



**USO DE ALTOS NÍVEIS DE FITASE EM
RAÇÕES PARA FRANGOS DE CORTE**

CAMILA MENEGHETTI

2009

CAMILA MENEGHETTI

**USO DE ALTOS NÍVEIS DE FITASE EM RAÇÕES PARA FRANGOS
DE CORTE**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração em Nutrição de Monogástricos, para obtenção do título de “Mestre”.

Orientador
Prof. Dr. Antonio Gilberto Bertechini

LAVRAS
MINAS GERAIS – BRASIL
2009

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca Central da UFLA**

Meneghetti, Camila.

Uso de altos níveis de fitase em rações para frangos de corte /
Camila Meneghetti. – Lavras : UFLA, 2009.
60 p. : il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Lavras, 2009.
Orientador: Antonio Gilberto Bertechini.
Bibliografia.

1. Enzima. 2. Redução nutricional. 3. Fósforo. 4. Fitato. I.
Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 636.508557

CAMILA MENEGHETTI

**USO DE ALTOS NÍVEIS DE FITASE EM RAÇÕES PARA FRANGOS
DE CORTE**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Mestrado em Zootecnia, área de concentração em Nutrição de Monogástricos.

APROVADA em 27 de Novembro de 2009

Prof. Dr. Paulo Borges Rodrigues (UFLA)

Prof. Dr. Édison José Fassani (UFLA)

Dr. Jerônimo Ávito Gonçalves de Brito

Prof. Dr. Antonio Gilberto Bertechini

UFLA

(Orientador)

LAVRAS

MINAS GERAIS – BRASIL

OFEREÇO

A DEUS

Aos meus pais, pela confiança, incentivo e amor

Aos meus irmãos, pelo companheirismo de sempre

DEDICO

À minha família, por me acompanhar nesta jornada.

Aos meus amigos de Lavras, pelos momentos inesquecíveis.

Ao Antônio, pessoa a quem muito admiro, pela presença em minha vida, ao contribuir para o meu crescimento como pessoa e profissional; pelo amor, pela amizade e pelos conselhos.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Lavras e ao colegiado do Curso de Pós-graduação em Zootecnia, pela oportunidade de realização do curso.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo período de concessão de bolsa de estudos.

Ao meu orientador, Prof Antonio Gilberto Bertechini, pela valiosa orientação, ensinamentos, confiança, incentivo e me possibilitou a realização deste trabalho.

Aos professores Paulo Borges Rodrigues (UFLA) e Édison José Fassani (UFLA) e ao Dr. Jerônimo Ávito Gonçalves Brito, pela colaboração e participação na banca examinadora.

Aos professores do Departamento de Zootecnia da UFLA, pelos ensinamentos e amizade.

À Comércio e Indústria Uniquímica Ltda, pela possibilidade de realização do experimento e pelo fornecimento da fitase.

Aos funcionários do Departamento de Zootecnia, em especial, Márcio Nogueira e José Virgílio, pela amizade, colaboração e auxílio na realização das análises laboratoriais, ao longo desta caminhada.

Ao meu amigo Matheus de Paula Reis, que me ajudou, constantemente, durante o experimento, apesar das dificuldades encontradas.

Aos integrantes do NECTA, Victor Augusto, Eduardo Machado, Solange de Faria, Henrique Braga, Lívyá Queiroz, Rafaela, Bruno Soares, Jaqueline Nunes, Letícia, Marcelo, Jamila, Fabrício, Diego, Rodrigo, pela amizade e pela ajuda imprescindível para a condução deste experimento.

Ao Jerônimo A. G. Brito e Júlio César C. de Carvalho, pelos ensinamentos valiosos e importantes, durante minha formação profissional, nestes cinco anos de NECTA.

Aos meus queridos amigos Camila Morais, Raquel Celidônio, Vanessa, Beatriz, Roberta Moura, Roberta Cunha, Ana Laura, Matheus de Paula Reis e Antonio Amandio.

A todos familiares, amigos e aqueles que colaboraram para realização deste trabalho.

