais componentes das dietas das aves e suínos, apresentam em suas paredes celulares carboidratos complexos classificados como polissacarídeos não amiláceos, que são macromoléculas de polímeros de açúcares simples (monossacarídeos) unidos pela ligação glicosídica formada por um grupo hemiacetal de um açúcar, um grupo hidroxila do outro, apresentando baixa digestibilidade.

Os polissacarídeos não amiláceos são carboidratos que aumentam a viscosidade das dietas por sua capacidade de se ligar a grandes quantidades de água formando um gel viscoso (Santos Jr. et al., 2004), o que diminui a taxa de difusão de substratos e enzimas digestivas e impede suas interações na superfície da mucosa intestinal (Choct, 2001), levando ao comprometimento da digestão e da absorção de nutrientes. Além disso, a viscosidade da digesta interfere na microflora intestinal e nas funções fisiológicas do intestino (Choct et al., 2004).

Portanto, os polissacarídeos não amiláceos são polímeros de açúcares que não podem ser digeridos pelas aves, devido à natureza de suas ligações, sendo resistentes à hidrólise no trato digestório (Zanella, 2001; Conte et al., 2003).

Para reduzir a viscosidade do conteúdo digestivo é necessário que os polissacarídeos não amiláceos solúveis sejam decompostos em pequenas unidades através da ação enzimática, perdendo assim a capacidade de retenção de água. Com a redução da viscosidade, a ação enzimática sobre o conteúdo intestinal é mais eficaz, aumentando, portanto, a capacidade de digestão dos nutrientes, a velocidade de trânsito intestinal e a redução da quantidade de água nas fezes, o que proporciona melhoria na qualidade de cama (Opalinski, 2006).

A viscosidade depende do tamanho desses polissacarídeos, da forma e da sua concentração. Vários problemas estão correlacionados ao aumento da viscosidade, entre eles, citam-se a correlação negativa existente entre o aumento da viscosidade da digesta e a diminuição da digestibilidade dos nutrientes pelas aves (Choct & Annison, 1992; Bedford, 1996; Choct, 2000), influenciando no valor nutritivo dos cereais, conforme demonstrado no trabalho de Brenes (1992). Outro problema é a redução de absorção de gorduras, de

proteínas, de carboidratos e de outros micronutrientes (Annison & Choct, 1991; Conte et al., 2003).

O aumento da viscosidade pode causar problemas no intestino delgado devido a nutrientes como a gordura, o amido ou a proteína se tornarem menos acessíveis e disponíveis a enzimas endógenas, resultando em menor digestibilidade destes nutrientes. Além disso, viscosidade elevada deste bolo alimentar aumenta a quantidade de fezes úmidas, tendo como consequência a elevação dos teores de amônia (Brenes, 1992).

Segundo Bedford (1996), os monogástricos não têm capacidade enzimática de digerir celulose, arabinosilanos,  $\beta$ -glucanos, pectinas, entre outros, chamados de polissacarídeos não amiláceos.

Além dos alimentos alternativos, a própria soja, alimento padrão em dietas práticas na alimentação de aves, contém altos níveis (22%) de polissacarídeos não amiláceos na forma de pectinas, hemiceluloses e oligossacarídeos (rafinose e estaquiase), que são potencialmente antagônicos à utilização de nutrientes e podem afetar negativamente a morfologia intestinal (Choct, 1997).

Já o milho contém aproximadamente 8,0% de polissacarídeos não amiláceos, sendo a maior parte (4,2%) constituída de arabinosilanos. Os arabinosilanos são polissacarídeos complexos compostos dos açúcares arabinose e xilose em uma estrutura ramificada. Causam inibição da digestão de nutrientes, afetando a digestão do amido, da gordura e da proteína (Choct & Annison, 1992). Segundo estes autores, os efeitos antinutritivos dos polissacarídeos não amiláceos são provavelmente multifatoriais. Dessa maneira, atuam alterando a fisiologia e morfologia do trato gastrointestinal, causando efeitos indiretos e implicações na eficiência de utilização dos nutrientes pelas aves, podendo alterar também a microbiota intestinal.

A necessidade de suplementação de enzimas exógenas em dietas compostas por milho e farelo de soja geralmente é negligenciada. No entanto, estudos têm mostrado que a suplementação de tais dietas com enzimas levou a melhora no desempenho das aves (Yu & Chung, 2004; Scheideler et al., 2005).

Atualmente, os avanços na biotecnologia direcionada à enzimologia e o conhecimento de substratos levaram ao desenvolvimento de enzimas que degradam polissacarídeos não amiláceos, como a glucanase e xilanase, tornando possível aumentar a

energia metabolizável aparente dos grãos viscosos. O conhecimento obtido a partir da utilização dessas enzimas sugere que o desenvolvimento de enzimas específicas para dietas à base de milho e soja seja justificável e praticável.

Os benefícios da utilização das enzimas de polissacarídeos não amiláceos é explicado principalmente pela ação de redução de viscosidade e pela liberação de nutrientes suavizando o efeito prisão. Simon (1998) sugere que o aumento na digestibilidade dos nutrientes é devido à redução da viscosidade intestinal pela melhoria na convecção do conteúdo intestinal através de contrações, pelo aumento do contato de nutrientes absorvíveis com a superfície dos enterócitos e pelo aumento da difusão dos substratos, das enzimas digestivas e dos produtos da digestão.

Quando o processo de digestão microbiana é comparado com a digestão enzimática dos carboidratos, a eficiência de utilização da energia das dietas com alta concentração de polissacarídeos não amiláceos pode ser reduzida em até 25%.

Segundo Rostagno (2005), os suínos aproveitam mais de 40% da energia metabolizável do farelo de soja que as aves (2.256 kcal de EM para aves vs 3.154 kcal de EM para suínos), devido a maior capacidade do ceco.

Segundo Bedford (1996a), a capacidade de fermentação do alimento pela microflora microbiana tem importante efeito na proporção da energia que é realmente aproveitada pelo hospedeiro, visto que, a absorção dos produtos da fermentação gera menos energia para o organismo que os produtos da digestão enzimática.

Estudos mostram que a utilização de enzimas xilanolíticas inibe a fermentação no íleo e estimula a fermentação nos cecos (Bedford, 2001; Persia et al., 2002). A redução da fermentação ileal é benéfica para o hospedeiro, pois grande parte do material fermentado nesta região constitui-se de amido e proteína não digeridos, que, assim, ficariam disponíveis para serem hidrolisados e absorvidos pelo hospedeiro (Bedford, 1996b).

Além disso, os oligossacarídeos resultantes da degradação dos polissacarídeos não amiláceos pelas enzimas exógenas teriam um efeito prebiótico no ceco, atuando como substrato para a proliferação de bactérias benéficas ao hospedeiro em detrimento de bactérias patogênicas, melhorando, desta forma, a saúde da ave (Persia et al., 2002).

Hinton et al. (1993) reportaram que a maior produção de ácido láctico no íleo e propionato nos cecos com a utilização de xilanase em dieta à base de trigo, favoreceram a

melhor saúde intestinal nos frangos, em função das bactérias produtoras de ácido lático promoverem a exclusão competitiva e o propionato ser prejudicial para a Salmonela e outras bactérias patógenas.

Numerosos são os fatores que podem afetar a eficiência da digestão dos polissacarídeos não amiláceos, tais como a origem, o método de processamento e a sua concentração na dieta. Para uma adequada utilização dos polissacarídeos não amiláceos, as aves e os suínos necessitam da adição de enzimas exógenas nas dietas.

Slominski et al. (2006) e Meng et al. (2005), utilizando a suplementação de enzimas para avaliar o aproveitamento energético das dietas, verificaram que o uso de enzimas exógenas demonstrou eficiência na degradação dos polissacarídeos não amiláceos, melhorando o uso da energia da dieta e também a digestão da gordura de origem vegetal.

Dessa forma, a suplementação dessas dietas com enzimas específicas para polissacarídeos não amiláceos potencialmente aumentam a utilização do farelo de soja e simultaneamente aumenta a digestibilidade de nutrientes e reduz as perdas endógenas de aminoácidos; com isso, há conservação de energia endógena que pode ser direcionada para deposição de proteína no animal.

### 3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBINO, L.F.T. **Sistemas de avaliação nutricional de alimentos e suas aplicações na formulação de rações para frangos de corte.** 1991. 141p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

ANNISON, G.; CHOCT, M. Antinutritive activities of cereal non-starch polysaccharides in broiler diets and strategies for minimizing their effects. **World's Poultry Science Journal**, Oxford, v.47, n.3, p.232-242, 1991.

ASADA, K.; KASAI, Z. Formation of myo-inositol and phytin in ripening rice grain. **Plant and Cell Physiology**, Kyoto, v.3, p.397, 1962.

BALLAM, G.C.; NELSON, T.S.; KIRBY, L.K. Effect of fiber and phytate source and of calcium and phosphorus level on phytate hydrolysis in the chick. **Poultry Science**, Champaign, v.63, p.333-338, 1984.

BARTNIK, M.; SZAFRANSKA, I. Changes in phytate content and phytase activity during the germination of some cereals. **Journal of Cereal Science**, v.5, n.1, p.23-28, 1987.

BEDFORD, M.R. Efeito del uso de enzimas digestivas en la alimentación de aves. **Avicultura Profesional**, Georgia, v.14, n.4, p.24-29, 1996.

BEDFORD, M.R. Enzymes, antibiotics and intestinal microflora. **Feed Mix**, v.9, n.2, 2001.

BEDFORD, M.R. Interaction between ingested feed and the digestive system in poultry. **Journal Applied Poultry Research**, v.5, p.86-95, 1996b.



BEDFORD, M.R.; MORGAN, A.J. The use of enzymes in poultry diets. **World's Poultry Science Journal**, Oxford, v.52, n.1, p.61-67, 1996.

BEDFORD, M.R. The effect of enzymes on digestion. **Journal of Applied Poultry Science**, Athens, v.5, n.4, p.370-378, 1996a.

BERTECHINI, A.G. **Utilização correta de enzimas em dietas de aves**. <http://aveworld.com.br/index.php/documento/1337>, 2007.

BIEHL, R.R.; BAKER, D.H. Microbial phytase improves amino acid utilization in young chicks fed diets based on soybean meal, but not in diets based on peanut meal. **Poultry Science**, Champaign, v.76, n.1, p.355-360, 1997.

BORGES, F.M.O. Utilização de enzimas em dietas avícolas. In: **Cadernos Técnicos da Escola de Veterinária da UFMG**, Belo Horizonte, n.20, p.05-30, 1997.

BRENES, A. Influencia de la adición de enzimas sobre o valor nutritivo de las raciones en la alimentación aviar. **Selecciones avícolas**, Salamanca, p.787-794, 1992.

BRENES, A., LÁZARO, R., GARCÍA, M.E., et al. Utilización practica de complejos enzimáticos en avicultura. In: **XII Curso de Especialización FEDNA**. Madrid, Espanha. p.135-157. 1996.

BROZ, J. et al. Effect of supplemental phytase on performance and phosphorus utilization in broiler chickens fed a low phosphorus diet without addition of inorganic phosphates. **Poultry Science**, Champaign, v.73, n.1, p.273-280, 1994.

CAMPBELL, G.L.; BEDFORD, M.R.; Enzymes applications for monogastric feeds: a review. **Canadian Journal of Animal Science**. Ottawa, v.72, n.2, p.446-449, 1992.

CAMPESTRINI, E.; SILVA, V.T.M.; APPET, M.D. Utilização de enzimas na alimentação animal. **Revista Eletrônica Nutritime**, v.2, n.6, p.254-267, 2005.

CASEY, A.; WALSH, G. purification and characterization of extracellular phytase from *Aspergillus niger* ATCC 9142. **Bioresource Technology**, v.86, p.183-188, 2003.

CHERRY, J.R. & FIDANTSEF, A.L. Directed evolutions of industrial enzymes: an update. **Curr Opin Biotechnol**. v.14, p.438-443, 2003.

CHERYAN, M. Phytic acid interactions in foods systems. **C R C Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Boca Raton, v.13, n.4, p.296-335, 1980.

CHESSON, A. Avances recientes en la nutrición de animales. In recent advances in animal nutrition. **Avicultura Profesional**, v.7, n.3, p.71-89, 1987.

CHOCT, M.; ANNISON, G. Anti-nutritive effect of wheat pentosans in broiler chickens. Role of viscosity and gut microflora. **British Poultry Science**, v.33, p.821-834, 1992.

CHOCT, M. Enzyme supplementation of poultry diets based on viscous cereals. In: **Enzymes in farm animal nutrition**. M.R. Bedford and G.G. Partridge eds. CABI Publishing, New York, NY, 2001.

CHOCT, M. Feed non-starch polysaccharides: Chemical structures and nutritional significance. **Feed Milling International**. June: p.13-26, 1997.

CHOCT, M.; KOCHER, A. Non-starch polysaccharides: Chemical structures and nutritional significance. **Feed Milling International**. June: p.13-26, 2000.

CHOCT, M.; KOCHER, A.; WATERS, D.L.E. et al. Comparison of three xylanases on the nutritive value of two wheats for broiler chickens. **British Journal of Nutrition**, v. 92, p.53-61, 2004.

CLASSEN, H.L.; BEDFORD, M.R. The use of enzymes to improve the nutritive value of poultry feed. In: HARESION, W.; COLO, D.J.A. (Ed.). **Recent advances in animal nutrition**. Butterworth Heinemann: Surrey, p.95-116, 1991.

CONSUEGRO, J.P. Uso da fitase microbiana em dietas para avicultura. **Indústria Avícola**, v.46, n.5, p.27-28, 1999.

CONTE, A.J.; TEIXEIRA, A.S.; FIALHO, E.T. et al. Efeito da fitase e xilase sobre o desempenho e as características ósseas de frangos de corte alimentados com dietas contendo farelo de arroz. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.32, n.5, p.1147-1156, 2003.

CONTE, A.J.; TEIXEIRA, A.S.; FIGUEIREDO, A.V. et al. Efeito da fitase na biodisponibilidade de fósforo do farelo de arroz em frango de corte. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**; Brasília, v.37, n.4, p.547-552, 2002.

COON, C.N.; LESKE, K.L.; AKAVANICHAN, O. et al. Effect of oligosaccharide-free e soyabean meal on true metabolizable energy and fiber

digestion in adult roosters. **Poultry Science**, Champaign, v.69, n.12, p.787-793, 1990.

COSTA, F.G.P.; BRANDÃO, P.A.; BRANDÃO, J.S. et al. Efeito da enzima fitase nas rações de frangos de corte, durante as fases pré-inicial e inicial. **Ciência Agrotécnica**, v.31, p.865-870, 2007.

COSTA, F.G.P; JACOME, I.M.T; DA SILVA, J.H.V. Níveis de fósforo disponível e de fitase na dieta de poedeiras de ovos de casca marrom. **Ciência Animal Brasileira**, v.5, n.2, p.73-81, 2004.

COUSINS, B. Enzimas na nutrição de aves. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL ACAV - Sobre Nutrição de Aves. 1999. Concórdia. SC. **Anais...** Concórdia: p.118-130, 1999.

COWAN, W.D. Understanding the manufacturing distribution, application, and overall quality of enzymes in poultry feeds. **Journal Applied Poultry Research**, Athens, v.1, p.93-99, 1993.

DENBOW, D.M.; RAVINDRAN, V.; KONERGAY, E.T. et al. Improving phosphorus availability in soybean meal for broilers by supplemental phytase. **Poultry Science**, v.74, p.1831-1842, 1995.

DILGER, R.N.; ONYANGO, E.M.; SANDS, J.S. et al. Evaluation of microbial phytase in broiler diets. **Poultry Science**, v.83, n.6, p.962-970, 2004.

EDWARDS, J.R. Dietary 1,25-dihydroxycholecalciferol supplementation increases natural phytate phosphorus utilization in chickens. **Journal of Nutrition**, v.23, p.567-577, 1993.

EECKHOUT, W.; De PAEPE, M. Total phosphorus, phytate-phosphorus and phytase activity in plant feedstuffs. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v.47, p.19-29, 1994.

FERKET, P.R. Practical use of feed enzymes for turkeys and broiler. **Journal Applied Poultry Research**, v.1, p.75-81, 1993.

FIALHO, E.T. Alimentos alternativos para suínos. In: Simpósio Brasileiro de Nutrição Animal. Itapetinga. **Anais...** Itapetinga: Editora Gráfica Universitária, p. 35-98. 2003.

FITASE, a enzima milagrosa. **Aves e ovos**, São Paulo, n.8/9, p.24-28, 1999.

GHAZI, S. et al. The potential for the improvement of the nutritive value of soya-bean meal by different proteases in broiler chicks and broiler cockerels. **British Poultry Science**, v.43, p.70-77, 2002.

GRAHAM, H.; INDOOR, J. Stability of enzymes during processing. **Feed Mix**, Doetinchen, v.1, n.3, p.18, 1993.

HINTON, A.; BUME, M.E. & DELOACH, J.R. Role of metabolic intermediates in the inhibition of *Salmonella typhimurium* and *Salmonella enteritidis* by *Veillonella*. **Journal Food Protec**, v.56, p.932- 937, 1993.

JALAL, M.A.; SHEIDELER, S.E. Effect of supplementation of two different sources of phytase on egg production parameters in laying hens and nutrient digestibility. **Poultry Science**, Champaign, v.80, n.9-10, p.1463-1471, 2001.

JONGBLOED, A.W.; MROZ, Z.; KEMME, P.A. The effect of supplementary *Aspergillus Niger* phytase in diet for pigs on P, and phytic acid in different sections of the alimentary tract. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.70, n.4, p.1159-1168, 1992.

KESHAVARZ, K. The effect of different levels of nonphytate phosphorus with and without phytase on the performance of four strains of laying hens. **Poultry Science**, Champaign, v.82, n.1, p.71-91, 2003.