SUMÁRIO

RESUMO	i
ABSTRACT	iii
1 INTRODUÇÃO	1
2 REFERÊNCIAL TEÓRICO	3
2.1 Fitato	3
2.2 Fitase	6
2.3 Fósforo: problemas econômicos e ambientais	8
2.4 Efeitos da fitase na alimentação dos monogástricos	10
3.1 Local e época de realização	14
3.2 Ensaio experimental	14
3.3 Aves, instalações e equipamentos	14
3.4 Delineamento experimental e tratamentos	15
3.5 Rações experimentais	15
3.6 Manejo experimental	20
3.7 Variáveis estudadas e análises laboratoriais	21
3.7.1 Desempenho	21
3.7.2 Ensaio de metabolismo	21
3.7.2.1 Coeficiente de digestibilidade aparente da matéria seca, da proteína bruta, retenção aparente de cálcio e fósforo e energia metabolizável aparente corrigida pra balanço de nitrogênio.	21

3.7.2.2 Cinzas ósseas	23
3.8 Análise estatística	23
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	25
4.1 Desempenho	25
4.1.1 Fase Inicial.....	25
4.1.3 Desempenho de 1 a 42 dias de idade das aves.....	28
4.2 Metabolismo	30
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	41
ANEXO	49

RESUMO

MENEGHETTI, Camila. **Uso de altos níveis de fitase em rações para frangos de corte.** 2009. 60 p. Dissertação (mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG ¹.

Foram realizados três ensaios experimentais para avaliar os efeitos da suplementação de altos níveis de fitase sobre o desempenho, digestibilidade dos nutrientes e aproveitamento energético, retenção e excreção de minerais e características ósseas de frangos de corte. Utilizou-se, para o desempenho, 1848 pintos machos, Cobb-500, distribuídos em delineamento inteiramente casualizado, com sete tratamentos e oito repetições. As rações foram à base de milho e farelo de soja, adotando-se um programa alimentar com três dietas, ração inicial (1-21 dias), crescimento (22-35 dias) e final (36-42 dias). Os tratamentos foram: T1: ração controle sem enzima; T2: 1.500; T3: 3.000; T4: 4.500; T5: 6.000; T6: 8.000 e T7: 10.000 FTU/kg de ração. As dietas com fitase foram formuladas com redução nutricional. No 10º e 28º dias de experimento, quatro e três aves, respectivamente, de cada parcela foram transferidas para gaiolas de metabolismo, para obtenção dos coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca (CDAMS) e da proteína bruta (CDAPB), energia metabolizável aparente corrigida para balanço de nitrogênio (EMAn) e retenção aparente de cálcio e fósforo. Na fase de 1 a 21 dias de idade das aves, o aproveitamento dos nutrientes e da energia não foi prejudicado pela redução nutricional, mostrando ser bem sustentada pelos níveis da enzima. As suplementações de altos níveis de fitase nas dietas aumentaram de forma quadrática a retenção de cálcio, estimando a inclusão de 5.500 FTU/kg para maximizar a retenção ($P < 0,01$). Em relação à retenção aparente de fósforo, houve um efeito linear crescente ($P < 0,01$). Consequentemente, observou-se diminuição na excreção destes minerais ($P < 0,05$). Porém, para o desempenho, conclui-se que apenas as suplementações de 4.500, 8.000 e 10.000 FTU/kg de ração proporcionam resultados de conversão alimentar semelhantes ao tratamento controle. No

¹Comitê Orientador: Antonio Gilberto Bertechini - UFLA (Orientador); Paulo Borges Rodrigues – UFLA; Édison José Fassani – UFLA.

período de 1 a 35 dias, não houve diferença significativa entre os tratamentos no consumo de ração e no ganho de peso ($P>0,05$). A conversão alimentar das aves foi semelhante a partir da inclusão de 4.500 FTU/kg. Na fase de crescimento, não houve diferença no CDAMS, CDAPB e na EMAn ($P>0,05$). Estimou-se a inclusão de 5.000 FTU/kg de fitase para maximizar a retenção aparente de cálcio nesta fase ($P<0,05$). A retenção do fósforo foi maior com a suplementação de fitase ($P<0,05$). A excreção absoluta dos minerais nesta fase, também, foi significativamente maior pelas aves do grupo controle ($P<0,05$). Na fase total de 1 a 42 dias de idade das aves, o aumento no consumo de ração, conseqüentemente, influenciou a conversão alimentar das aves dos tratamentos que continham fitase. Entretanto, o ganho de peso e as características ósseas não foram afetados. Conclui-se que a suplementação, a partir de 4.500 FTU/kg em dietas com redução nutricional e da energia, na fase de 1 a 35 dias de idade dos frangos de corte, pode ser utilizada sem causar prejuízos no desempenho, na digestibilidade dos nutrientes, no aproveitamento energético e nas características ósseas. O maior aproveitamento do cálcio e do fósforo nas rações com níveis altos de suplementação de fitase, contribui significativamente para a redução na excreção.

ABSTRACT

MENEGHETTI, Camila. **Use of high levels of phytase in diets for broiler.** 2009. 60 p. Dissertation (Master Program in Animal Science) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG¹.

Three experimental trials were to evaluate the effects of supplementation of high levels of phytase on the performance, nutrient digestibility and energy utilization, retention and excretion of minerals and bone characteristics of broilers. A total of 1848 male chicks were used to perform, Cobb-500, distributed in a completely randomized design with seven treatments and eight repetitions. The diets were based on corn and soybean meal, adopting a diet plan with three diets, initial diet (1-21days), growth (22-35 days) and late (36-42 days). The treatments were: T1: control diet without enzyme, T2: 1,500; T3: 3,000; T4: 4,500; T5: 6,000; T6: 8,000 and T7: 10,000 FTU/kg. Diets with phytase were formulated with nutrient reduction. On the 10th and 28th days of the experiment, four and three birds, respectively, of each plot were transferred to metabolism cages to obtain the apparent digestibility of dry matter (excreta) and crude protein (CADCP), apparent metabolizable energy corrected for nitrogen balance (AME) and apparent retention of calcium and phosphorus. From 1 to 21 days old birds, the use of nutrients and energy was not affected by reduced nutritional shown to be well supported by the levels of the enzyme. The supplementation of high levels of phytase in the diets increased quadratically calcium retention, estimating the inclusion of 5,500 FTU/kg to maximize retention ($P < 0.01$). Regarding the apparent retention of phosphorus, there was a linear increase effect ($P < 0.01$). Consequently, there was a decrease in the excretion of these minerals ($P < 0.05$). However, for performance, it seems that only the supplementation of 4,500, 8,000 and 10,000 FTU/kg diet provide feed

¹Guidance Committee: Antonio Gilberto Bertechini - UFLA (Adviser); Paulo Borges Rodrigues – UFLA; Édison José Fassani – UFLA.

results similar to the control treatment. From 1 to 35 days, no significant difference between treatments in feed intake and weight gain ($P>0.05$) was observed. The birds feed conversion was similar to the addition of 4,500 FTU/kg. In the growth phase, there was no difference in the excreta, CADCP and AME ($P>0.05$). It was estimated the addition of 5,000 FTU/kg phytase to maximize the apparent retention of calcium at this stage ($P<0.05$). The retention of phosphorus was larger with supplemental phytase ($P<0.05$). The absolute excretion of minerals at this stage was also significantly higher for birds in the control group ($P<0.05$). In the total phase of 1 to 42 days old birds, the increase in food consumption consequently influenced the feed of birds of treatments containing phytase. However, weight gain and bone characteristics were not affected. It was concluded that supplementation from 4,500 FTU/kg in diets with reduced nutritional and energy in the 1 to 35 days of age of broiler chickens may be used without causing damage on performance, nutrient digestibility, in energy use and bone characteristics. The exploitation of calcium and phosphorus, in diets with high levels of phytase supplementation, contributes significantly to excretion reduction.