KIDD, M.T.; MORGAN Jr, G.W.; PRICE, C.J. et al. Enzyme supplementation to corn and soybean meal diets for broilers. **Journal of Applied Poultry Research**, v.10, n.1, p.65-70, 2001.

KOCHER, A.; CHOCT, M. and BROZ, J. Effects of feed enzymes on nutritive value of soybean meal fed to broilers. **British Poultry Science**, v.43, p.54-63, 2002.

KORNEGAY, E.T. Nutrient management of food animals to enhance and protect the environmet. 1<sup>ed</sup>. Danvers: **CRC Press LLC**, p.279, 1996.

LAN, G.Q.; ABDULLAH, N.; JALALUDIN, S. et al. Efficacy of supplementation of a phytase-producing bacterial culture on the performance and nutrient use of broiler chickens fed corn-soybean meal diets. **Poultry Science**, Champaign, v.81, n.10, p.1522-1532, 2002.

LAURENTIZ, A. C. **Manejo nutricional das dietas de frangos de corte na tentativa de reduzir a excreção de alguns minerais de importância ambiental.**

2005. 131 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2005.

LEESON, S. Enzimas para aves. In: Simpósio Internacional sobre Nutrição de Aves, 1999, Campinas, SP. **Anais...** Campinas – São Paulo: FACTA, p.173-185, 1999.

LEHNINGER, A.L. **Princípios de bioquímica**. São Paulo: Sarvier, p.37, 1994.

LIEBERT, F.; WECKE, C.; SCHÖNER, F.J. In: **Proc. 1<sup>st</sup> Symposium on Enzymes in Animal Nutrition**. Ed. C. Wenk y M. Boessinger. Karthause Ittingen, Suiza, p. 202-205, 1993.

LIM, H. S.; NAMKUNG, H.; PAIK, I. K. Effects of phytase supplementation on the performance, egg quality, and phosphorous excretion of laying hens fed different levels of dietary calcium and nonphytate phosphorous. **Poultry Science**, Champaign, v. 82, n.1/2, p.92-99, 2003.

MAENZ, D.D.; ENGELE-SCHAAN, C.M.; NEWKIRK, R.W. et al. The effect of minerals and mineral chelators on the formation of phytaseresistant and phytase-susceptible forms of phytic acid in solution and in a slurry of canola meal. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v.81, n.3/4, p.177-192, Oct. 1999.

MARQUARDT, R.R. Enzyme enhancement of the nutritional value of cereals: role of viscous, water-soluble, nonstarch polysaccharides in chick performance. In: MARQUARDT R.R. & HAN Z. (ed.) **Enzymes in Poultry and Swine Nutrition**. IDRC. 1997.

MATHLOUTHI, N. et al. Effect of enzyme preparation containing xylanase and  $\beta$ -glucanase on performance of laying hens fed wheat/barley - or maize/soybean meal-based diets. **British Poultry Science**. Basingstoke, v.44, n.1, p.60- 66, 2003.

MENG, X.; SLOMINSKI, B.A.; NYACHOTI, C.M. et al. Degradation of cell wall polysaccharides by combinations of carbohydrase enzymes and their effect on nutrient utilization and broiler chicken performance. **Poultry Science**, v.84, n.1, p.37-47, 2005.

MISIR, R.; SAUER, W.C. Effect of starch infusion at the ileum on nitrogen balance and apparent digestibility of nitrogen and amino acids in pig feed meat-and bone soybean meal diets. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.55, n.3, p.599-607, 1982.

MITCHELL, R. D.; EDWARDS JR., H. M. Effects of phytase and 1,25-Dihydroxicholecalciferol on phytate utilization and quantitative requirement for calcium and phosphorus in young broiler chickens. **Poultry Science**, v.75, p.111-119, 1996.

MROZ, Z.; JONGBLOED, A.W. The influence of phytase on the availability of protein and energy in swine. In: **Basf Technical Symposium**, 1998, Raleigh, North Carolina. Carolina swine nutrition conference. Durham: Basf, 1998. p.65-88.

MUNARO, F.A.; LOPEZ, J.; TEIXEIRA, A.S. Efeito da fitase em rações com 15% de farelo de arroz desengordurado no desempenho de frangos de corte. **Revista de Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.25, n.5, p.910-920, 1996.

NELSON, T.S.; SHIEH, T.R.; WODZINSKI, R.J. et al. Effect of supplemental phytase on the utilization of phytate phosphorus by chicks. **The Journal of Nutrition**, Bethesda, v.101, n.10, p.1289-1294, 1971.

NELSON, T.S.; FERRARA, L.W.; STORER, N.L. Phytate phosphorus content of feed ingredients derived from plants. **Poultry Science**, Champaign, v.47, n.4, p.1372-1374, 1968.

NELSON, T.S. The hydrolysis of phytate phosphorus by chicks and laying hens. **Poultry Science**.v.55, p.2262-2264, 1976.

OPALINSKI, M. **Utilização de enzima e soja integral em rações para frangos formuladas com ingredientes alternativos com base em aminoácidos digestíveis e totais**. Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.

PANDEY, A.; SOCCOL, C.R.; RODRIGUEZ-LEON, J.A. et al. **Solid state fermentation in biotechnology**. Nova Deli: Asiatech, 221p., 2001.

PENZ Jr., A.M. Enzimas em rações de aves e suínos. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia. Botucatu, SP. **Anais...** Botucatu, SP: SBZ, p.165-178, 1998.

PENZ Jr., A.M.; VIEIRA, S.L. Nutrição na primeira semana. In: Simpósio Internacional Sobre Manejo de Pintos de Corte, Conferência APINCO 1998, Campinas, SP. **Anais...** Campinas, SP: Facta, p.121-139, 1998.

PERNEY, K. M.; CANTOR, A.H.; STRAW, M. L. et al. The effect of dietary phytase on growth performance and phosphorus utilization of broiler chicks. **Poultry Science**, v.72, p.2106-2114, 1993.

PERSIA, M.E.; DEHORITY, B.A. & LILBURN M.S. The effects of enzyme supplementation of corn- and wheat-based diets on nutrient digestion and cecal microbial populations in turkeys. **Journal Applied Poultry Research**, v.11, p.134-145, 2002.

QIAN, H.; KORNEGAY, E.T.; DENBOW, D.M. Utilization of pítate phosphorus and calcium as influenced by microbial pitase, cholecalciferol, and the calcium: total phosphorus ratio in broiler diets. **Poultry Science**, v.76, n.5, p.37-46, 1997.

RAVINDRAN, V.; BRYDEN, W.L. Influence of dietary phytic acid and available phosphorus levels on the response of broilers to supplemental natuphos. In: Short Course on Feed Tecnology. Ansong, Korea. **Proceedings...** Ansong, Korea: Korean Society of Animal Nutrition and Feedstuffs, p.130, 1997.

RAVINDRAN, V.; CABAHUG, S.; RAVINDRAN, G. et al. Influence of microbial phytase on apparent ileal amino acid digestibility of feedstuffs for broiler. **Poultry Science**, Champaign, v.78, n.5, p.699-706, 1999.

REVISTA ALIMENTAÇÃO ANIMAL. **Uso de enzimas em rações**. Disponível na internet. <<http://bichoonline.com.br/artigos/aa0041.htm>>. Acesso em: 25 set. 2008.

ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T. DONZELE, J.L. et al. **Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos**: composição de alimentos e exigências nutricionais. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 186p., 2005.

ROSTAGNO, H.S.; SILVA, M.A. Exigências nutricionais e biodisponibilidade de fósforo para frangos de corte. In: Simpósio Internacional Sobre Nutrição de Aves, 1998, Campinas. **Anais...** Campinas: CBNA, p.01-27, 1998.

ROTTER, B.A. The future of crude enzyme supplements in pig nutrition. **Pig News Inf.**, v.11, p.15-17, 1990.

RUTHERFURD, S. M.; CHUNG, T. K.; MOREL, P. C. H. et al. Effect of microbial phytase on Ileal digestibility of phytate phosphorus, total phosphorus, and amino acids in a low-phosphorus diet for broilers. **Poultry Science**, Champaign, v.83, n.1, p.61-68, 2004.

SANDBERG, A.S.; LARSEN, T.; SANDSTRÖM, B. High dietary calcium level decreases colonic phytate degradation in pigs fed a rapeseed diet. **Journal of Nutrition**, v.123, n.1, p.559-566, 1993.

SANTOS Jr, A.A.; FERKET, P.R.; GRIMES, J.L. et al. Dietary pentosanase supplementation of diets containing different qualities of wheat on growth performance and metabolizable energy of turkey poult. **International Journal of Poultry Science**, v.3, n.1, p.33-45, 2004.

SCHEIDELER, S.E.; BECK, M.M.; ABUDABOS, A. et al. Multiple-enzyme supplementation of corn-soy-based layers diets. **Journal Applied Poultry Research**, v.14, p.77-86, 2005.

SCHUTTE, J.B.; VAN KEMPEM, G.J.M.; HAMER, R.J. Possibilites to improve the utilization of feed ingredients rick in non-starch for poultry. In: Conferência Europea de Avicultura, 8., 1990, Barcelona. **Anais...** Barcelona, p.128-133, 1990.

SEBASTIAN, S.; TOUCHBURN, S.P.; CHAVEZ, E.R. Implication of phytic acid and supplemental microbial phytase in poultry nutrition: a rewiew. **World's Poultry Science Journal**, London, v.54, n.1, p.27-47, 1998.

SHAFEY, T.M.; McDONALD, M.W.; DINGLE, J.G. Effects of dietary calcium and available phosphorus concentration on digesta pH and on the availability of calcium, iron, magnesium and zinc from the intestinal contents of meat chickens. **British Poultry Science**, v.32, n.1, p.185-194, 1991.

SHELTON, J.L.; SOUTHERN, L.L.; GASTON, L.A. et al. Evaluation of the nutrient matrix values for phytase in broilers. **Journal Applied Poultry Research**, Savoy, v.13, n.3, p.213-221, 2004.

SHEPPY, C. The current feed enzyme market and likely trends. Enzyme In: **Farm Animal Nutrition**, CABI, New York, p.01-10, 2001.

SILVA, Y.L.; RODRIGUES, P.B.; FREITAS, R.T.F. et al. Níveis de proteína e fósforo em rações com fitase para frangos de corte, na fase de 14 a 21 dias de idade. 2. Valores energéticos e digestibilidade de nutrientes. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.37, n.3, p.469-477, 2008.

SIMON, O. **Journal of Animal and Feed Science**, v.7, p.115-123, 1998.

SIMONS, P.C.M.; VERSTEEGH, H.A.V.; JONGLOED, A.W. et al. Improvement of phosphorus availability by microbial phytase in broilers and pig. **British Journal Nutrition**, v.64, n.2-3, p.525-540, 1990.



SNOW, J.L.; BAKER, D.H.; PARSONS, C.M. Phytase, citric acid, and 1  $\alpha$ -hydroxycholecalciferol improve phytate phosphorus utilization in chicks fed a cornsoybean meal diet. **Poultry Science**, v.83, n.3, p.1187-1192, 2004.

SLOMINSKI, B.A.; MENG, X.; CAMPBELL, L.D. et al. The use of enzyme technology for improved energy utilization from full-fat oilseeds. Part II: Flaxseed. **Poultry Science**, v.85, p.1031-1037, 2006.

SYERS, K.J., HARRIS, R.F., ARMSTRONG, D.E. Phosphate chemistry in lake sediments. **Journal Environment Qual**, v.2, n.1, p.01-14, 1973.

THOMSON, L.U.; YOON, J.H. Starch digestibility as affected by poly phenols and phytic acid. **Journal of Food Science**, v.49, p.1228-1229, 1984.

VAN Der KLIS, J.D. and VERSTEEGH, J.H. **Spelderholt Publication**, n.563, Spelderholt, Beekbergen, The Netherlands, 1991.

VIVEROS, A.; BRENES, A.; ARIJA, I. et al. Effects of microbial phytase supplementation on mineral utilization and serum enzyme activities in broiler chicks fed different levels of phosphorus. **Poultry Science**, v.81, p.1172-1183, 2002.

VOHARA, A.; SATYANARAYANA, T. Phytases: microbial sources, production, purification, and potential biotechnological applications. **Critical Reviews in Biotechnology**, v.23, n.1, p.29-60, 2003.

WARDEN, W.K; SHAIBLE, P.J. Action of antibiotics in stimulating growth of poultry. **Poultry Science**, v.41, n.2, p.725-732, 1962.

WISE, A. Dietary factors determining the biological activities os phytase. **Nutrition Abstract Review**, v.53, p.791-806, 1983.

YI, Z.; KORNEGAY, E.T.; DENBOW, D.W. Improving phytase phosphorus availability in corn and soybean meal for broilers using microbial phytase and calculation of phosphorus equivalency values for phytase. **Poultry Science**, v.75, p.12, p.240-249, 1996b.

YI, Z.; KORNEGAY, E.T.; DENBOW, D.W. Effect of microbial phytase on nitrogen and amino acid digestibility and nitrogen retention of turkey poultry fed corn-soybean meal diets. **Poultry Science**, v.75, n.8, p.979-990, 1996a.

YOUNG, L.G.; LEUNISSEN, M.; ATKINSON, J.L. Addition of microbial phytase to diets of young pigs. **Journal of Animal Science**, v.72, p.2147-2150, 1993.

YU, B.; CHUNG, T.K. **Journal Applied Poultry Research**, v.13, p.178-182, 2004.

WILLIAMS, P.E.V. Animal production on feed enzyme to commercial wheat and barley based poultry feeds. **Proceedings ...** California Nutrition Conference, Davis, University of California, p.203-211, 1995.

ZANELLA, I. **Efeito da suplementação de enzimas em dietas a base de milho e sojas processadas sobre a digestibilidade e desempenho de frangos de corte.** 1998 179 f. Tese (Doutorado em Zootecnia): Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 1998.

ZANELLA, I. Suplementação enzimática em dietas avícolas. **Anais...** Pré-simpósio de Nutrição Animal, Santa Maria/RS, 69 p., p.37-49, 2001.

## CAPÍTULO I

### EFEITOS DA SUPLEMENTAÇÃO DE FITASE EM DIETAS SOBRE O METABOLISMO DE NUTRIENTES E O DESEMPENHO DE POEDEIRAS COMERCIAIS

**RESUMO:** Foi realizado um experimento objetivando-se avaliar o efeito da adição da enzima fitase sobre o metabolismo de nutrientes e o desempenho de poedeiras comerciais. Foram utilizadas 360 poedeiras da linhagem *Bovans Goldline* de 24 a 36 semanas de idade, distribuídas em um delineamento experimental inteiramente casualizado, com doze repetições de seis aves por unidade experimental e cinco tratamentos constituídos da seguinte forma: T<sub>1</sub> = Controle Positivo, T<sub>2</sub> = Controle Negativo (CN) com 0,15% de fósforo disponível, T<sub>3</sub> = CN + 200U de fitase, T<sub>4</sub> = CN + 400U de fitase, T<sub>5</sub> = CN + 600U de fitase. A dieta do controle positivo foi formulada seguindo as recomendações das Tabelas Brasileiras (2005) e a dieta do controle negativo foi calculada reduzindo os nutrientes presentes na matriz nutricional da enzima de acordo com a recomendação da empresa produtora. Poedeiras alimentadas com a dieta do controle positivo apresentaram melhores valores para a massa de ovo e conversão alimentar por massa de ovo quando comparadas àquelas que receberam dietas do controle negativo. No entanto, com a adição

da enzima fitase, a massa de ovo e a conversão alimentar por massa de ovo foram semelhantes ( $P>0,05$ ) aos encontrados na dieta do controle positivo e do controle negativo. Não foi observado efeito significativo ( $P>0,05$ ) para a conversão alimentar por dúzia. Os parâmetros de componentes de ovo não foram influenciados pelos tratamentos, com exceção do peso da casca, que apresentou aumento com a suplementação de fitase nas dietas. Apesar do aumento do coeficiente de digestibilidade aparente da matéria seca em dietas suplementadas com 400U de fitase/kg, não se observou melhoria na retenção e na excreção de fósforo e de cálcio de poedeiras comerciais.

## 1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, a nutrição animal passou a utilizar maiores quantidades de ingredientes de origem vegetal em substituição aos de origem animal; no entanto, 2/3 aproximadamente do fósforo presente nestes ingredientes se encontram na forma de ácido fítico.

A fitase é uma enzima que atua nas ligações do grupo fosfato do fitato, liberando o fósforo e outros minerais que fazem parte dessa molécula Cromwell (1991) Além de melhorar a disponibilidade do fósforo, o uso dessa enzima também melhora a disponibilidade de outros minerais, como magnésio, manganês, cobre, ferro e zinco.

Os animais monogástricos não sintetizam a enzima fitase, tendo como consequência a baixa eficiência no aproveitamento do fósforo de origem vegetal. Como o fósforo é um mineral essencial por desempenhar importantes funções nos processos metabólicos, ao se formularem dietas para aves torna-se necessário adicionar uma fonte de fósforo inorgânico.

Os primeiros estudos desenvolvidos com a enzima fitase, apesar de promissores, tiveram como entrave o alto custo no processo de obtenção do produto. Porém, com o avanço da tecnologia de fermentação, a fitase vem sendo comercializada industrialmente, o que tem despertado maior interesse de diversos nutricionistas preocupados com o alto custo do fósforo inorgânico e com a poluição ambiental causada pelo excedente de fósforo excretado (Cromwell et al., 1995; Moreira et al., 2000; Moreira et al., 2001).

Sob o ponto de vista da nutrição, a viabilização técnica das enzimas exógenas é um marco importante, pois permite melhor aproveitamento dos nutrientes. O incremento na

utilização do fósforo, dos aminoácidos e da energia por meio da utilização da enzima fitase, representaria economia significativa no custo final da formulação das dietas.