1 INTRODUÇÃO

Entre as enzimas exógenas produzidas industrialmente, a fitase é a que mais se destaca, em virtude da magnitude e consistência relativamente alta da bioeficácia dessa enzima e o aumento dos custos dos ingredientes e da fabricação das rações, além da legislação de alguns países associada à poluição ambiental.

Efetivamente, a fitase é uma alternativa econômica para melhorar a disponibilidade do fósforo (P) fítico, forma complexada nos ingredientes vegetais e que não é utilizado pelas aves. Segundo alguns relatos da literatura (Abelson, 1999; Mullaney et al. 2000), as reservas de fósforo, que não são renováveis, em médio prazo deverão estar escassas. Estima-se que cerca de 14,4 milhões de toneladas de fósforo fítico são produzidos anualmente no mundo nas colheitas de grãos/sementes e frutas, número que representaria 65% nas vendas de fertilizantes fosfatados anualmente em todo mundo (Lott et al. 2000).

Embora inicialmente comercializada como uma ferramenta para nutricionistas visando a melhora no aproveitamento de P, os efeitos extra-fosfóricos das fitases são cada vez mais demonstrados na literatura científica. Em decorrência das características da molécula de ácido fítico, existe grande interação com outras substâncias como minerais, amido e proteínas, reduzindo ou indisponibilizando esses nutrientes para o animal. Assim, com a hidrólise dos grupos fosfatos, também pode contribuir para disponibilizar outros nutrientes complexados para a nutrição das aves.

O nível preconizado de fitase em dietas para frangos de corte é de 500 FTU/kg de ração, o qual libera, em média, 0,1 % de fósforo disponível (Pd). Porém, o preço da enzima, atualmente, permite uma maior inclusão como estratégia nutricional de reduzir a inclusão de certos ingredientes, diminuir o

custo de formulação e, conseqüentemente, reduzir a excreção de poluentes ao ambiente.

A utilização de níveis acima de 1.000 FTU/kg de fitase em rações avícola tem sido pouco pesquisada, sendo necessário estudo neste sentido para adequar matrizes nutricionais que possam contribuir para manter um bom desempenho das aves.

Objetivou-se com este trabalho avaliar a inclusão de altos níveis de uma fitase bacteriana em dietas com redução nutricional para frangos de corte sobre o desempenho, digestibilidade dos nutrientes, retenção e excreção de minerais, aproveitamento energético e características ósseas das aves.

2 REFERÊNCIAL TEÓRICO

2.1 Fitato

As plantas, para o seu desenvolvimento normal, retiram seus nutrientes minerais do solo. Na fase de maturação do grão, há uma translocação desses elementos para as sementes e, no caso do fósforo, na forma de hexafosfato de mio-inositol ou ácido fítico. Sua função fisiológica na semente do vegetal é servir de estoque de fósforo e outros minerais, além da energia, que são liberados pela ação da fitase endógena à medida que ocorre a germinação (Borges, 1997). Portanto, a maior parte do fósforo nas rações compostas de grãos de cereais encontra-se na forma de fósforo fítico.

Os sais de ácido fítico são descritos como fitato e correspondem, aproximadamente, a 2/3 do total presente nas plantas (Rostagno & Silva, 1998). A localização do fitato nas sementes é variada. Em grãos pequenos, é observado, principalmente, na camada de aleurona, testa e pericarpo e, no caso do milho, é encontrado principalmente no embrião. Em sementes de leguminosas é acumulado no cotilédone, entretanto, na soja está localizado nos corpos proteicos distribuídos por toda semente (Baker, 1991).

A molécula de fitato possui alto teor de fósforo (28,2%) e alto potencial de quelação para formar grande variedade de sais insolúveis com cátions divalentes e trivalentes, na seguinte ordem correspondente à diminuição da estabilidade do complexo formado: $\text{Cu}^{+2} > \text{Zn}^{+2} > \text{Co}^{+2} > \text{Mn}^{+2} > \text{Fe}^{+3} > \text{Ca}^{+2}$ (Cheryan, 1965). A diminuição na disponibilidade de minerais nutricionalmente importantes, pelo fitato, conseqüentemente, aumenta as exigências destes nutrientes pelos animais.

O aproveitamento da energia e a digestibilidade de proteínas e aminoácidos da dieta, também, pode ser afetado pela molécula de ácido fítico. A

interação entre ácido fítico e proteínas, aparentemente, dá-se por uma ligação iônica, a qual depende das condições de pH cujo fator é importante na determinação da solubilidade final entre ácido fítico e proteína. Com baixo pH, o ácido fítico forma ligações eletrostáticas com resíduos básicos, como arginina, lisina e histidina, resultando em um complexo insolúvel. Quando o pH se aproxima do ponto isoelétrico, a carga da proteína é neutra e ela não irá se ligar ao ácido fítico. Sob condições básicas, o ácido fítico forma complexo com proteína na presença de cátions divalentes, principalmente, o cálcio. Esses cátions agem como ponte entre o grupo carboxila carregado negativamente e o ácido fítico.

Diferentes tipos de complexos entre a proteína e o fitato são relatados na literatura (Kies, 2005). São eles: 1) complexo proteína-fitato presente naturalmente nos ingredientes vegetais; 2) formação de complexos entre o fitato e a proteína da dieta no trato digestivo dos animais; 3) formação de complexos fitato-aminoácidos livres no trato digestivo dos animais; 4) formação de complexos entre o fitato e enzimas proteolíticas no trato digestivo dos animais.

Complexos fitato-proteína-aminoácido ou fitato-mineral proteína são de difícil digestão, reduzindo a utilização de proteínas (Ravindran et al., 1995). Em geral, a suplementação de fitase microbiana em dietas experimentais aumenta os valores de digestibilidade dos aminoácidos e da proteína bruta de 1 a 3% (Kies, 2005). Entretanto, grandes variações são encontradas, causadas por diferenças na composição do fitato e da proteína, na digestibilidade dos componentes proteicos, nos níveis de cálcio e fósforo, na inclusão de fitase e nos métodos de determinação da digestibilidade.

Além disso, estudos já evidenciaram a influência do fitato na digestibilidade do amido. Thompson & Yoon (1984) observaram uma diminuição de 60% na digestibilidade do amido do trigo com a inclusão de fitato exógeno.

Acredita-se que α – amilase pode ter sua ação inibida pelo fitato, por se complexar com íons de Ca requeridos para a atividade enzimática (Cawley & Mitchell, 1968) ou agir diretamente com o amido ou a proteína associada com os grânulos de amido.

As enzimas digestivas endógenas, como a pepsina e a tripsina (Caldwell, 1992) são de grande importância na digestão e absorção das proteínas, entretanto, também, podem ser afetadas pelo fitato, por meio de uma alteração na configuração proteica, diminuindo a metabolização desses nutrientes e influenciando negativamente a energia metabolizável da ração (Singh & Krikorian, 1982).

O fitato da dieta pode promover alteração no *turnover* das células do intestino provocando maior produção de mucinas e, conseqüentemente, aumento na perda de nitrogênio endógeno, indiretamente via redução da solubilidade da proteína dietética, com uma cascata subsequente que altera a dinâmica intestinal via mecanismos secretórios e absorptivos (Cowieson et al., 2006).

Níveis de cálcio e fósforo na ração para frangos influenciam a utilização do fósforo fítico (Edwards Jr. & Veltmann, 1983). Aves consumindo rações com baixos níveis (dentro do limite mínimo) de fósforo e 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). A elevação da proporção de cálcio/ fósforo reduz significativamente o desempenho de frangos em rações à base de milho e farelo de soja, suplementadas com fitase (Leeson, 1999), provavelmente, em decorrência da reação do cálcio com o ácido fítico, formando o fitato de cálcio, que precipita e não pode ser hidrolisado pela fitase.