Os primeiros estudos sobre ação dessa enzima foram realizados por Nelson et al. (1968), que reconheceram o potencial da fitase quando trataram o farelo de soja com fermentado de *Aspergillus ficuum*, e verificaram melhoria na utilização do fósforo fítico em dietas para aves.

Apesar de existir extensa literatura e dados que sustentam o uso de fitase em frangos de corte, existem poucos estudos avaliando seu uso em poedeiras. Portanto, o objetivou-se nesta pesquisa determinar a eficácia da *Quantum<sup>TM</sup> Fitase*, em dietas compostas por milho e farelo de soja, sobre o desempenho e o metabolismo de poedeiras comerciais.

\

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

Dois ensaios foram conduzidos no Setor de Avicultura do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa no período de 26 de abril a 18 de julho de 2007. Inicialmente as aves foram selecionadas de acordo com o peso corporal para uniformização do lote e por um período de 28 dias a produção foi controlada individualmente para posterior redistribuição para equalização da produção.

No ensaio 1, foram utilizadas 360 poedeiras da linhagem *Bovans Goldline*, de 24 a 36 semanas de idade durante 84 dias. As aves foram alojadas em um galpão de alvenaria com cobertura de telhas de barro em duas águas, telado, com pé direito de 2,0 m e composto internamente por gaiolas de arame galvanizado com quatro compartimentos de 25 x 45 x 40 cm (largura, profundidade e altura), distribuídas lateralmente em dois andares, sendo o de baixo posicionado a 0,80m do piso. O comedouro e o bebedouro utilizados foram do tipo calha galvanizada, percorrendo toda extensão frontal das gaiolas.

Durante todo o período experimental, a temperatura no interior do galpão foi monitorada diariamente, duas vezes ao dia (8 e 16 horas), por meio da utilização de termômetros de máxima e mínima. As aves receberam ração e água à vontade e, 17 horas de luz/dia durante todo o período experimental, respeitando as recomendações de manejo do manual da linhagem. Os ovos foram colhidos duas vezes ao dia (8 e 16 horas), com anotação, em fichas apropriadas da frequência de postura e da mortalidade das aves.

A composição centesimal das dietas experimentais encontra-se na Tabela 1.

**Tabela 1.** Composições percentuais e calculadas das dietas, na matéria natural

<b>Ingredientes (%)</b>	<b>Controle Positivo</b>	<b>Controle Negativo</b>
Milho moído	62,372	64,607
Farelo de soja (45%)	23,675	23,273
Óleo	2,806	1,587
Fosfato bicálcico	1,343	0,295
Calcário	8,894	9,262
Sal comum	0,483	0,482
DL-metionina (99%)	0,209	0,191
L-lisina HCl (78,5%)	0,008	0,002
Suplemento vitamínico <sup>1</sup>	0,100	0,100
Suplemento mineral <sup>2</sup>	0,050	0,050
Cloreto de colina (60%)	0,050	0,050
Antioxidante <sup>3</sup>	0,010	0,010
Amido <sup>4</sup>	---	0,100
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>100</b>
<b><i>Composição calculada</i></b>		
Energia metabolizável (kcal/kg)	2900	2855
Proteína bruta (%)	16,00	15,98
Cálcio (%)	3,820	3,705
Fósforo disponível (%)	0,341	0,150
Lisina digestível (%)	0,741	0,731
Met + Cis digestível (%)	0,674	0,659
Metionina digestível (%)	0,443	0,426
Treonina digestível (%)	0,540	0,540
Triptofano digestível (%)	0,170	0,170
Arginina digestível (%)	0,982	0,977
Valina digestível (%)	0,675	0,675

1 Suplemento Vitamínico – Quantidade por kg da dieta: 7.000 UI de Vitamina A; 1.600 UI de Vitamina D3; 8 UI de Vitamina E, 1,0 mg de Vitamina K3; 1,0 mg de Vitamina B6; 0,010 mg de Vitamina B12; 7,0 mg de Acido Pantotênico; 0,020 mg de Biotina e 20mg de Acido Nicotínico.

2 Suplemento Mineral – Quantidade por kg da dieta: 65mg de Mn; 50,0 mg de Fe; 60,0 mg de Zn; 10,0 mg de Cu; 0,8 mg de I; 0,3 mg de Se.

3 Butil hidroxi tolueno 99%

4 *QuantumTM* Fitase (80,160 e 240 g/ton) substituiu o amido nestas quantidades nas dietas 3, 4 e 5, respectivamente.



O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado em cinco tratamentos, com doze repetições de seis aves por unidade experimental. Os tratamentos aplicados foram: T<sub>1</sub> - Controle positivo (CP), T<sub>2</sub> - Controle negativo (CN) com 0,15% de fósforo disponível, T<sub>3</sub> - CN + 200U de fitase (80 g/ton), T<sub>4</sub> - CN + 400U de fitase (160 g/ton) e T<sub>5</sub> - CN + 600U de fitase (240 g/ton).

A dieta do controle positivo composta por milho e de farelo de soja foi formulada seguindo as recomendações das Tabelas Brasileiras (Rostagno et al., 2005). As dietas dos tratamentos 2, 3, 4 e 5 (CN) foram calculadas reduzindo 45 kcal de EM/Kg, 0,36% de proteína bruta, 0,115% de Ca, 0,01% de lisina e de 0,015% de metionina + cistina presentes na matriz nutricional da enzima.

As características de desempenho avaliadas foram:

- Consumo de ração (g/ave/dia), determinado por diferença entre peso da ração fornecida e o peso da sobra de ração nos comedouros e recipientes em cada parcela ao término de cada período de 28 dias. Ao final do experimento, foi calculada a média do consumo nos 3 períodos (84 dias).
- Produção de ovos (%/ave/dia), calculada dividindo-se o total de ovos produzidos pelo número de aves de cada parcela, e pelo número de dias vezes 100;
- Peso dos ovos, onde todos os ovos íntegros nos cinco últimos dias de cada mês dentro do período experimental (28 dias) foram pesados para o cálculo do peso médio dos ovos;
- Massa de ovos (g/ave/dia), como o produto da percentagem de ovos/ave/dia e do peso médio dos ovos em cada parcela;
- Conversão alimentar por massa de ovos, calculada pela relação entre gramas de ração ingerida pelas aves e massa de ovo produzida em gramas;
- Conversão alimentar por dúzia de ovos, calculada pela relação entre a quantidade de ração consumida (kg) por dúzia de ovo produzida em cada parcela.

Para obtenção dos componentes do ovo, foram avaliados os pesos de gema, do albúmen e da casca utilizando-se seis ovos de cada repetição, coletados aleatória e diariamente do total de ovos coletados nos três últimos dias de cada período de 28 dias. Os ovos de cada repetição e de cada dia foram pesados individualmente em balança com precisão de 0,001g e, após as pesagens, foram identificados e quebrados. A gema de cada ovo foi pesada e a respectiva casca foi lavada e seca ao ar para posterior obtenção do peso da casca sem a membrana interna. O peso do albúmen foi calculado como a diferença entre o peso do ovo e os pesos da gema e da casca.

No ensaio de metabolismo (ensaio 2) utilizaram-se, simultaneamente, as 360 poedeiras com 32 semanas de idade do ensaio 1, portanto, manteve-se o mesmo delineamento adotado no experimento de desempenho.

As rações fornecidas foram pesadas no início e no final do período total de coleta com a finalidade de se obter o consumo médio de ração e de energia bruta em cada repetição.

Sob as gaiolas foram colocadas bandejas metálicas, revestidas com plásticos, permitindo a coleta das excretas. Esta foi feita diariamente, em intervalos de 8 horas, durante cinco dias. Foram anotadas as quantidades de rações consumidas e de excretas produzidas.

As excretas recolhidas em cada unidade experimental, após a eliminação de penas, resíduos de ração e outras fontes de contaminação, foram transferidas para sacos plásticos devidamente identificados, pesados e armazenados em *freezer*. Posteriormente, as excretas foram descongeladas, reunidas por repetição, homogeneizadas, retirando-se uma alíquota de 400g, sendo esta mantida em estufa de ventilação forçada por 72 horas a 55°C, para secagem. Em seguida, foram expostas ao ar, para entrar em equilíbrio com a temperatura e umidade do ambiente, sendo posteriormente pesadas, moídas e acondicionadas para as análises. As análises laboratoriais da matéria seca, do nitrogênio e do fósforo, das rações e das excretas seguiram a metodologia descrita por Silva (1990). Foram determinados também os valores de energia bruta (EB) das excretas e rações por meio de uma bomba calorimétrica adiabática.

Todas as análises foram realizadas em duplicatas no Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da UFV.

Após a obtenção dos resultados das análises laboratoriais das dietas e das excretas, foram calculados os valores do coeficiente de digestibilidade aparente da matéria seca (CDAMS), da energia metabolizável aparente (EMA) e da energia metabolizável corrigida (EMAn), bem como seus respectivos coeficientes de metabolizabilidade (CMEM e CMEMn); além do balanço de nitrogênio (BN). O coeficiente de metabolizabilidade (porcentagem de energia bruta metabolizada na forma de EMA e de EMAn) foi calculado utilizando-se os valores de energia metabolizável divididos pela energia bruta referente a cada tratamento. Determinaram-se também os valores médios de ingestão, de excreção e de retenção aparente de fósforo e de cálcio.

As análises estatísticas de ambos os experimentos foram feitas utilizando análise de variância e na ocorrência de efeito significativo, a comparação de médias entre tratamentos foi realizada pelo teste Student-Newman-Keul's (SNK), ao nível de 5% de probabilidade, utilizando o *software* SAEG (2000) – Sistema de Análise Estatística e Genética, desenvolvido pela Universidade Federal de Viçosa - UFV.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As condições ambientais mostraram os índices característicos da região durante o período em que se realizou o experimento, não havendo ocorrência climática anormal que pudesse provocar alterações no desempenho das aves (Tabela 2).

**Tabela 2.** Médias das temperaturas, mínima e máxima, registradas no interior da instalação durante o período experimental

Período (semanas)	Mínima, C°	Máximo, C°
24 – 28	13,2 (10,0)	24,4 (28)
29 – 32	15,4 (12,5)	25,0 (31)
33 – 36	16,0 (14,4)	24,1 (30)

Valores entre parênteses representam temperaturas e mínimas e máximas obtidas

Os valores médios referentes ao consumo de ração, a produção de ovos e ao peso dos ovos estão apresentados na Tabela 3.

**Tabela 3.** Consumo de ração (CR), produção de ovos (POAD) e peso dos ovos (PO) de poedeiras comerciais em função das dietas experimentais

<b>Tratamentos</b>	<b>CR (g/ave/dia)</b>	<b>POAD (%/ave/dia)</b>	<b>PO (g)</b>
1. Controle Positivo	108,4	94,1	59,81
2. Controle Negativo (CN)	108,6	91,5	59,13
3. CN + 200 U Fitase	107,9	93,0	59,07
4. CN + 400 U Fitase	107,5	92,3	59,62
5. CN + 600 U Fitase	108,2	93,8	59,30
Anova	NS	0,075	NS
CV (%)	1,86	2,66	2,09

CV = Coeficiente de Variação

NS = Não Siginificativo ( $p>0,05$ )

A adição da enzima fitase não alterou ( $P>0,05$ ) o desempenho médio das aves no período estudado, avaliado pelo consumo de ração, pela produção de ovos e pelo peso dos ovos. Estes resultados discordam, parcialmente, daqueles observados por Borrmann (1999) que observou maior consumo de ração para as poedeiras que receberam dietas com baixo nível de fósforo disponível (0,18% Pd) e com fitase em relação às aves que receberam a dieta controle (0,36% Pd e sem adição de fitase).

De forma similar, Ligeiro (2007) encontrou consumo de ração superior para as aves que receberam dieta com adição de fitase em relação às aves que receberam dieta sem suplementação de fitase, correspondendo a um consumo médio de 101,7 e 99,2 g/ave/dia, respectivamente.

Ceylan et al. (2003) também não observaram efeito positivo sobre a produção de ovos em poedeiras de 20 a 40 semanas de idade alimentadas com dietas com baixo nível de fósforo disponível (0,20%) e suplementadas com 300 FTU de fitase/kg de ração.

Da mesma forma, Bess et al. (2006) não constataram diferenças significativas na porcentagem de postura em matrizes de corte alimentadas com dietas com valorização plena da matriz nutricional da fitase, ou seja, com níveis nutricionais reduzidos em comparação às aves que receberam dieta com níveis nutricionais adequados e sem fitase.

Avaliando poedeiras da 20<sup>a</sup> a 60<sup>a</sup> semana de idade, Boling et al. (2000) também não observaram diferenças significativas para a porcentagem de postura entre as aves alimentadas com dieta contendo 0,10% de fósforo disponível e 300 FTU de fitase/kg de ração e àquelas alimentadas com dieta contendo 0,45% de fósforo disponível e sem suplementação de fitase. No entanto, Francesch et al. (2005) observaram melhor porcentagem de postura em poedeiras alimentadas com dietas compostas de milho contendo 0,11% de fósforo disponível e suplementadas com fitase (150, 300 e 450 FTU de fitase/kg de ração) em comparação com aves alimentadas com 0,32% de fósforo disponível.

Poedeiras alimentadas com a dieta do controle positivo apresentaram melhores massa de ovo e conversão alimentar por massa de ovo quando comparadas àquelas que receberam dietas do controle negativo. No entanto, com a adição da enzima fitase, a massa de ovo e a conversão alimentar por massa de ovo foram semelhantes ( $P>0,05$ ) aos encontrados na dieta do controle positivo e do controle negativo. Não foi observado efeito significativo ( $P>0,05$ ) para a conversão alimentar por dúzia.

Os valores médios referentes a massa de ovos, a conversão alimentar por massa de ovos (CAMO) e por dúzia (CADZ) estão apresentados na Tabela 4.

**Tabela 4.** Massa de ovos (MO), conversão alimentar por dúzia (CADZ) e por massa de ovos (CAMO) de poedeiras comerciais em função das dietas experimentais

Tratamentos	MO (g/ave/dia)	CAMO (g/g)	CADZ (kg/dz)
1. Controle Positivo	56,16 <sup>A</sup>	1,927 <sup>A</sup>	1,382
2. Controle Negativo (CN)	54,10 <sup>B</sup>	2,002 <sup>B</sup>	1,421
3. CN + 200 U Fitase	54,94 <sup>AB</sup>	1,965 <sup>AB</sup>	1,393
4. CN + 400 U Fitase	55,02 <sup>AB</sup>	1,960 <sup>AB</sup>	1,399
5. CN + 600 U Fitase	55,62 <sup>AB</sup>	1,948 <sup>AB</sup>	1,386
Anova	0,041	0,041	0,149
CV (%)	2,95	2,91	2,86

Médias seguidas de letras distintas na mesma coluna diferem entre si pelo teste SNK ( $P<0,05$ )

CV = Coeficiente de Variação

Estes resultados discordam daqueles verificados por Jalal & Scheideler (2001) que encontraram aumento na massa de ovo e na conversão alimentar por massa de ovo de

poedeiras alimentadas com dietas com nível reduzido de fósforo digestível (0,10% Pd) e suplementadas com fitase (250 e 300 FTU/kg de ração) em relação àquelas que receberam a dieta controle (0,45% Pd).

Portanto, não foram observadas diferenças significativas entre os parâmetros avaliados, indicando que a matriz nutricional preconizada para fitase atendeu plenamente as exigências das aves, mesmo quando foram utilizadas dietas com níveis nutricionais reduzidos.

Os valores médios referentes aos componentes dos ovos estão apresentados na Tabela 5.

**Tabela 5.** Componentes dos ovos de poedeiras comerciais em função das dietas experimentais

<b>Tratamentos</b>	<b>Gema (g)</b>	<b>Casca (g)</b>	<b>Albúmen (g)</b>	<b>Gema (%)</b>	<b>Casca (%)</b>	<b>Albúmen (%)</b>
1. Controle Positivo	14,51	5,46 <sup>AB</sup>	39,47	24,42	9,19	66,39
2. Controle Negativo (CN)	14,66	5,31 <sup>B</sup>	39,24	24,79	8,96	66,25
3. CN + 200 U Fitase	14,50	5,45 <sup>AB</sup>	39,59	24,36	9,15	66,49
4. CN + 400 U Fitase	14,60	5,55 <sup>A</sup>	40,27	24,17	9,19	66,64
5. CN + 600 U Fitase	14,71	5,52 <sup>A</sup>	39,58	24,61	9,24	66,15
Anova	NS	0,026	NS	NS	0,274	NS
CV (%)	2,82	3,38	3,59	3,50	3,48	1,51

Médias seguidas de letras distintas na mesma coluna diferem entre si pelo teste SNK ( $P < 0,05$ )

CV = Coeficiente de Variação

NS = Não Significativo ( $p > 0,05$ )

Com exceção do peso da casca, não houve diferença significativa ( $P > 0,05$ ) entre os demais componentes.

A suplementação de fitase em dietas do controle negativo proporcionou aumento no peso de casca, no entanto, não houve diferença estatística ( $P > 0,05$ ) com relação à casca de ovos de poedeiras alimentadas com a dieta do controle positivo, mas houve aumento ( $P < 0,05$ ) do peso dos ovos das aves que receberam dietas contendo suplementação de 400 e 600 FTU quando comparados aqueles de aves do CN sem suplementação de enzima.

As aves alimentadas com a dieta do controle negativo e sem a suplementação da enzima (T<sub>2</sub>), apresentaram numericamente menor peso de casca, não diferindo (P>0,05), apesar disso; das poedeiras que receberam dietas do controle positivo.