A concentração de fitato pode variar nos vegetais, de acordo com o estágio de maturação, cultivar, condição de processamento, fatores climáticos, período e local de crescimento da planta (Reddy et al., 1982). No milho, a disponibilidade do fósforo é muito baixa, variando de 9 a 18% (Cromwell, 1990). Na soja, além da indisponibilidade do fósforo, o fitato está associado às proteínas, pois, segundo O'Dell & Deboland (1976), as frações proteicas da soja se ligam fortemente ao fitato, o que não ocorre com as proteínas do germe do milho.

Vários outros fatores podem influenciar a utilização do fósforo fítico, como a genética e idade das aves, fontes de vitamina D dietética e a enzima fitase (Singh, 2008).

Os animais monogástricos, como aves e suínos, não são capazes de aproveitar o fósforo fítico, porque possuem baixa atividade ou ausência de atividade de fitase intestinal (Wodzinski & Ullah, 1996).

2.2 Fitase

A fitase ou mio-inositol hexaqui-fosfato fosfohidrolase é uma enzima pertencente ao grupo das fosfatases de histidina ácida, que hidrolisa o ácido fítico (mio-inositol hexa-fosfato) e seus sais (fitato), produzindo inositol, inositol monofosfato e P inorgânico (Casey & Walsh, 2004). A atividade dessa enzima é expressa em FTU ou simplesmente U (unidade de fitase ativa, definida como a quantidade de enzima necessária para liberar um micromol de fósforo inorgânico em um minuto em substrato de sódio fitato a temperatura de 37°C e pH 5,5, segundo Engelen et al. (1994)).

Há duas categorias de fitase, dependendo de onde a hidrólise do fitato é iniciada. A mio-inositol hexaqui-fosfato 3-fosfohidrolase (EC 3.1.3.8) denominada 3-fitase libera preferencialmente o P na posição do C₃, enquanto a

mio-inositol hexaqui-fosfato 6-fosfohidrolase (EC 3.1.3.26) denominada 6-fitase inicia a hidrólise na posição do C₆. Entretanto, relata-se que a 3-fitase não é capaz de hidrolisar o inositol monofosfato, enquanto a 6-fitase hidrolisa completamente o ácido fítico (Wodzinski & Ullah, 1996).

Uma variedade de fitases com propriedades estruturais e catalíticas diferentes é encontrada em animais, plantas e microorganismos. Portanto, cereais e seus subprodutos possuem fitases “naturais” que podem oferecer certas vantagens na utilização do fósforo fítico para os animais. Porém, há dúvidas quanto à sua utilização prática na formulação de rações. A atividade da fitase em cereais é afetada pelo cultivar, idade do grão, condições de secagem/armazenamento e pela temperatura de peletização. Assim, seria difícil prever a sua atividade exata a menos que cada lote de cereal fosse testado individualmente.

Alimentos como trigo, cevada, farelo de trigo e arroz são ricos em atividade de fitase, em relação ao milho e ao farelo de soja, ingredientes mais utilizados na fabricação de rações (Selle, 1997).

As fitases oriundas de plantas são pouco resistentes à variação de pH no trato digestivo dos animais monogástricos (Eeckhout & De Paepe, 1994). O pH ótimo destas fitases é de 4,0 a 7,5 e a temperatura ótima de 40-60 °C (Wodzinski & Ullah, 1996).

A maioria das fitases produzidas na indústria são fitases microbianas, oriundas de alguns fungos (*Aspergillus niger*, *Aspergillus ficcum*, *Aspergillus oryzae*), bactérias (*Bacillus subtilis*, *Escherichia coli*) e leveduras (*Saccharomyces cerevisiae*). Estas fitases possuem uma maior faixa de atuação em relação às fitases de plantas e são mais efetivas no ambiente gastrointestinal e resistentes à ação de enzimas digestivas. O pH ótimo destas enzimas

microbianas encontra-se entre 2,5 e 7,5 e a temperatura na faixa de 35 á 63 °C (Wodizinski & Ullah, 1996).