Os valores médios referentes ao consumo de ração com base na matéria seca, ao coeficiente de digestibilidade aparente da matéria seca, a energia metabolizável aparente e aparente corrigida na matéria seca estão apresentados na Tabela 6.

**Tabela 6.** Consumo de ração com base na matéria seca (CMS), coeficiente de digestibilidade aparente da matéria seca (CDAMS), energia metabolizável aparente (EMA) e aparente corrigida na matéria seca (EMAn) das dietas experimentais

Tratamentos	CMS (g)	CDAMS (%)	EMA	EMAn
			Kcal/Kg	
1. Controle Positivo	2919	73,46 <sup>B</sup>	3.432 <sup>A</sup>	3.320 <sup>A</sup>
2. Controle Negativo (CN)	2916	73,76 <sup>B</sup>	3.344 <sup>B</sup>	3.243 <sup>C</sup>
3. CN + 200 U Fitase	3026	73,49 <sup>B</sup>	3.353 <sup>B</sup>	3.255 <sup>BC</sup>
4. CN + 400 U Fitase	2996	74,71 <sup>A</sup>	3.381 <sup>B</sup>	3.278 <sup>BC</sup>
5. CN + 600 U Fitase	3002	74,78 <sup>A</sup>	3.389 <sup>B</sup>	3.290 <sup>AB</sup>
Anova	0,055	0,002	0,000	0,000
CV (%)	3,75	1,39	1,23	1,17

Médias seguidas de letras distintas na mesma coluna diferem entre si pelo teste SNK (P<0,05)

CV = Coeficiente de Variação

Poedeiras alimentadas com o controle positivo obtiveram maiores valores de EMA (88 kcal/kg a mais) e de EMAn (77 kcal/kg a mais) quando comparadas com aquelas que receberam dietas do controle negativo. No entanto, a suplementação de 600U de fitase na dieta proporcionou resultados de EMAn, semelhantes aos encontrados no controle positivo (P>0,05).

Lan et al. (2002), ao avaliarem os valores de EM em dietas compostas por milho e de farelo de soja, observaram que a adição da fitase (250 e 500FTU/kg de ração) em dietas com baixo nível de Pd proporcionou valores de EMA superiores aos encontrados na dieta controle.



A fitase promove aumento na utilização de energia independente dos efeitos sobre a digestão de aminoácidos. Isso ocorre pelo fato de que no trato digestório, os minerais complexados com o ácido fítico formam juntamente com os lipídeos, reações de saponificação, prejudicando desta forma a utilização de lipídeos. A enzima fitase neste caso age liberando o complexo fitato-mineral e impedindo a formação destes sabões metálicos, o que possibilita melhor utilização da energia derivada dos lipídeos (Ravindran et al.,2000).

As aves submetidas aos tratamentos 4 e 5 apresentaram maiores valores de CDAMS, diferindo ( $P<0,05$ ) dos demais tratamentos. Estes resultados demonstram o efeito benéfico da enzima fitase sobre a hidrólise do ácido fítico, liberando nutrientes e enzimas endógenas complexadas, aumentando assim a digestibilidade dos nutrientes nas dietas para poedeiras.

Aumento no CDAMS, semelhantes ao verificado neste experimento, também foram observados por Yi et al. (1996a) em ensaios de digestibilidade aparente com frangos de corte e com perus.

Os valores médios referentes ao coeficiente de metabolizabilidade da energia metabolizável aparente, ao coeficiente de metabolizabilidade da energia metabolizável aparente corrigida e ao balanço de nitrogênio estão apresentados na Tabela 7.

**Tabela 7.** Coeficientes de metabolizabilidade da energia metabolizável (CMEM) e da energia metabolizável aparente corrigida (CMEMAn) e balanço de nitrogênio (BN) das dietas experimentais

Tratamentos	CMEM (%)	CMEMAn (%)	BN (g N retido/ave/dia)
1. Controle Positivo	81,02 <sup>A</sup>	78,38 <sup>AB</sup>	1,341 <sup>A</sup>
2. Controle Negativo (CN)	80,27 <sup>B</sup>	77,86 <sup>B</sup>	1,205 <sup>B</sup>
3. CN + 200 U Fitase	80,48 <sup>B</sup>	78,13 <sup>AB</sup>	1,204 <sup>B</sup>
4. CN + 400 U Fitase	81,17 <sup>A</sup>	78,70 <sup>AB</sup>	1,252 <sup>B</sup>
5. CN + 600 U Fitase	81,35 <sup>A</sup>	78,97 <sup>A</sup>	1,208 <sup>B</sup>
Anova	0,049	0,038	0,002
CV (%)	1,23	1,17	7,56

Médias seguidas de letras distintas na mesma coluna diferem entre si pelo teste SNK ( $P<0,05$ )

CV = Coeficiente de Variação

Poedeiras alimentadas com a dieta controle positivo apresentaram maiores valores de balanço de nitrogênio em relação àquelas que receberam dietas do controle negativo. A suplementação de enzimas nas dietas do controle negativo não foram eficientes em melhorar a retenção de nitrogênio nas aves que receberam tais dietas.

A adição da enzima fitase proporcionou aumento nos valores de CMEM e no CMEMAn semelhante ( $P>0,05$ ) aos encontrados para poedeiras alimentadas com a dieta do controle positivo.

Os valores médios referentes ao fósforo ingerido, excretado e retido estão apresentados na Tabela 8.

**Tabela 8.** Fósforo ingerido, excretado e retido em poedeiras alimentadas com dietas suplementadas com fitase

<b>Tratamentos</b>	<b>P Ingerido (mg/ave/dia)</b>	<b>P Excretado (mg/ave/dia)</b>	<b>P Retido (mg/ave/dia)</b>	<b>P Retido (%)</b>
1. Controle Positivo	589 <sup>A</sup>	389 <sup>A</sup>	201 <sup>A</sup>	34,14
2. Controle Negativo (CN)	385 <sup>B</sup>	253 <sup>B</sup>	133 <sup>B</sup>	34,42
3. CN + 200 U Fitase	390 <sup>B</sup>	255 <sup>B</sup>	135 <sup>B</sup>	34,64
4. CN + 400 U Fitase	387 <sup>B</sup>	253 <sup>B</sup>	135 <sup>B</sup>	34,81
5. CN + 600 U Fitase	389 <sup>B</sup>	249 <sup>B</sup>	141 <sup>B</sup>	36,08
Anova	0,0001	0,0001	0,0001	0,1435
CV (%)	2,13	3,53	6,05	5,53

Médias seguidas de letras distintas na mesma coluna diferem entre si pelo teste SNK ( $P<0,05$ )

CV = Coeficiente de Variação

Poedeiras alimentadas com a dieta do controle positivo apresentaram maiores ingestão, excreção e retenção de fósforo. Quando comparou às poedeiras alimentadas com dietas do controle negativo, a adição de fitase melhorou numericamente a retenção de fósforo (P) e de cálcio (Ca). O controle positivo apresentou o maior valor de fósforo excretado, que pode ser explicado pela maior quantidade de fósforo na dieta.

A concentração de fósforo excretado reduziu em aproximadamente 35,9% em poedeiras alimentadas com dietas contendo 0,15% Pd e 600U de fitase/kg de ração, quando comparadas àquelas que consumiram a dieta com 0,34% Pd e sem suplementação de fitase

(controle positivo). Este fato se deve, principalmente, a diminuição de 78% na quantidade de inclusão do fosfato bicálcico na formulação das dietas quando valorizada a matriz da enzima, ou seja, a quantidade de fósforo fítico que a fitase teoricamente disponibilizaria dos ingredientes de origem vegetal aos animais.

Boling et al. (2000) também observaram decréscimo na excreção de fósforo em poedeiras alimentadas com dietas contendo 0,10% de Pd e 300 FTU/kg de ração, quando comparadas com àquelas que consumiram dietas com 0,45% Pd e sem suplementação de fitase.

Os valores médios referentes ao cálcio ingerido, excretado e retido estão apresentados na Tabela 9.

**Tabela 9.** Cálcio ingerido, excretado e retido em poedeiras alimentadas com dietas suplementadas com fitase

<b>Tratamentos</b>	<b>Ca Ingerido (mg/ave/dia)</b>	<b>Ca Excretado (mg/ave/dia)</b>	<b>Ca Retido (mg/ave/dia)</b>	<b>Ca Retido (%)</b>
1. Controle Positivo	5,62 <sup>A</sup>	2,56 <sup>B</sup>	3,06 <sup>A</sup>	54,46 <sup>A</sup>
2. Controle Negativo (CN)	5,16 <sup>B</sup>	2,72 <sup>A</sup>	2,44 <sup>C</sup>	47,24 <sup>C</sup>
3. CN + 200 U Fitase	5,25 <sup>B</sup>	2,54 <sup>B</sup>	2,71 <sup>A</sup>	51,56 <sup>B</sup>
4. CN + 400 U Fitase	5,21 <sup>B</sup>	2,64 <sup>AB</sup>	2,57 <sup>AC</sup>	49,29 <sup>B</sup>
5. CN + 600 U Fitase	5,21 <sup>B</sup>	2,55 <sup>B</sup>	2,66 <sup>A</sup>	51,12 <sup>B</sup>
Anova	0,0001	0,0103	0,0001	0,0001
CV (%)	2,97	5,21	6,15	4,87

Médias seguidas de letras distintas na mesma coluna diferem entre si pelo teste SNK ( $P < 0,05$ )

CV = Coeficiente de Variação

Observando a retenção de cálcio (mg/ave/dia e %) verificou-se que as aves alimentadas com dieta do controle negativo foram as que apresentaram os menores valores ( $P < 0,05$ ).

A suplementação do menor nível de fitase a dieta do controle negativo foi suficiente em reduzir a excreção e melhorar a retenção de cálcio (mg/ave/dia), não diferindo ( $P > 0,05$ ), portanto, do controle positivo. No entanto, maior retenção de cálcio ( $P < 0,01$ ), em porcentagem, foi obtido para poedeiras que receberam dietas controle positivo.

As aves que receberam dietas com níveis nutricionais reduzidos ou suplementadas com fitase ingeriram menor quantidade de cálcio em relação às aves que receberam a dieta com nível nutricional normal e sem fitase (controle positivo).

#### **4. CONCLUSÃO**

Embora haja aumento do coeficiente de digestibilidade aparente da matéria seca em dietas suplementadas com 400U de fitase/kg, não se observa melhora no desempenho, na qualidade dos ovos, na retenção e na excreção de cálcio e de fósforo de poedeiras comerciais.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BESS, F.; ROSA, A.P.; KRABBE, E.L. et al. Efeito da adição de fitase sobre a porcentagem de postura e densidade de ovos em matrizes de corte. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, Santos, supl.8, p.106, 2006.

BOLING, S.D.; DOUGLAS, M.W.; SHIRLEY, R.B. et al. The effects of various dietary levels of phytase and available phosphorus on performance of laying hens. **Poultry Science**, Champaign, v.79, n.4, p.535-538, 2000.

BORRMANN, M.S.L. Efeitos da adição de fitase, com diferentes níveis de fósforo disponível, em rações de poedeiras de segundo ciclo. **Ciências Agrotécnicas**, Lavras, v.25, n.1, p.181-187, 2001.

CEYLAN, N., S.E. SCHEIDELER and H.L. STILBORN. High available phosphorus corn and phytase in layer diets. **Poultry Science**, v.82, p.789-795, 2003.

CROMWELL, G.L.; COFFEY, R.D. Phosphorus - A key essential nutrient, yet a possible major pollutant - its central role in animal nutrition. In: Alltech's Annual Symposium of Biotechnology in the Feed Industry, 7., 1991, Nicholasville. **Proceedings...** Nicholasville: Alltech Technical Publications, p.133-145, 1991.

CROMWELL, G.L.; COFFEY, R.D.; PARKER, G. R. Efficacy of a recombinant-derived phytase in improving the bioavailability of phosphorus in corn-soybean meal diets for pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.73, n.7, p.2000-2008, 1995.

FRANCESCH, M.; BROZ, J.; BRUFAU, J. Effects of an experimental phytase on performance, egg quality, tibia ash content and phosphorus bioavailability in laying hens fed on maize- or barley-based diets. **British Poultry Science**, Edinburgh, v.46, n.3, p.340-348, 2005.

JALAL, M.A.; SHEIDELER, S.E. Effect of supplementation of two different sources of phytase on egg production parameters in laying hens and nutrient digestibility. **Poultry Science**, Champaign, v.80, n.9-10, p.1463-1471, 2001.

LAN, G.Q.; ABDULLAH, N.; JALALUDIN, S. et al. Efficacy of supplementation of a phytase-producing bacterial culture on the performance and nutrient use of broiler chickens fed corn-soybean meal diets. **Poultry Science**, v.81, n.10, p.1522-1532, 2002.

LIGEIRO, E.C. **Efeito da utilização da fitase sobre o desempenho, qualidade dos ovos, avaliação econômica e excreção de fósforo e nitrogênio de poedeiras comerciais alimentadas com rações contendo ingredientes alternativos**. Jaboticabal. 2007. 81 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

MOREIRA, J.A.; VITTI, D.M.S.S.; LOPES, J.B. Estudo dos efeitos da enzima fitase em rações para suínos através do radiofósforo - P-32. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 37., Viçosa, 2000. **Anais...**, Viçosa, p.292, 2000.

MOREIRA, J.A.; VITTI, D.M.S.S.; TRINDADE NETO, M.A. et al. Enzima fitase e farelo de arroz desengordurado para suínos. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 38., Piracicaba, 2001. **Anais...**, Piracicaba, p.703-704, 2001.

NELSON, T.S; SHIEH, T.R; WODZINSKI, R.J. et al. The Availability of phytate phosphorus in soybean meal before and after treatment with mold Phytase. **Poultry Science**, v.47, p.1842-1848, 1968.

RAVINDRAN, V. et al. Response of broiler chickens to microbial phytase supplementation as influenced by dietary phytic acid and non-phytate phosphorous levels. II. Effects on apparent metabolizable energy, nutrient digestibility and nutrient retention. **British Poultry Science**, Champaign, v.4, p.193-200, 2000.

ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T. DONZELE, J.L. et al. **Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 186p., 2005.

SHELTON, J.L.; SOUTHERN, L.L.; GASTON, L. A. et al. Evaluation of the nutrient matrix values for phytase in broilers. **Journal Applied Poultry Research**, Savoy, v.13, n.3, p.213-221, 2004.

SILVA, D. J. **Análise de alimentos (métodos químicos e biológicos)**. Viçosa, MG: UFV, 166p. 1990.

SIMONS, P.C.M.; VERSTEEGH, H.A.V.; JONGLOED, A.W. et al. Improvement of phosphorus availability by microbial phytase in broilers and pig. **British Journal Nutrition**, v.64, n.2-3, p.525-540, 1990.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA - UFV. SAEG - **Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas**. Versão 8.0. Viçosa, MG: 2000. 59p. (Manual do usuário).

YI, Z.; KORNEGAY, E.T.; DENBOW, D.W. Effect of microbial phytase on nitrogen and amino acid digestibility and nitrogen retention of turkey poutry fed corn-soybean meal diets. **Poultry Science**, Champaign, v.75, n.8, p.979-990, 1996a.



## CAPÍTULO 2

### UTILIZAÇÃO DE XILANASE EM DIETAS COMPOSTAS POR MILHO E FARELO DE SOJA DE POEDEIRAS COMERCIAIS EM POSTURA

**RESUMO:** Objetivou-se avaliar o efeito da adição da enzima xilanase (*Econase XT25*) sobre o metabolismo de nutrientes e o desempenho de poedeiras no período de 24 a 48 semanas de idade. Foram utilizadas 288 poedeiras, distribuídas em um delineamento experimental inteiramente casualizado em arranjo fatorial 2 x 2 (dois níveis de energia metabolizável, sendo 2900 e 2755 kcal/kg X com ou sem adição da enzima xilanase), com doze repetições de seis aves por unidade experimental e quatro tratamentos constituídos da seguinte forma: T<sub>1</sub> = Controle Positivo (CP), T<sub>2</sub> = Controle Negativo (CN), T<sub>3</sub> = CP + Xilanase (37,5 g/ton) e T<sub>4</sub> = CN + Xilanase (37,5 g/ton). As dietas do controle positivo e CP + Xilanase foram formuladas seguindo as recomendações das Tabelas Brasileiras (100% de energia metabolizável); enquanto que, as dietas do controle negativo e CN + Xilanase foram calculadas reduzindo 5% da energia metabolizável. A adição da enzima xilanase ao controle negativo proporcionou produção de ovos e massa de ovos semelhante às poedeiras alimentadas com as dietas do controle positivo. A redução de 5% de energia metabolizável resultou na diminuição da produção de ovos, da massa de ovos, na piora da

conversão alimentar e no aumento do consumo de ração. Os componentes de ovos não foram influenciados pelos tratamentos. Os valores médios da EMAn foram maiores em dietas com a maior energia metabolizável. A adição da enzima xilanase melhorou a utilização da energia e a produção de ovos em dietas de galinhas poedeiras.

## 1. INTRODUÇÃO

Apesar da constante busca por alimentos alternativos, as dietas de aves ainda são formuladas basicamente com o milho e o farelo de soja. No entanto, o farelo de soja apresenta em sua composição, constituintes não digeridos pelas aves ou com digestão incompleta, os quais são denominados de polissacarídeos não amiláceos (Zanella, 1999).

A presença desses polissacarídeos não amiláceos determina aumento da viscosidade do alimento no trato gastrintestinal, o que origina reduções na digestão e absorção de aminoácidos, carboidratos, minerais e outros nutrientes, com conseqüente queda na produtividade das aves (Bedford et al., 1991).

O farelo de soja apresenta 20% de polissacarídeos não amiláceos, com digestibilidade praticamente nula (Cantor, 1995). Além disso, os inibidores de tripsina e as lectinas são os fatores antinutricionais do farelo de soja mais comumente destacados na literatura.

Como as aves não secretam enzimas endógenas necessárias para a ruptura dos  $\beta$ -glucanos, arabinosilanos e outras fibras solúveis ou insolúveis presentes nos cereais, o incremento na viscosidade inevitavelmente prejudica a digestão e absorção dos nutrientes no trato digestivo das aves (Classen & Campbell, 1985).

No intuito de melhorar o valor nutritivo das dietas compostas por milho e farelo de soja, já havia sido sugerido no início da década de 90 o uso de complexos enzimáticos. Assim, o uso de enzimas que sejam capazes de neutralizar os fatores antinutricionais do milho e do farelo de soja, pode resultar em melhor qualidade nutricional da dieta e desempenho animal mais uniforme (Wyatt & Bedford, 1998). Segundo Silva et al. (2000),

as enzimas exógenas aumentam a digestibilidade e a eficiência dos alimentos, reduzindo a ação de inibidores de crescimento e auxiliando as enzimas endógenas nos processos digestivos.

O principal objetivo da utilização de enzimas em dietas compostas por milho e farelo de soja é aproveitar ao máximo os nutrientes que se incluem na dieta e, com isso, melhorar os resultados produtivos das aves (Fuente & Soto-Salanova, 1997).

Assim, este trabalho foi conduzido objetivando-se avaliar a adição da enzima xilanase (*Econase*<sup>®</sup>*XT25*), em dietas compostas por milho e farelo de soja, sobre o metabolismo de nutrientes e o desempenho de poedeiras comerciais .

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

Dois ensaios foram conduzidos no Setor de Avicultura do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa no período de 26 de abril a 11 de outubro de 2007. Inicialmente as aves foram selecionadas de acordo com o peso corporal para uniformização do lote e por um período de 28 dias a produção foi controlada individualmente para posterior redistribuição para equalização da produção.

No ensaio 1, foram utilizadas 288 galinhas poedeiras da linhagem *Bovans Goldline*, de 24 a 48 semanas de idade durante 168 dias. As aves foram alojadas em um galpão de alvenaria com cobertura de telhas de barro em duas águas, telado, com pé direito de 2,0 m e composto internamente por gaiolas de arame galvanizado com quatro compartimentos de 25 x 45 x 40 cm (largura, profundidade e altura), distribuídas lateralmente em dois andares, sendo o de baixo posicionado a 0,80m do piso. O comedouro e o bebedouro utilizado foram do tipo calha galvanizada, percorrendo toda extensão frontal das gaiolas.

Durante todo o período experimental, a temperatura no interior do galpão foi monitorada diariamente, duas vezes ao dia (8 e 16 horas), por meio da utilização de termômetros de máxima e mínima. As aves receberam ração e água à vontade e 17 horas de luz/dia durante todo o período experimental, respeitando as recomendações de manejo do manual da linhagem. Os ovos foram colhidos duas vezes ao dia (8 e 16 horas), com anotação, em fichas apropriadas da frequência de postura e da mortalidade das aves.

A composição centesimal das dietas experimentais encontra-se na Tabela 1.

**Tabela 1.** Composições percentuais e calculadas das dietas, na matéria natural

<b>Ingredientes (%)</b>	<b>EM100</b>	<b>EM95</b>
Milho moído	62,372	65,318
Farelo de soja (45%)	23,675	23,343
Óleo	2,806	0,100
Fosfato bicálcico	1,343	1,333
Calcário	8,894	8,900
Sal comum	0,483	0,482
DL-metionina (99%)	0,209	0,203
L-lisina HCl (78,5%)	0,008	0,011
Suplemento vitamínico <sup>1</sup>	0,100	0,100
Suplemento mineral <sup>2</sup>	0,050	0,050
Cloreto de colina (60%)	0,050	0,050
Antioxidante <sup>3</sup>	0,010	0,010
Amido <sup>4</sup>	---	0,100
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>100</b>
<b><i>Composição calculada</i></b>		
Energia metabolizável (kcal/kg)	2900	2755
Proteína bruta (%)	16,00	16,10
Cálcio (%)	3,820	3,820
Fósforo disponível (%)	0,341	0,341
Lisina digestível (%)	0,741	0,741
Met + Cis digestível (%)	0,674	0,674
Metionina digestível (%)	0,443	0,439
Treonina digestível (%)	0,540	0,543
Triptofano digestível (%)	0,170	0,170
Arginina digestível (%)	0,982	0,982
Isoleucina digestível (%)	0,617	0,618
Valina digestível (%)	0,675	0,679

<sup>1</sup> Suplemento Vitamínico – Quantidade por kg da dieta: 7.000 UI de Vitamina A; 1.600 UI de Vitamina D<sub>3</sub>; 8 UI de Vitamina E, 1,0 mg de Vitamina K<sub>3</sub>; 1,0 mg de Vitamina B<sub>6</sub>; 0,010 mg de Vitamina B<sub>12</sub>; 7,0 mg de Acido Pantotênico; 0,020 mg de Biotina e 20mg de Acido Nicotínico.

<sup>2</sup> Suplemento Mineral – Quantidade por kg da dieta: 65mg de Mn; 50,0 mg de Fe; 60,0 mg de Zn; 10,0 mg de Cu; 0,8 mg de I; 0,3 mg de Se.

<sup>3</sup> Butil hidroxi tolueno 99%

<sup>4</sup> *Econase XT25* (37,5 g/ton) substitui o amido nesta quantidade nas dietas 3 e 4.

As aves foram distribuídas em delineamento inteiramente casualizado em arranjo fatorial 2 x 2 (dois níveis de energia metabolizável, sendo 2900 e 2755 kcal/kg X com ou sem adição da enzima xilanase), resultando em quatro tratamentos, compostos por doze repetições de seis aves por unidade experimental.

Seguindo as recomendações das Tabelas Brasileiras (Rostagno et al. 2005), as dietas experimentais consistiram em: Controle Positivo (EM100), Controle Negativo (EM95), EM100 + Xilanase (37,5 g/ton) e o EM95 + Xilanase (37,5 g/ton).

As características de desempenho avaliadas foram:

- Consumo de ração (g/ave/dia), determinado por diferença entre peso da ração fornecida e o peso da sobra de ração nos comedouros e recipientes em cada parcela ao término de cada período de 28 dias. Ao final do experimento, foi calculada a média do consumo nos 6 períodos (168 dias).
- Produção de ovos (%/ave/dia), calculada dividindo-se o total de ovos produzidos pelo número de aves de cada parcela, e pelo número de dias vezes 100;
- Peso dos ovos, onde todos os ovos íntegros nos cinco últimos dias de cada mês dentro do período experimental (28 dias) foram pesados para o cálculo do peso médio dos ovos;
- Massa de ovos (g/ave/dia), como o produto da percentagem de ovos/ave/dia e do peso médio dos ovos em cada parcela;
- Conversão alimentar por massa de ovos, calculada pela relação entre gramas de ração ingerida pelas aves e massa de ovo produzida em gramas;
- Conversão alimentar por dúzia de ovos, calculada pela relação entre a quantidade de ração consumida (kg) por dúzia de ovo produzida em cada parcela.

Para obtenção dos componentes do ovo, foram avaliados os pesos de gema, do albúmen e da casca utilizando-se seis ovos de cada repetição, coletados aleatória e diariamente do total de ovos coletados nos três últimos dias de cada período. Os ovos de cada repetição e de cada dia foram pesados individualmente em balança com precisão de 0,001g e, após as pesagens, foram identificados e quebrados. A gema de cada ovo foi

pesada e a respectiva casca foi lavada e seca ao ar para posterior obtenção do peso da casca sem a membrana interna. O peso do albúmen foi calculado como a diferença entre o peso do ovo e os pesos da gema e da casca.

No ensaio de metabolismo (ensaio 2) utilizaram-se, simultaneamente, as 288 poedeiras com 34 semanas de idade do ensaio 1, portanto, manteve-se o mesmo delineamento adotado no experimento de desempenho.

As rações fornecidas foram pesadas no início e no final do período total de coleta com a finalidade de se obter o consumo médio de ração e de energia bruta em cada repetição.

Sob as gaiolas foram colocadas bandejas metálicas, revestidas com plásticos, permitindo a coleta das excretas. Esta foi feita diariamente, em intervalos de 8 horas, durante cinco dias.

As excretas recolhidas em cada unidade experimental, após a eliminação de penas, resíduos de ração e outras fontes de contaminação, foram transferidas para sacos plásticos devidamente identificados, pesados e armazenados em *freezer* a -12 °C. Posteriormente, foram descongeladas, reunidas por repetição, homogeneizadas, retirando-se uma alíquota de 400g, sendo esta mantida em estufa de ventilação forçada por 72 horas a 55° C, para secagem. Sendo posteriormente pesadas, moídas e acondicionadas para as análises.

Foram anotadas as quantidades de rações consumidas e de excretas produzidas. As análises laboratoriais da matéria seca, do nitrogênio e do fósforo, das rações e das excretas seguiram a metodologia descrita por Silva (1990).

Todas as análises foram realizadas em duplicatas no Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da UFV. Os valores de energia bruta (EB) foram determinados por meio de bomba calorimétrica adiabática Parr.

Após a obtenção dos resultados das análises laboratoriais das dietas e das excretas, foram calculados os coeficientes de metabolizabilidade aparente da matéria seca (CMAMS), da energia metabolizável corrigida (EMAn) e do seu respectivo coeficiente de metabolizabilidade (CMEMn); além do balanço de nitrogênio (BN). O coeficiente de metabolizabilidade (porcentagem de energia bruta metabolizada na forma de EMA e de EMAn) foi calculado utilizando-se os valores de energia metabolizável divididos pela



energia bruta referente a cada tratamento. Determinaram-se também os valores médios de ingestão, de excreção e de retenção aparente de fósforo e de cálcio.

As análises estatísticas de ambos os experimentos foram feitas utilizando análise de variância e na ocorrência de efeito significativo, a comparação de médias entre tratamentos foi realizada pelo teste F, ao nível de 5% de probabilidade, utilizando o *software* SAEG (2000) – Sistema de Análise Estatística e Genética, desenvolvido pela Universidade Federal de Viçosa - UFV.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As condições ambientais mostraram os índices característicos da região durante o período em que se realizou o experimento, não havendo ocorrência climática anormal que pudesse provocar alterações no desempenho das aves (Tabela 2).

**Tabela 2.** Médias das temperaturas, mínima e máxima, registradas no interior da instalação durante o período experimental

<b>Período (semanas)</b>	<b>Mínima, C°</b>	<b>Máximo, C°</b>
25 - 28	16,2 (14)	24,2 (28)
29 - 32	16,8 (14)	25,1 (30)
33 - 36	16,0 (15)	24,4 (28)
37 - 40	17,2 (16)	26,2 (30)
41 - 44	17,8 (16)	27,1 (33)
45 - 48	18,3 (15)	27,7 (32)

Valores entre parênteses representam temperaturas e mínimas e máximas obtidas

Os valores médios referentes ao consumo de ração, ao peso dos ovos, a produção de ovos, a massa de ovos e a conversão por massa de ovos (CAMO) e por dúzia (CADZ) estão apresentados na Tabela 3.

**Tabela 3.** Consumo de ração (CR), peso dos ovos (PO), produção de ovos (POAD), massa de ovos (MO) e conversão alimentar por massa de ovos (CAMO) e por dúzia (CADZ) de poedeiras em função dos níveis de energia metabolizável e da suplementação de xilanase na dieta

		CR (g/ave/dia)			PO (g)		
Xilanase		EM100	EM95	Média	EM100	EM95	Média
(-)		115,4	117,0	116,19	61,22	60,47	60,85
(+)		116,1	118,7	117,40	60,67	60,43	60,55
Média		115,8 <sup>A</sup>	117,8 <sup>B</sup>		60,95	60,45	
CV (%)			2,02			1,87	
		POAD (%/ave/dia)			MO (g/ave/dia)		
Xilanase		EM100	EM95	Média	EM100	EM95	Média
(-)		94,3 <sup>Aa</sup>	92,1 <sup>Bb</sup>	93,19 <sup>b</sup>	57,77 <sup>Aa</sup>	55,75 <sup>Bb</sup>	56,76
(+)		94,0 <sup>Aa</sup>	94,7 <sup>Aa</sup>	94,35 <sup>a</sup>	56,99 <sup>Aa</sup>	57,33 <sup>Aa</sup>	57,16
Média		94,16	93,38		57,38 <sup>A</sup>	56,54 <sup>B</sup>	
CV (%)			1,97			2,20	
		CAMO (g/g)			CADZ (kg/dz)		
Xilanase		EM100	EM95	Média	EM100	EM95	Média
(-)		1,998 <sup>Aa</sup>	2,093 <sup>Bb</sup>	2,045	1,467	1,519	1,493
(+)		2,038 <sup>Bb</sup>	2,070 <sup>Bb</sup>	2,054	1,484	1,509	1,496
Média		2,018 <sup>A</sup>	2,081 <sup>B</sup>		1,476 <sup>A</sup>	1,514 <sup>B</sup>	
CV (%)			2,03			2,33	

Médias seguidas de diferentes letras maiúsculas (linha) e minúsculas (colunas) diferem estatisticamente entre si pelo teste F (P<0,05)

CV = Coeficiente de Variação

(+) = Com Xilanase e (-) = Sem Xilanase

EM100: Dietas com 2900 kcal EM/kg

EM95: Dietas com 2755 kcal EM/kg (5% de redução da EM)

Comparando as características produtivas entre EM100 e EM95 sem a adição da enzima xilanase, observou-se diminuição significativa (P<0,05) do percentual de postura e da massa de ovos (MO) e piora (P<0,05) da conversão alimentar por massa de ovos (CAMO).

A adição da xilanase com o menor nível de energia metabolizável (CN + xilanase) melhorou (P<0,05) o percentual de postura e a massa de ovo em média 2,8% quando

comparada com as aves alimentadas com a dieta controle de mesma energia metabolizável (Controle Negativo). No entanto, os resultados encontrados para as aves submetidas ao CN + xilanase para o percentual de postura e massa de ovos não diferiram ( $P>0,05$ ) daqueles observados quando as aves receberam as dietas com o maior nível de energia metabolizável (2900 kcal/kg) e sem suplementação de enzima.

Não foram observados efeito ( $P>0,05$ ) sobre as variáveis consumo de ração e conversão alimentar (g/g e kg/dz) com a suplementação da xilanase. Tais resultados discordam dos apresentados por Ny et al. (1998) e Mathlouthi et al. (2003), que detectaram melhora significativa da conversão alimentar de poedeiras que receberam dietas suplementadas com enzimas. Entretanto, a redução do nível de energia das dietas ocasionou aumento do consumo de ração e piora da conversão alimentar, provavelmente porque, com a redução do nível de energia nas dietas, as aves passaram a se alimentar mais para manterem o nível diário de ingestão de energia.

Da mesma forma, não houve efeito das dietas sobre o peso do ovo ( $P>0,05$ ). Este resultado está de acordo com o relato de Leeson (1996) de que o nível de energia em condições normais não influencia o tamanho do ovo. Ny et al. (1998) também verificaram que a redução de 3% no valor energético da dieta não influenciou o peso dos ovos.

Pack & Bedford (1997) e Strada et al. (2005) observaram que a redução da densidade energética e aminoacídica em dietas compostas por milho e farelo de soja, contendo enzimas, não comprometeram o desempenho de frangos de corte, podendo ser um recurso na redução dos custos de produção.

Os valores médios referentes aos componentes dos ovos estão apresentados na Tabela 4.

**Tabela 4.** Componentes dos ovos de poedeiras em função dos níveis de energia metabolizável e da suplementação de xilanase na dieta

Xilanase	Gema (g)			Casca (g)			Albúmen (g)		
	EM100	EM95	Média	EM100	EM95	Média	EM100	EM95	Média
(-)	15,44	15,28	15,36	5,70	5,66	5,68	40,48	40,11	40,29
(+)	15,50	15,11	15,31	5,60	5,65	5,63	39,87	40,02	39,94
Média	15,47 <sup>A</sup>	15,19 <sup>B</sup>		5,65	5,66		40,17	40,06	
CV (%)		2,27			2,62			2,21	

Xilanase	Gema (%)			Casca (%)			Albúmen (%)		
	EM100	EM95	Média	EM100	EM95	Média	EM100	EM95	Média
(-)	25,04	25,02	25,03	9,25	9,27	9,26	65,71	65,71	65,71
(+)	25,40	24,85	25,12	9,19	9,30	9,25	65,41	65,85	65,63
Média	25,22	24,93		9,22	9,29		65,56	65,78	
CV (%)		2,29			2,40			0,93	

Médias seguidas de diferentes letras diferem estatisticamente entre si pelo teste F (P<0,05)

CV = Coeficiente de Variação

(+) = Com Xilanase e (-) = Sem Xilanase

EM100: Dietas com 2900 kcal EM/kg

EM95: Dietas com 2755 kcal EM/kg (5% de redução da EM)

De uma maneira geral, observou-se que os parâmetros de componentes dos ovos avaliados não foram alterados pelas dietas experimentais (P>0,05) quando comparados com os valores obtidos com o controle positivo. Entretanto, as aves que receberam dietas com o maior nível de energia metabolizável apresentaram maior peso de gema.

De acordo com Lecznieski (2006), em matrizes nutricionais com níveis adequados ou ligeiramente deficientes, a adição de enzimas pode liberar nutrientes que o animal não necessita ou mesmo não conseguirá converter em maiores índices produtivos. Esse fator pode ter sido determinante nos resultados obtidos. Nesse sentido, é importante a determinação exata do perfil nutricional dos ingredientes para a correta valorização dos nutrientes e obtenção dos resultados esperados.