Em condições apropriadas, todas as fitases são capazes de separar o P da molécula de fitato. Entretanto, deve-se reconhecer que as características bioquímicas não são as mesmas entre as fitases existentes no mercado. De modo geral, o que determina quão bem uma fitase irá funcionar nas aves são as características bioquímicas de cada uma, tais como, perfil de atividade em diferentes valores de pH, atividade específica e resistência ao ataque das proteases endógenas.

É provável que a hidrólise do fitato ocorra, principalmente, no papo e no proventrículo das aves (Liebert et al., 1993), em que o pH é mais propício para a atividade da fitase e para a protonação dos grupos fosfatos do ácido fítico, facilitando a hidrólise enzimática (Maenz, 2001).

2.3 Fósforo: problemas econômicos e ambientais

Um dos nutrientes de maior impacto nos custos de formulação de rações das aves e suínos é o fósforo, e sua essencialidade é comprovada pelas suas funções metabólicas, sendo imprescindível que esteja em quantidade adequada nas rações para atender as exigências do animal. Entre suas principais funções, é considerado elemento essencial para a formação da estrutura óssea, participa da formação de membranas celulares, é componente dos ácidos nucléicos envolvidos no crescimento e na diferenciação celular, participa na manutenção do equilíbrio osmótico e eletrolítico, é essencial para utilização e transferência de energia (na forma de ATP), necessária para a formação dos fosfolipídeos, transporte de gorduras e síntese de aminoácidos e proteínas (Bertechini, 2006).

Nas dietas formuladas para aves, o fornecimento de fósforo disponível pelas fontes de origem vegetal não é suficiente para atender as exigências

nutricionais ao adequado desempenho e mineralização óssea, havendo necessidade de suplementação com fontes de P na forma inorgânica.

O fósforo utilizado na agricultura, na alimentação animal e humana é extraído de uma jazida mineral com altos teores de apatitas. Estas jazidas são consideradas não renováveis, porque os fertilizantes, onde seu emprego é maior, não são recuperáveis após o uso no solo. As principais fontes de fósforo disponíveis no mercado são os fosfatos bicálcico, monocálcico, monoamônio e rocha defluorizada (Butolo, 2002). No Brasil, os fosfatos são as fontes de fósforo mais utilizadas em dietas de origem vegetal. Entretanto, além de ser uma fonte não renovável, um dos entraves na sua utilização é o preço, representando de 2,0 a 3,5 % do custo total da dieta, dependendo das variações mercadológicas.

Alimentos de origem animal como as farinhas de carne e ossos, também, são considerados fontes de P. Essas farinhas são utilizadas objetivando a redução dos custos de formulação, entretanto, nem sempre é um ingrediente padronizado e confiável para as aves.

As condições físicas de processamento (temperatura e pressão utilizadas no cozimento e secagem) da farinha de carne e ossos, bem como a composição e a qualidade inicial das matérias-primas utilizadas na sua fabricação variam muito entre os fabricantes (Dolz, 1992 e Parsons et al., 1997). Isso constitui a maior fonte de variação que influencia a qualidade do produto final. As temperaturas de processamento eliminam grande parte, senão toda a contaminação bacteriana dos subprodutos. Entretanto, a recontaminação tem grande chance de acontecer em virtude do manuseio, transporte e outros fatores do ambiente e, por isso, deve ser monitorada ao longo do ano, evitando a perda de qualidade.

Além disso, as farinhas de origem animal são ricas em gorduras e, por isso têm maior facilidade de se oxidarem, formando os radicais livres, considerados agressores das membranas biológicas e responsáveis por processos irritativos no intestino dos animais (Carvalho, 2009).

A adição de fitase na alimentação dos monogástricos é bem sustentada como uma forma de reduzir ou substituir parte do uso de P inorgânico, evitando, assim, o consumo de reservas não renováveis do planeta. Trabalhando com uma margem de segurança, a inclusão de 500 FTU/kg de ração consegue liberar, em média, 0,1 % de Pd, que representa 5,5 kg de fosfato bicálcico (18%) por tonelada de ração.