A literatura consultada praticamente não traz resultados de pesquisa a respeito do efeito da xilanase sobre as características internas e externas dos ovos. Isso, provavelmente, deve-se ao fato, de que, apesar das enzimas estarem sendo utilizadas há muitos anos e por

vários setores da indústria, somente nos últimos 10-15 anos vêm sendo testadas para serem empregadas na alimentação animal.

Os valores médios referentes ao consumo de ração com base na matéria seca, ao coeficiente de metabolizabilidade aparente da matéria seca, a energia metabolizável aparente corrigida e ao coeficiente de metabolizabilidade da energia metabolizável aparente corrigida estão apresentados na Tabela 5.

**Tabela 5.** Consumo de ração com base na matéria seca (CMS), coeficiente de metabolizabilidade aparente da matéria seca (CMAMS), energia metabolizável aparente corrigida (EMAn) e coeficiente de metabolizabilidade da energia metabolizável aparente corrigida (CMEMAn) das dietas experimentais

		CMS (g)			CMAMS (%)		
Xilanase		EM100	EM95	Média	EM100	EM95	Média
(-)		2837	2910	2874	74,14	74,22	74,18
(+)		2894	2931	2913	73,47	74,49	73,98
Média		2866 <sup>B</sup>	2921 <sup>A</sup>		73,81	74,36	
CV (%)		2,85			1,40		
		EMAn (kcal/kg MS)			CMEMAn (%)		
Xilanase		EM100	EM95	Média	EM100	EM95	Média
(-)		3.277	3.157	3.217	77,76	77,60	77,68
(+)		3.295	3.169	3.232	78,17	77,90	78,04
Média		3.286 <sup>A</sup>	3.163 <sup>B</sup>		77,97	77,75	
CV (%)		0,97			0,97		

Médias seguidas de diferentes letras diferem estatisticamente entre si pelo teste F (P<0,05)

CV = Coeficiente de Variação

(+) = Com Xilanase e (-) = Sem Xilanase

EM100: Dietas com 2900 kcal EM/kg

EM95: Dietas com 2755 kcal EM/kg (5% de redução da EM)

Dentre as dietas avaliadas, não se observou efeito (P>0,05) com a adição da xilanase em nenhum parâmetro estudado. O valor médio da energia metabolizável aparente corrigida foi maior em dietas com a maior energia metabolizável (EM100), entretanto, não houve diferença significativa (P>0,05) para o coeficiente de metabolizabilidade corrigido entre os dois níveis de energia metabolizável.

No entanto, Kocher et al. (2003) verificaram aumento da energia metabolizável aparente corrigida em dietas compostas por milho e farelo de soja para frangos com a dosagem combinada de pectinase, protease e amilase somente quando as dietas basais apresentavam baixa proteína e energia. Da mesma forma, Meng et al. (2005) e Slominski et al. (2006) utilizando a suplementação de enzimas para avaliar o aproveitamento energético das dietas de frangos de corte, verificaram que o uso de enzimas exógenas foram eficientes na degradação dos polissacarídeos não amiláceos, melhorando o aproveitamento da energia da dieta.

Mathlouthi et al. (2003), em experimento realizado com frangos de corte, observaram melhor digestibilidade dos nutrientes e da energia metabolizável aparente (EMA) em dietas compostas por milho, farelo de arroz e cevada quando suplementadas com xilanase e  $\beta$ -glucanase.

Os valores médios referentes ao balanço de nitrogênio estão apresentados na Tabela 6.

**Tabela 6.** Balanço de nitrogênio (BN) das dietas experimentais

<b>BN (g N retido/ave/dia)</b>			
Xilanase	EM100	EM95	Média
(-)	1,382	1,246	1,314
(+)	1,354	1,250	1,302
Média	1,368 <sup>A</sup>	1,248 <sup>B</sup>	
CV (%)		6,97	

Médias seguidas de diferentes letras diferem estatisticamente entre si pelo teste F (P<0,05)

CV = Coeficiente de Variação

(+) = Com Xilanase e (-) = Sem Xilanase

EM100: Dietas com 2900 kcal EM/kg

EM95: Dietas com 2755 kcal EM/kg (5% de redução da EM)

As aves alimentadas com dietas do controle positivo e do CP + Complexo Enzimático apresentaram maior balanço de nitrogênio (BN), entretanto, não houve efeito (P>0,05) com a suplementação da xilanase.

#### **4. CONCLUSÃO**

A suplementação da enzima xilanase em dietas contendo níveis reduzidos de energia (2755 Kcal de EM/Kg) melhora a produção e a massa de ovos de poedeiras comerciais de 24 a 48 semanas de idade.



## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BEDFORD, M.R.; CLASSE, H.L.; CAMPBELL, G.L. The effect of pelleting, salt and pentosanase on the viscosity of intestinal contents and the performance of broiler fed rye. **Poultry Science**, Ithaca, v.70, n.7, p.1571-1577, 1991.

CANTOR, A. Enzimas usadas na Europa, Estados Unidos e Ásia. Possibilidades para uso no Brasil. In: Ronda Latino Americana de Biotecnologia, Curitiba. **Anais...** Curitiba: Alltech, p.31-32, 1995.

CLASSEN, H.L.; CAMPBELL, G.L.; ROSSNAGEL, B.G. Studies on the hull barley in chick diets: deleterious effects and methods of avallution. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v.65, n.3, p.725-733, 1985.

FUENTE, J.M.; SOTO-SALANOVA, M.F. Utilización de enzimas para mejorar el valor nutritivo de las dietas maíz sorgo/ soja en avicultura. **Selecciones Avícolas**. Madrid, Espanha. p.271-275, 1997.

KOCHER, A.; CHOCT, M. ; ROSS, G. et al. Effects of enzyme combinations on apparent metabolizable energy of corn–soybean meal-based diets in broilers. **Journal of Applied Poultry Research**, v.12, p.275-283, 2003.

LECZNIESKI, J.L. Enzimas, visão brasileira. In: FORUM DE ENZIMAS, 2006, Curitiba. **Anais...** Curitiba: DSM Nutritional Products, p.01-13, 2006.

LEESON, S. Programas de alimentación para ponedoras e broilers. In: **XII Curso de Especialización FEDNA**. Madrid, Espanha. p.201-216, 1996.

LEESON, S. Enzimas para aves. In: Simpósio Internacional sobre Nutrição de Aves, 1999, Campinas. **Anais...** Campinas: FACTA, p.173-185, 1999.

- MATHLOUTHI, N.; MOHAMED, M.A.; LARBIER, M. Effect of enzyme preparation containing xylanase and  $\beta$ -glucanase on performance of laying hens fed wheat/barley or maize/soybean mealbased diets. **British Poultry Science**, v.44, p.60-66, 2003
- MENG, X.; SLOMINSKI, B.A.; NYACHOTI, C.M. et al. Degradation of cell wall polysaccharides by combinations of carbohydrase enzymes and their effect on nutrient utilization and broiler chicken performance. **Poultry Science**, v.84, n.1, p.37-47, 2005.
- NY, L.E.P., WYATT, C., CRESWELL, D. El uso de enzimas para maximizar la utilización de los nutrientes en dietas para ponedoras. In: Enzimas - Desarrollando su potencial en dietas para aves basadas en milho/soja. **Finfeeds International Inc.** Seminário Atlanta. p.32-37, 1998.
- PACK, M.; BEDFORD, M. Feed enzymes for corn-soybean broiler diets. A new concept to improve nutritional value and economics. **World Poultry Science Journal**, v.13, p.87-93, 1997.
- ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T. DONZELE, J.L. et al. **Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos: Composição de Alimentos e Exigências Nutricionais**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 186p., 2005.
- SILVA, D.J. **Análise de Alimentos (Métodos Químicos e Biológicos)**. Viçosa, MG: UFV, 166p. 1990.
- SILVA, H.O.; FONSECA, R.A.; FILHO, R.S.G. 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**, 29(3):823-829, 2000.
- SLOMINSKI, B.A.; MENG, X.; CAMPBELL, L.D. et al. The use of enzyme technology for improved energy utilization from full-fat oilseeds. Part II: Flaxseed. **Poultry Science**, v.85, p.1031-1037, 2006.
- STRADA, E.S.O.; ABREU, R.D.; OLIVEIRA, G.J.C. et al. Uso de enzimas na alimentação de frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.6, p.2369-2375, 2005.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA. **SAEG - Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas**. Versão 8.0. Viçosa, MG: 2000. 59p. (Manual do usuário).
- WYATT, C.L.; BEDFORD, M.R. Uso de enzimas nutricionais para maximizar a utilização de nutrientes pelo frango de corte em dietas compostas por milho: recentes progressos no desenvolvimento e aplicação prática. In: Seminário Técnico Finnfeeds, 1998, Curitiba. **Anais...** Curitiba: Finnfeeds, p.02-12. 1998.

YU, B.; CHUNG, T.K. Effects of multiple-enzyme mixtures on growth performance of broilers fed corn-soybean meal diets. **Journal of Applied Poultry Research**, v.13, n.2, p.178-182, 2004.

ZANELLA, I.; SAKOMURA, N.K.; SILVERSIDES, F.G. et al. Effect of supplementation of broiler diets based on corn and soybeans. **Poultry Science**, v.78, p.561-568, 1999.

## CAPÍTULO 3

### EFEITOS DA ADIÇÃO DE COMPLEXO ENZIMÁTICO EM DIETAS DE POEDEIRAS COMERCIAIS EM POSTURA

**RESUMO:** Objetivou-se verificar o efeito da adição do complexo enzimático (*Rovábio<sup>®</sup>Max*) sobre o metabolismo de nutrientes e o desempenho de poedeiras. Foram utilizadas 216 poedeiras da linhagem *Bovans Goldline*, no período de 24 a 36 semanas de idade, distribuídas em delineamento experimental inteiramente casualizado, com doze repetições de seis aves por unidade experimental e três tratamentos constituídos da seguinte forma: T<sub>1</sub> = Controle Positivo (CP), T<sub>2</sub> = Controle Negativo (CN), T<sub>3</sub> = CN + Complexo Enzimático (100 g/ton). A dieta do controle positivo foi formulada seguindo as recomendações das Tabelas Brasileiras e a dieta do controle negativo foi calculada reduzindo os nutrientes presentes na matriz nutricional da enzima de acordo com a empresa produtora. Comparando as aves que receberam dietas do controle positivo e do controle negativo, a adição do complexo enzimático nas dietas de controle negativo melhorou (P<0,05) o percentual de postura e a conversão alimentar por dúzia. A redução dos níveis nutricionais das dietas resultou em menores valores de EMA e EMAn. A suplementação do complexo enzimático às dietas com menores níveis nutricionais melhorou os valores de EMA, resultando em valores similares aos apresentados pelas aves alimentadas com a dieta

do controle positivo. Poedeiras alimentadas com a dieta do controle positivo apresentaram maiores ingestão, excreção e retenção de fósforo (mg/ave/dia), entretanto, houve maior retenção de fósforo (%) pelas aves que receberam o tratamento com suplementação do complexo enzimático ( $P < 0,01$ ). Portanto, a utilização do complexo enzimático mostrou-se eficiente em dietas para poedeiras pelo aumento exercido no percentual de postura, pela melhora da conversão alimentar por dúzia e pelo aumento nos valores de EMA e retenção de fósforo em dietas nutricionalmente deficientes.

## 1. INTRODUÇÃO

A necessidade de se melhorar o desempenho das aves objetivando reduzir os custos de produção tem motivado alguns pesquisadores ao estudo de determinadas práticas, principalmente aquelas relacionadas a programas nutricionais, buscando adequar economicamente a adição de enzimas nas rações (Garcia, 1997).

No Brasil, as rações para aves são formuladas principalmente à base de milho e farelo de soja, que representam cerca de 90% da dieta, contribuindo substancialmente para satisfazer as necessidades em energia, proteínas, minerais e vitaminas de acordo com as tabelas e recomendações das empresas fornecedoras das linhagens existentes no mercado.

Uma boa alimentação deve conter alimentos com ótima digestibilidade, entretanto, os alimentos vegetais apresentam em sua composição bromatológica constituintes denominados polissacarídeos não-amiláceos, que aumentam a viscosidade intestinal, dificultando a ação das enzimas endógenas e a absorção; além dos fitatos, que indisponibilizam minerais, principalmente os metais bivalentes (Guenter, 1993).

Uma das alternativas para obtenção de resultados mais favoráveis é o uso de enzimas exógenas na alimentação. Essas enzimas provocam ruptura das paredes celulares das fibras, redução da viscosidade, diminuição dos fatores antinutricionais, melhora da produção das enzimas endógenas do animal, da digestibilidade e da absorção dos nutrientes (Pack & Bedford, 1997).

O fato de as enzimas serem específicas em suas reações determina que os produtos que tenham só uma enzima sejam insuficientes para produzir o máximo benefício. Isso sugere que misturas de enzimas sejam mais efetivas no aproveitamento dos nutrientes das

dietas. Assim, vários estudos vêm sendo realizados com a adição de enzimas exógenas, sobretudo na forma de “complexo multienzimático”.

Para os polissacarídeos não-amiláceos, existem vários complexos enzimáticos com efeitos sobre a digestão de arabinosilanos, compostos por pentosanas e  $\alpha$ -glucanos. No caso dos fitatos, a enzima fitase tem se mostrado muito eficaz na liberação do fósforo da estrutura anelada do fitato, bem como dos minerais citados como cálcio, zinco, ferro e manganês (Bertechini, 2007).

Portanto, este trabalho foi conduzido objetivando-se avaliar a adição do complexo multienzimático (*Rovábio*<sup>®</sup>*Max*) contendo  $\beta$ -glucanases, xilanases, pectinases, proteases e fitase, em dietas compostas de milho e de farelo de soja, sobre o metabolismo de nutrientes e o desempenho de galinhas poedeiras.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

Dois ensaios foram conduzidos no Setor de Avicultura do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa no período de 26 de abril a 18 de julho de 2007. Inicialmente as aves foram selecionadas de acordo com o peso corporal para uniformização do lote e por um período de 28 dias a produção foi controlada individualmente para posterior redistribuição para equalização da produção.

No ensaio 1, foram utilizadas 216 poedeiras da linhagem *Bovans Goldline*, de 24 a 36 semanas de idade durante 84 dias. As aves foram alojadas em um galpão de alvenaria com cobertura de telhas de barro em duas águas, telado, com pé direito de 2,0 m e composto internamente por gaiolas de arame galvanizado com quatro compartimentos de 25 x 45 x 40 cm (largura, profundidade e altura), distribuídas lateralmente em dois andares, sendo o de baixo posicionado a 0,80m do piso. O comedouro e o bebedouro utilizado foram do tipo calha galvanizada, percorrendo toda extensão frontal das gaiolas.

Durante todo o período experimental, a temperatura no interior do galpão foi monitorada diariamente, duas vezes ao dia (8 e 16 horas), por meio da utilização de termômetros de máxima e mínima. As aves receberam ração e água à vontade e, 17 horas de luz por dia durante todo o período experimental, respeitando as recomendações de manejo do manual da linhagem. Os ovos foram colhidos duas vezes ao dia (8 e 16 horas), com anotação, em fichas apropriadas da frequência de postura e da mortalidade das aves.

A composição centesimal das dietas experimentais encontra-se na Tabela 1.



**Tabela 1.** Composições percentuais e calculadas das dietas, na matéria natural

<b>Ingredientes (%)</b>	<b>Controle Positivo</b>	<b>Controle Negativo</b>
Milho moído	62,372	64,594
Farelo de soja (45%)	23,675	23,068
Óleo	2,806	1,506
Fosfato bicálcico	1,343	0,798
Calcário	8,894	9,035
Sal comum	0,483	0,483
DL-metionina (99%)	0,209	0,198
L-lisina HCl (78,5%)	0,008	0,008
Suplemento vitamínico <sup>1</sup>	0,100	0,100
Suplemento mineral <sup>2</sup>	0,050	0,050
Cloreto de colina (60%)	0,050	0,050
Antioxidante <sup>3</sup>	0,010	0,010
Amido <sup>4</sup>	---	0,100
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>100</b>
<b><i>Composição calculada</i></b>		
Energia metabolizável (Kcal/kg)	2900	2850
Proteína bruta (%)	16,00	15,76
Cálcio (%)	3,820	3,740
Fósforo disponível (%)	0,341	0,241
Lisina digestível (%)	0,741	0,730
Met + Cis digestível (%)	0,674	0,664
Metionina digestível (%)	0,443	0,432
Treonina digestível (%)	0,540	0,537
Triptofano digestível (%)	0,170	0,167
Arginina digestível (%)	0,982	0,971
Isoleucina digestível (%)	0,617	0,611
Valina digestível (%)	0,675	0,671

<sup>1</sup> Suplemento Vitamínico – Quantidade por kg da dieta: 7.000 UI de Vitamina A; 1.600 UI de Vitamina D<sub>3</sub>; 8 UI de Vitamina E, 1,0 mg de Vitamina K<sub>3</sub>; 1,0 mg de Vitamina B<sub>6</sub>; 0,010 mg de Vitamina B<sub>12</sub>; 7,0 mg de Acido Pantotênico; 0,020 mg de Biotina e 20mg de Acido Nicotínico.

<sup>2</sup> Suplemento Mineral – Quantidade por kg da dieta: 65mg de Mn; 50,0 mg de Fe; 60,0 mg de Zn; 10,0 mg de Cu; 0,8 mg de I; 0,3 mg de Se.

<sup>3</sup> Butil hidroxi tolueno 99%

<sup>4</sup> Rovábio<sup>®</sup>Max (100 g/ton) substitui o amido nesta quantidade na dieta 3.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado constituído de três tratamentos, com doze repetições de seis aves por unidade experimental. Os tratamentos experimentais aplicados foram: T<sub>1</sub> - Controle positivo (CP); T<sub>2</sub> - Controle Negativo (CN) e T<sub>3</sub> - CN + Complexo Enzimático (100 g/ton).

A dieta do controle positivo composta por milho e de farelo de soja foi formulada seguindo as recomendações das Tabelas Brasileiras (Rostagno et al., 2005). As dietas dos tratamentos 2 e 3 (CN) foram calculadas reduzindo 50 kcal/kg de energia metabolizável, 1,5% de proteína bruta, 0,08% de cálcio, 0,1% de fósforo disponível e de 1,5% de aminoácidos presentes na matriz nutricional do complexo enzimático (*Rovábio*<sup>®</sup> *Max*).

As características de desempenho avaliadas foram:

- Consumo de ração (g/ave/dia), determinado por diferença entre peso da ração fornecida e o peso da sobra de ração nos comedouros e recipientes em cada parcela ao término de cada período de 28 dias. Ao final do experimento, foi calculada a média do consumo nos 3 períodos (84 dias).
- Produção de ovos (%/ave/dia), calculada dividindo-se o total de ovos produzidos pelo número de aves de cada parcela, e pelo número de dias vezes 100;
- Peso dos ovos, onde todos os ovos íntegros nos cinco últimos dias de cada mês dentro do período experimental (28 dias) foram pesados para o cálculo do peso médio dos ovos;
- Massa de ovos (g/ave/dia), como o produto da percentagem de ovos/ave/dia e do peso médio dos ovos em cada parcela;
- Conversão alimentar por massa de ovos, calculada pela relação entre gramas de ração ingerida pelas aves e massa de ovo produzida em gramas;
- Conversão alimentar por dúzia de ovos, calculada pela relação entre a quantidade de ração consumida (kg) por dúzia de ovo produzida em cada parcela.

Para obtenção dos componentes do ovo, foram avaliados os pesos de gema, do albúmen e da casca utilizando-se seis ovos de cada repetição, coletados aleatória e

diariamente do total de ovos coletados nos três últimos dias de cada período. Os ovos de cada repetição e de cada dia foram pesados individualmente em balança com precisão de 0,001g e, após as pesagens, foram identificados e quebrados. A gema de cada ovo foi pesada e a respectiva casca foi lavada e seca ao ar para posterior obtenção do peso da casca sem a membrana interna. O peso do albúmen foi calculado como a diferença entre o peso do ovo e os pesos da gema e da casca.

No ensaio de metabolismo (ensaio 2) utilizaram-se, simultaneamente, as 216 poedeiras com 33 semanas de idade do ensaio 1; portanto, manteve-se o mesmo delineamento adotado no experimento de desempenho.

As dietas fornecidas foram pesadas no início e no final do período total de coleta com a finalidade de se obter o consumo médio de ração e a energia bruta consumida em cada tratamento.

Sob as gaiolas foram colocadas bandejas metálicas, revestidas com plásticos, permitindo a coleta das excretas. Esta foi feita diariamente, em intervalos de 8 horas, durante cinco dias.

As excretas recolhidas em cada unidade experimental, após a eliminação de penas, resíduos de ração e outras fontes de contaminação, foram transferidas para sacos plásticos devidamente identificados, pesados e armazenados em *freezer* a -12 °C. Posteriormente, foram descongeladas, reunidas por repetição, homogeneizadas, retirando-se uma alíquota de 400g, sendo esta mantida em estufa de ventilação forçada por 72 horas a 55° C, para secagem. Em seguida, foram expostas ao ar, para entrar em equilíbrio com a temperatura e umidade do ambiente, sendo posteriormente pesadas, moídas e acondicionadas para as análises.

Foram anotadas as quantidades de rações consumidas e de excretas produzidas. As análises laboratoriais da matéria seca, do nitrogênio e do fósforo, das rações e das excretas seguiram a metodologia descrita por Silva (1990).

Todas as análises foram realizadas em duplicatas no Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da UFV. Os valores de energia bruta (EB) foram determinados por meio de uma bomba calorimétrica adiabática Parr.

Após a obtenção dos resultados das análises laboratoriais das dietas e das excretas, foram calculados os valores do coeficiente de digestibilidade aparente da matéria seca

(CDAMS), da energia metabolizável aparente (EMA) e da energia metabolizável corrigida (EMAn), bem como seus respectivos coeficientes de metabolizabilidade (CMEM e CMEMn); além do balanço de nitrogênio (BN). O coeficiente de metabolizabilidade (porcentagem de energia bruta metabolizada na forma de EMA e de EMAn) foi calculado utilizando-se os valores de energia metabolizável divididos pela energia bruta referente a cada tratamento. Determinaram-se também os valores médios de ingestão, de excreção e de retenção aparente de fósforo e de cálcio.

As análises estatísticas de ambos os experimentos foram feitas utilizando análise de variância e na ocorrência de efeito significativo, a comparação de médias entre tratamentos foi realizada pelo teste Student-Newman-Keul's (SNK), ao nível de 5% de probabilidade, utilizando o *software* SAEG (2000) – Sistema de Análise Estatística e Genética, desenvolvido pela Universidade Federal de Viçosa - UFV.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As condições ambientais mostraram os índices característicos da região durante o período em que se realizou o experimento, não havendo ocorrência climática anormal que pudesse provocar alterações no desempenho das aves (Tabela 2).

**Tabela 2.** Médias das temperaturas, mínima e máxima, registradas no interior da instalação durante o período experimental

<b>Período (semanas)</b>	<b>Mínimo, C°</b>	<b>Máximo, C°</b>
24 – 28	13,1 (10,0)	24,3 (27,5)
29 – 32	15,6 (12,0)	25,0 (30,0)
33 – 36	16,0 (14,7)	24,5 (29,1)

Valores entre parênteses representam temperaturas e mínimas e máximas obtidas

Os valores médios referentes ao consumo de ração, a produção de ovos, ao peso dos ovos, a massa de ovos e a conversão por massa de ovos e por dúzia estão apresentados na Tabela 3.

**Tabela 3.** Consumo de ração (CR), produção de ovos (POAD), peso dos ovos (PO), massa de ovos (MO) e conversão alimentar por massa de ovos (CAMO) e por dúzia (CADZ) de poedeiras comerciais em função das dietas experimentais

<b>Tratamentos</b>	<b>CR (g/ave/dia)</b>	<b>POAD (%/ave/dia)</b>	<b>PO (g)</b>
1. Controle Positivo	108,5	90,8 <sup>B</sup>	60,41
2. Controle Negativo (CN)	108,2	90,3 <sup>B</sup>	60,07
3. CN + Complexo Enzimático	109,2	93,3 <sup>A</sup>	59,36
Anova	NS	0,016	0,134
CV (%)	2,65	2,74	2,08
<b>Tratamentos</b>	<b>MO (g/ave/dia)</b>	<b>CAMO (g/g)</b>	<b>CADZ (kg/dz)</b>
1. Controle Positivo	54,83	1,969	1,426 <sup>B</sup>
2. Controle Negativo (CN)	54,29	1,993	1,436 <sup>B</sup>
3. CN + Complexo Enzimático	55,40	1,963	1,397 <sup>A</sup>
Anova	0,318	0,346	0,016
CV (%)	3,19	2,62	2,18

Médias seguidas de letras distintas na mesma coluna diferem entre si pelo teste SNK ( $P < 0,05$ )

CV = Coeficiente de Variação

Comparando as aves que receberam dietas do controle positivo e negativo, a adição do complexo enzimático na dieta de controle negativo melhorou ( $P < 0,05$ ) o percentual de postura e a conversão alimentar por dúzia. Em porcentagem, este aumento com a adição do complexo multienzimático nos dois parâmetros foi de 3,0% ( $T_3$  vs  $T_2$ ) e 2,4% ( $T_3$  vs  $T_1$ ), respectivamente.

A redução do nível de energia das dietas geralmente ocasiona aumento do consumo de ração e piora da conversão alimentar, provavelmente porque, com a redução do nível de energia nas dietas, as aves passam a se alimentar mais para manterem o nível diário de ingestão de energia (Leeson, 1999). Todavia, neste estudo, observou-se que as aves alimentadas com dietas do controle positivo e do controle negativo mostraram desempenho semelhante ( $P > 0,05$ ) em todos os parâmetros estudados, provavelmente devido à pequena diferença no conteúdo de energia (1,7%) e de aminoácidos (1,5%).

Soto-Salanova et al. (1996), em experimento realizado para verificar o desempenho de frangos alimentados com dietas compostas por milho e farelo de soja, contendo baixos

teores de energia e aminoácidos, com e sem adição de enzima, também não encontraram diferenças entre os tratamentos quanto ao consumo de ração e a conversão alimentar e concluíram que a adição de enzima aumenta o valor nutritivo da dieta, proporcionando desempenho semelhante àquela com formulação normal.

Mentem et al. (2008), em um experimento com frangos de corte no período de 01 a 21 dias de idade, observaram que as aves que receberam dietas suplementadas com o complexo enzimático apresentaram o consumo de ração e conversão alimentar ( $P < 0,05$ ) semelhantes àqueles obtidos no controle positivo.

Yu & Chung (2004) verificaram que a adição de níveis adequados de  $\alpha$ -amilase,  $\beta$ -glucanase e xilanase em dietas com redução de 3% de energia metabolizável para frangos de corte resultou em desempenho semelhante ao obtido com dieta controle.

No entanto, Fischer et al. (2002), estudando dietas compostas por milho e farelo de soja, superestimadas em 5% de energia, proteína e aminoácidos, com e sem complexo multienzimático, observaram que o desenvolvimento das aves que consumiram dietas com enzimas não se igualou ao daquelas arraçadas com dieta normal e sem suplementação enzimática.

Os valores médios referentes aos componentes dos ovos estão apresentados na Tabela 4.

**Tabela 4.** Componentes dos ovos de poedeiras comerciais em função das dietas experimentais

Tratamentos	Gema (g)	Casca (g)	Albúmen (g)	Gema (%)	Casca (%)	Albúmen (%)
1. Controle Positivo	14,29	5,45	40,07 <sup>A</sup>	23,91	9,11 <sup>B</sup>	66,96
2. Controle Negativo (CN)	14,29	5,55	39,62 <sup>AB</sup>	24,04	9,34 <sup>A</sup>	66,63
3. CN + Complexo Enzimático	14,31	5,47	38,65 <sup>B</sup>	24,51	9,37 <sup>A</sup>	66,12
Anova	NS	0,233	0,035	0,139	0,025	0,090
CV (%)	2,07	2,75	3,24	3,09	2,56	1,35

Médias seguidas de letras distintas na mesma coluna diferem entre si pelo teste SNK ( $P < 0,05$ )

CV = Coeficiente de Variação

NS = Não Siginificativo ( $p > 0,05$ )

Com exceção do peso do albúmen e do percentual de casca, não houve diferença ( $P>0,05$ ) entre os demais componentes. Houve aumento na porcentagem de casca com a suplementação do complexo enzimático, no entanto, não houve diferença ( $P>0,05$ ) com relação às poedeiras alimentadas com a dieta do controle negativo.

De acordo com Leeson & Summers (2005), existe relação entre o peso do ovo e o peso do albúmen, ou seja, quanto mais leve é o ovo, menos pesado é o albúmen. Neste experimento, observou-se menor peso do albúmen ( $P<0,05$ ) ao tratamento que apresentou numericamente o menor peso do ovo.

Os valores médios referentes ao consumo de ração com base na matéria seca, ao coeficiente de digestibilidade aparente da matéria seca, a energia metabolizável aparente e aparente corrigida na matéria seca estão apresentados na Tabela 5.

**Tabela 5.** Consumo de ração com base na matéria seca (CMS), coeficiente de digestibilidade aparente da matéria seca (CDAMS), energia metabolizável aparente (EMA) e aparente corrigida na matéria seca (EMAn) das dietas experimentais

Tratamentos	CMS (g)	CDAMS (%)	EMA	EMAn
			Kcal/Kg	
1. Controle Positivo	3110	74,58	3.426 <sup>A</sup>	3.314 <sup>A</sup>
2. Controle Negativo (CN)	3230	75,16	3.376 <sup>B</sup>	3.268 <sup>B</sup>
3. CN + Complexo Enzimático	3239	75,63	3.398 <sup>AB</sup>	3.288 <sup>B</sup>
Anova	0,235	0,113	0,012	0,004
CV (%)	6,29	1,55	1,10	0,94

Médias seguidas de letras distintas na mesma coluna diferem entre si pelo teste SNK ( $P<0,05$ )

CV = Coeficiente de Variação

A redução dos níveis nutricionais das dietas resultou em menores valores de energia metabolizável aparente e energia metabolizável aparente corrigida. A suplementação do complexo multienzimático à dieta com menores níveis nutricionais melhorou os valores de energia metabolizável aparente, resultando em valores similares aos apresentados pelas aves alimentadas com a dieta do controle positivo. No entanto, não houve melhora



( $P>0,05$ ) para os valores de energia metabolizável aparente corrigida com a suplementação do complexo enzimático na dieta.

Não houve diferença ( $P>0,05$ ) para o consumo de ração e para o coeficiente de digestibilidade aparente da matéria seca com a suplementação do complexo enzimático.

Os valores médios referentes ao coeficiente de metabolizabilidade da energia metabolizável aparente, ao coeficiente de metabolizabilidade da energia metabolizável aparente corrigida e ao balanço de nitrogênio estão apresentados na Tabela 6.

**Tabela 6.** Coeficientes de metabolizabilidade da energia metabolizável (CMEM) e da energia metabolizável aparente corrigida (CMEMAn) e balanço de nitrogênio (BN) das dietas experimentais

Tratamentos	CMEM (%)	CMEMAn (%)	BN (g N retido/ave/dia)
1. Controle Positivo	81,76	79,09	1,452
2. Controle Negativo (CN)	81,67	79,05	1,440
3. CN + Complexo Enzimático	82,20	79,53	1,476
Anova	0,317	0,241	NS
CV (%)	1,10	0,94	10,13

CV = Coeficiente de Variação

NS = Não Siginificativo ( $p>0,05$ )

Do mesmo modo, não houve efeito ( $P>0,05$ ) entre os tratamentos para o CMEM, CMEMAn e para o balanço de nitrogênio entre as dietas experimentais. Não foi observado benefício da adição do complexo enzimático sobre o controle positivo.

Os valores médios referentes ao fósforo ingerido, excretado e retido estão apresentados na Tabela 7.

**Tabela 7.** Fósforo ingerido, excretado e retido em poedeiras alimentadas com dietas suplementadas com o complexo enzimático (*Rovábio<sup>®</sup>Max*)

<b>Tratamentos</b>	<b>P Ingerido (mg/ave/dia)</b>	<b>P Excretado (mg/ave/dia)</b>	<b>P Retido (mg/ave/dia)</b>	<b>P Retido (%)</b>
1. Controle Positivo	633 <sup>A</sup>	421 <sup>A</sup>	211 <sup>A</sup>	33,44 <sup>B</sup>
2. Controle Negativo (CN)	500 <sup>B</sup>	378 <sup>B</sup>	122 <sup>C</sup>	24,42 <sup>C</sup>
3. CN + Complexo Enzimático	503 <sup>B</sup>	310 <sup>C</sup>	192 <sup>B</sup>	38,26 <sup>A</sup>
Anova	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
CV (%)	3,33	3,99	6,60	5,33

Médias seguidas de letras distintas na mesma coluna diferem entre si pelo teste SNK (P<0,05)

CV = Coeficiente de Variação

Poedeiras alimentadas com o controle positivo apresentaram maiores ingestão, excreção e retenção de fósforo (mg/ave/dia). Este maior valor de fósforo excretado pode ser explicado pela maior quantidade de fósforo na dieta. Entretanto, houve maior percentual de retenção de fósforo (P<0,01) pelas aves que receberam dietas suplementadas com o complexo enzimático.

A excreção de fósforo foi reduzida com a utilização do complexo enzimático (P<0,01). Resultados semelhantes foram encontrados por Wu & Ravindran (2002) que concluíram que a suplementação do complexo multienzimático em uma dieta compostas por milho e farelo de soja com nível sub-ótimo de energia metabolizável e baixo conteúdo de fósforo, reduz a excreção de fósforo sem afetar o desempenho das poedeiras.

Os valores médios referentes ao cálcio ingerido, excretado e retido estão apresentados na Tabela 8.

**Tabela 8.** Cálcio ingerido, excretado e retido em poedeiras alimentadas com dietas suplementadas com complexo enzimático (*Rovábio<sup>®</sup>Max*)

<b>Tratamentos</b>	<b>Ca Ingerido (mg/ave/dia)</b>	<b>Ca Excretado (mg/ave/dia)</b>	<b>Ca Retido (mg/ave/dia)</b>	<b>Ca Retido (%)</b>
1. Controle Positivo	5,98	2,72	3,26	54,52 <sup>B</sup>
2. Controle Negativo (CN)	6,09	2,60	3,49	57,27 <sup>A</sup>
3. CN + Complexo Enzimático	6,12	2,68	3,44	56,20 <sup>AB</sup>
Anova	0,358	0,090	0,063	0,022
CV (%)	4,02	4,68	6,86	4,01

Médias seguidas de letras distintas na mesma coluna diferem entre si pelo teste SNK ( $P < 0,05$ )

CV = Coeficiente de Variação

Não houve diferença estatística ( $P > 0,05$ ) entre os tratamentos para a ingestão, excreção e retenção de cálcio (mg/ave/dia); portanto, a suplementação do complexo enzimático não melhorou ( $P > 0,05$ ) o percentual de retenção de cálcio.

#### **4. CONCLUSÃO**

A suplementação de complexo enzimático (*Rovábio<sup>®</sup>Max*) em dietas nutricionalmente deficientes melhora a produção de ovos, a conversão alimentar, a retenção de fósforo e aumenta os valores da energia metabolizável aparente da ração de poedeiras comerciais.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BERTECHINI, A.A.G.; BRITO, J.A.A. Utilização correta das enzimas em rações de aves. In: II Fórum Internacional de Avicultura, Curitiba, **Anais...** p. 237-240, 2007.
- FISCHER, G.; MAIER, J.C.; RUTZ, F. Desempenho de frangos de corte alimentados com dietas à 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.
- GARCIA, O. Enzimas: recentes contribuições para a sua aplicação em nutrição animal. In: Encontro de Nutrição Animal, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Finnfeeds, p.01-09, 1997.
- GUENTER, W. Impact of feed enzymes on nutrient utilization of ingredients in growing poultry. **Journal Applied Poultry Research**, v.2; p.82-84, 1993.
- LEESON, S. Enzimas para aves. In: Simpósio Internacional sobre Nutrição de Aves, 1999, Campinas. **Anais...** Campinas: FACTA, p.173-185, 1999.
- LEESON, S.; SUMMERS, J.D. **Commercial Poultry Nutrition**, 2005; 406p.
- MENTEN, J.F.M; RACANICCI, A.M.C; TRAIIDI, A.B. et al. Avaliação da eficácia de complexo enzimático na dieta sobre o desempenho de frangos de corte criados em granja experimental. In: Conferência Apinco de Ciências e Tecnologia Avícolas, 2008, Santos. **Anais...** Santos: FACTA, p.69, 2008.
- PACK, M.; BEDFORD, M. Feed enzymes for corn-soybean broiler diets. A new concept to improve nutritional value and economics. **World Poultry Science Journal**, v.13; p.87-93, 1997.
- ROTTER, B.A. The future of crude enzyme supplements in pig nutrition. **Pig News Information**, v.11; n.1, p.15-17, 1990.

SILVA, D.J. **Análise de Alimentos (métodos químicos e biológicos)**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 1990; 165p.

ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T. DONZELE, J.L. et al. **Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos**: composição de alimentos e exigências nutricionais. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2005; 186p.

SOTO-SALANOVA, M.F.; GARCIA, O.; GRAHAM, H. et al. Uso de enzimas em dietas de milho e soja para frangos de corte. In: Conferência Apinco de Ciência e Tecnologia Avícola, 1996, Campinas. **Anais...** Campinas: FACTA, 1996, p.71-76.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA. **SAEG - Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas**. Versão 8.0. Viçosa, MG: 2000. 59p. (Manual do usuário).

WU, Y.B. & RAVINDRAN, V. Expanding the potential of enzymes to release nutrients: a unique microbial phytase produced by solid state fermentation. Nutritional Biotechnology in the Feed and Food Industries. **Proceedings...** Alltech's 18th Annual Symposium. p. 123-130; 2002.

YU B.I.; CHUNG T.K. Effects of multiple-enzyme mixtures on growth performance of broilers fed corn-soybean meal diets. **Journal Applied Poultry Research**, v.13; p.178-182; 2004.

## **APÊNDICE**

## CAPÍTULO 1

**Tabela 1.** Resumo da Análise de Variância do consumo de ração (CR), da produção de ovos (PO) e da massa de ovos (MO) das aves alimentadas com dietas suplementadas com fitase 24<sup>a</sup> a 36<sup>a</sup> semana de idade

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios		
		CR	PO	MO
Tratamento	4	2,258369	14,01260	7,242446*
Repetição	11	5,879339	7,683741	2,545284
Resíduo	44	4,063146	6,135653	2,657586
CV (%)		1,86	2,67	2,96

\* Diferença Significativa pelo Teste F (P<0,05)  
CV = Coeficiente de Variação

**Tabela 2.** Resumo da Análise de Variância da conversão alimentar por dúzia (CAD), da conversão alimentar por massa de ovos (CAMO) e do peso dos ovos (POV) das aves alimentadas com dietas suplementadas com fitase 24<sup>a</sup> a 36<sup>a</sup> semana de idade

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios		
		CAD	CAMO	POV
Tratamento	4	0,2849910E-02	0,8869959E-02*	1,228727
Repetição	11	0,1129967E-02	0,2014281E-02	1,002952
Resíduo	44	0,1596950E-02	0,3256551E-02	1,543651
CV (%)		2,86	2,91	2,09

\* Diferença Significativa pelo Teste F (P<0,05)  
CV = Coeficiente de Variação



**Tabela 3.** Resumo da Análise de Variância de peso dos componentes de ovos das aves alimentadas com dietas suplementadas com fitase da 24<sup>a</sup> a 36<sup>a</sup> semana de idade

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios		
		Gema	Casca	Albúmen
Tratamento	4	0,9907279E-01	0,1042512*	1,748320
Repetição	11	0,1465703	0,4037133E-01	1,947659
Resíduo	44	0,1697108	0,3408453E-01	2,019967
CV (%)		2,82	3,38	3,59

\* Diferença Significativa pelo Teste F (P<0,05)

CV = Coeficiente de Variação

**Tabela 4.** Resumo da Análise de Variância de porcentagem dos componentes de ovos das aves alimentadas com dietas suplementadas com fitase da 24<sup>a</sup> a 36<sup>a</sup> semana de idade

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios		
		Gema	Casca	Albúmen
Tratamento	4	0,6667405	0,1347913	0,4406650
Repetição	11	0,7032690	0,1117176	0,7037565
Resíduo	44	0,7339314	0,1013867	1,004221
CV (%)		3,50	3,48	1,51

CV = Coeficiente de Variação

**Tabela 5.** Resumo da Análise de Variância do consumo de matéria seca (CMS) e do coeficiente de digestibilidade aparente da matéria seca (CDAMS) das aves alimentadas com dietas suplementadas com fitase na 32<sup>a</sup> semana de idade

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios	
		CMS	CDAMS
Tratamento	4	31115,45	5,138389*
Repetição	11	17407,87	1,882370
Resíduo	44	12389,98	1,063749
CV (%)		3,75	1,39

\* Diferença Significativa pelo Teste F (P<0,05)

CV = Coeficiente de Variação

**Tabela 6.** Resumo da Análise de Variância da energia metabolizável aparente (EMA), da energia metabolizável aparente corrigida (EMAn), do coeficiente de metabolizabilidade da energia aparente (CMEM), do coeficiente de metabolizabilidade da energia aparente corrigida (CMEMAn) e do balanço de nitrogênio das aves alimentadas com dietas suplementadas com fitase na 32ª semana de idade

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios				
		EMA	EMAn	CMEM	CMEMAn	BN
Tratamento	4	4434,88*	0879,09*	2,568576*	0,335466*	0,4186209E-01*
Repetição	11	2340,347	1903,773	1,338539	1,090283	0,6677235E-02
Resíduo	44	1723,501	1469,595	0,988785	0,843626	0,8814848E-02
CV (%)		1,23	1,17	1,23	1,17	7,56

\* Diferença Significativa pelo Teste F (P<0,05)

CV = Coeficiente de Variação

**Tabela 7.** Resumo da Análise de Variância do balanço de fósforo (P) das aves alimentadas com dietas suplementadas com fitase na 32ª semana de idade

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios			
		P Ingerido	P Excretado	P Retido	P Retido (%)
Tratamento	4	97467,13*	44720,13*	10255,10*	6,708505
Repetição	11	109,2064	159,2823	162,8106	7,809927*
Resíduo	44	83,16403	97,38439	81,23879	3,701152
CV (%)		2,13	3,53	6,05	5,53

\* Diferença Significativa pelo Teste F (P<0,05)

CV = Coeficiente de Variação

**Tabela 8.** Resumo da Análise de Variância do balanço de cálcio (Ca) das aves alimentadas com dietas suplementadas com fitase na 32ª semana de idade

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios			
		Ca Ingerido	Ca Excretado	Ca Retido	Ca Retido (%)
Tratamento	4	0,4308372*	0,6893351E-01*	0,6595349*	87,15692*
Repetição	11	0,2090264E-01	0,1249210E-01	0,1430383E-01	3,099672
Resíduo	44	0,2462461E-01	0,1834911E-01	0,2736516E-01	6,096439
CV (%)		2,97	5,21	6,15	4,87

\* Diferença Significativa pelo Teste F (P<0,05)

CV = Coeficiente de Variação

## CAPÍTULO 2

**Tabela 1.** Resumo da Análise de Variância do consumo de ração (CR), da produção de ovos (PO) e da massa de ovos (MO) das aves alimentadas com dietas suplementadas com xilanase e dois níveis de energia metabolizável (EM) da 24 a 48 semanas de idade

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios		
		CR	PO	MO
EM	1	46,98927*	6,710405	7,715554*
Econase	1	15,78874	14,72239*	1,740624
Econase x EM	1	3,324161	23,69971*	15,09291*
Resíduo	40	5,567279	3,413791	1,574657
CV (%)		2,02	1,97	2,20

\* Diferença Significativa pelo Teste F (P<0,05)  
CV = Coeficiente de Variação

**Tabela 2.** Resumo da Análise de Variância da conversão alimentar por dúzia (CAD), da conversão alimentar por massa de ovos (CAMO) e do peso dos ovos (POV) das aves alimentadas com dietas suplementadas com xilanase e dois níveis de energia metabolizável (EM) da 24 a 48 semanas de idade

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios		
		CAD	CAMO	POV
EM	1	0,1587851E-01*	0,4347636E-01*	2,655243
Econase	1	0,1327231E-03	0,8280346E-03	0,9259164
Econase x EM	1	0,1893493E-02	0,1102391E-01*	0,7044810
Resíduo	40	0,1209614E-02	0,1726531E-02	1,282216
CV (%)		2,33	2,03	1,87

\* Diferença Significativa pelo Teste F (P<0,05)  
CV = Coeficiente de Variação

**Tabela 3.** Resumo da Análise de Variância de peso dos componentes de ovos das aves alimentadas com dietas suplementadas com xilanase e dois níveis de energia metabolizável (EM) na 34ª semana de idade

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios		
		Gema	Casca	Albúmen
EM	1	0,8436198 *	0,3303426E-03	0,1401454
Econase	1	0,3146227E-01	0,3212733E-01	1,338556
Econase x EM	1	0,1532093	0,2031437E-01	0,7417332
Resíduo	40	0,1213715	0,2200263E-01	0,7878429
CV (%)		2,27	2,62	2,21

\* Diferença Significativa pelo Teste F (P<0,05)

CV = Coeficiente de Variação

**Tabela 4.** Resumo da Análise de Variância de porcentagem dos componentes de ovos das aves alimentadas com dietas suplementadas com com xilanase e dois níveis de energia metabolizável (EM) na 34ª semana de idade

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios		
		Gema	Casca	Albúmen
EM	1	0,8911314	0,4811962E-01	0,5250970
Econase	1	0,9751969E-01	0,2666983E-02	0,6793247E-01
Econase x EM	1	0,7909261	0,2041865E-01	0,5571823
Resíduo	40	0,3282525	0,4928162E-01	0,3742700
CV (%)		2,29	2,40	0,93

CV = Coeficiente de Variação

**Tabela 5.** Resumo da Análise de Variância do consumo de matéria seca (CMS) e do coeficiente de digestibilidade aparente da matéria seca (CDAMS) das aves alimentadas com dietas suplementadas com xilanase e dois níveis de energia metabolizável (EM) na 34ª semana de idade

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios	
		CMS	CDAMS
EM	1	36147,97*	3,629826
Econase	1	17952,38	0,4624389
Econase x EM	1	3750,948	2,624406
Resíduo	40	6819,263	1,081729
CV (%)		2,85	1,40

\* Diferença Significativa pelo Teste F (P<0,05)

CV = Coeficiente de Variação

**Tabela 6.** Resumo da Análise de Variância da energia metabolizável aparente corrigida (EMAn), do coeficiente de metabolizabilidade da energia aparente corrigida (CMEMAn) e do balanço de nitrogênio das aves alimentadas com dietas suplementadas com xilanase e dois níveis de energia metabolizável (EM) na 34ª semana de idade

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios		
		EMAn	CMEMAn	BN
EM	1	182392,6*	0,5673392	0,1731127*
Econase	1	2586,468	1,499705	0,1873882E-02
Econase x EM	1	83,39235	0,3953043E-01	0,2952085E-02
Resíduo	40	984,3730	0,5691362	0,8306530E-02
CV (%)		0,97	0,97	6,97

\* Diferença Significativa pelo Teste F (P<0,05)

CV = Coeficiente de Variação

### CAPÍTULO 3

**Tabela 1.** Resumo da Análise de Variância do consumo de ração (CR), da produção de ovos (PO) e da massa de ovos (MO) das aves alimentadas com dietas suplementadas com complexo enzimático da 24<sup>a</sup> a 36<sup>a</sup> semana de idade

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios		
		CR	PO	MO
Tratamento	2	2,800227	31,56740*	3,703992
Repetição	11	5,893349	12,17950	4,634428
Resíduo	22	8,276837	6,294705	3,070666
CV (%)		2,65	2,74	3,20

\* Diferença Significativa pelo Teste F (P<0,05)  
CV = Coeficiente de Variação

**Tabela 2.** Resumo da Análise de Variância da conversão alimentar por dúzia (CAD), da conversão alimentar por massa de ovos (CAMO) e do peso dos ovos (POV) das aves alimentadas com dietas suplementadas com complexo enzimático da 24<sup>a</sup> a 36<sup>a</sup> semana de idade

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios		
		CAD	CAMO	POV
Tratamento	2	0,4827928E-02*	0,2971365E-02	3,437978
Repetição	11	0,2049460E-02	0,4952997E-02	0,2982623
Resíduo	22	0,9602041E-03	0,2667501E-02	1,556284
CV (%)		2,18	2,62	2,08

\* Diferença Significativa pelo Teste F (P<0,05)  
CV = Coeficiente de Variação

**Tabela 3.** Resumo da Análise de Variância de peso dos componentes de ovos das aves alimentadas com dietas suplementadas com complexo enzimático na 33ª semana de idade

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios		
		Gema	Casca	Albúmen
Tratamento	2	0,1761346E-02	0,3559758E-01	6,375065 *
Repetição	11	0,1149050	0,4529797E-01	1,038012
Resíduo	22	0,8733971E-01	0,2285433E-01	1,632199
CV (%)		2,07	2,75	3,24

\* Diferença Significativa pelo Teste F (P<0,05)

CV = Coeficiente de Variação

**Tabela 4.** Resumo da Análise de Variância de porcentagem dos componentes de ovos das aves alimentadas com dietas suplementadas com complexo enzimático na 33ª semana de idade

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios		
		Gema	Casca	Albúmen
Tratamento	2	1,197804	0,2462879 *	2,160814
Repetição	11	0,5142470	0,8597511E-01	0,3968814
Resíduo	22	0,5554194	0,5635879E-01	0,8043377
CV (%)		3,09	2,56	1,35

\* Diferença Significativa pelo Teste F (P<0,05)

CV = Coeficiente de Variação

**Tabela 5.** Resumo da Análise de Variância do consumo de matéria seca (CMS) e do coeficiente de digestibilidade aparente da matéria seca (CDAMS) das aves alimentadas com dietas suplementadas com complexo enzimático na 33ª semana de idade

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios	
		CMS	CDAMS
Tratamento	2	62388,27	3,275647
Repetição	11	28844,66	1,060626
Resíduo	22	40334,74	1,361411
CV (%)		6,29	1,55

\* Diferença Significativa pelo Teste F (P<0,05)

CV = Coeficiente de Variação

**Tabela 6.** Resumo da Análise de Variância da energia metabolizável aparente (EMA), da energia metabolizável aparente corrigida (EMAn), do coeficiente de metabolizabilidade da energia aparente (CMEM), do coeficiente de metabolizabilidade da energia aparente corrigida (CMEMAn) e do balanço de nitrogênio das aves alimentadas com dietas suplementadas com complexo enzimático na 33ª semana de idade

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios				
		EMA	EMAn	CMEM	CMEMAn	BN
Tratamento	2	593,903*	6596,798*	0,9790828	0,8459894	0,4014817E-02
Repetição	11	1445,894	1088,996	0,8397331	0,6316219	0,1265242E-01
Resíduo	22	1397,242	963,3592	0,8091294	0,5569181	0,2174004E-01
CV (%)		1,10	0,94	1,10	0,94	10,1

\* Diferença Significativa pelo Teste F (P<0,05)

CV = Coeficiente de Variação

**Tabela 7.** Resumo da Análise de Variância do balanço de fósforo (P) das aves alimentadas com dietas suplementadas com complexo enzimático na 33ª semana de idade

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios			
		P Ingerido	P Excretado	P Retido	P Retido (%)
Tratamento	2	68871,64*	37620,13*	26563,73*	592,3331*
Repetição	11	182,7896	340,7761	126,8334	5,139787
Resíduo	22	329,3647	217,9623	133,7870	2,920803
CV (%)		3,33	3,99	6,60	5,33

\* Diferença Significativa pelo Teste F (P<0,05)

CV = Coeficiente de Variação

**Tabela 8.** Resumo da Análise de Variância do balanço de cálcio (Ca) das aves alimentadas com dietas suplementadas com complexo enzimático na 33ª semana de idade

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios			
		Ca Ingerido	Ca Excretado	Ca Retido	Ca Retido (%)
Tratamento	2	0,6376779E-01	0,4186715E-01	0,1705250	23,06637*
Repetição	11	0,3755879E-01	0,1306371E-01	0,306285E-01	3,204145
Resíduo	22	0,5925730E-01	0,1555677E-01	0,543550E-01	5,047717
CV (%)		4,02	4,68	6,86	4,01

\* Diferença Significativa pelo Teste F (P<0,05)

CV = Coeficiente de Variação