Entretanto, a suplementação de fitase acima de 1.000 FTU/kg, em dietas com baixo P, pode ser considerada uma estratégia nutricional promissora visando à redução da excreção ambiental (Choct et al., 2006).

Grande parte dos dejetos das aves é utilizada como fertilizante orgânico para a agricultura, porém, o mau uso acarreta em impactos socio-econômicos, já que o fósforo, o nitrogênio e metais pesados são capazes de poluir, principalmente, a superfície de ambientes aquáticos. Em excesso no solo, o fósforo e o nitrogênio são lixiviados e acarretam uma diminuição na quantidade de oxigênio de rios e lagos, causando a morte de peixes e outros animais aquáticos, mediante os processos de eutrofização e nitrificação. Cálculos recentes mostram que, se a poluição fosse interrompida imediatamente, a recuperação dos sistemas aquíferos contaminados levaria mais de cem anos para ser alcançado (Carpenter, 2005).

2.4 Efeitos da fitase na alimentação dos monogástricos

A utilização das enzimas na produção animal teve seu início nos países europeus. O objetivo inicial foi melhorar o aproveitamento de ingredientes de

menor valor nutricional (aveia, cevada, trigo, centeio e outros) e, por conseguinte, buscando reduzir a excreção de nutrientes, importante característica no contexto ambiental. No Brasil, o uso de enzimas foi relacionado, principalmente, ao custo elevado das fontes de fósforo com a utilização de fitases e, posteriormente, visualizando reduções no custo de formulações com a melhor disponibilização de nutrientes. As enzimas são empregadas, principalmente, quando o custo das formulações aumenta em decorrência da elevação dos preços de matérias-primas e, em segundo plano buscando outros benefícios, tais como a redução na excreção de nutrientes, maior disponibilidade de nutrientes, minimização dos fatores anti-nutricionais, ajustes no balanceamento das dietas, manutenção da saúde intestinal e melhora na viabilidade econômica.

No caso das fitases, o nível de inclusão recomendado para frangos de corte é de 500 FTU/kg de ração. Embora alguns resultados interessantes com altos níveis de fitase tenham mostrado que é possível, manipulando corretamente as dietas, diminuir a inclusão de ingredientes que oneram o custo de formulação, sem comprometer o desempenho e a digestibilidade dos nutrientes.

Simons et al. (1990) avaliaram o efeito de uma fitase microbiana (0, 250, 500, 750, 1.000, 1.500 FTU/kg) e observaram um aumento na disponibilidade do P em 15 % com a inclusão de 1.500 FTU/kg. O ganho de peso (0 a 24 dias de idade) dos frangos aumentou 8% em relação ao tratamento controle.

Denbow et al. (1995) trabalharam com 200, 400, 600, 800, 1.000, 1.200 FTU/kg em dietas para frangos contendo 0,20, 0,27 ou 0,34% de Pd. Foi observado aumento no ganho de peso e no consumo de ração em todos os níveis de Pd, mas a máxima resposta foi obtida com a dieta que continha 0,20 de fósforo não fítico.

Biehl e Baker (1997) observaram que a suplementação de fitase (1.200 FTU/kg) tem efeito positivo na utilização dos aminoácidos metionina, lisina e valina, oriundos da proteína da soja em frangos de corte. Como também, Ravidran et al. (2001) reportaram que a suplementação de fitase (0 a 1.000 FTU/kg) em dietas deficientes em lisina tem efeito significativo na digestibilidade de todos os aminoácidos avaliados.

De acordo com estes autores, o fitato presente nos alimentos inibe a ação de enzimas digestivas e, ao adicionar a fitase para quebrar o complexo do fósforo fítico, diminui-se a ação do fitato sobre estas enzimas aumentando a digestibilidade.

Namkung e Leeson (1999) relataram um aumento na digestibilidade ileal dos aminoácidos totais e acréscimo de 1% na EMAn em rações suplementadas com 1.200 U de fitase/kg para frangos de corte.

Managi & Coon (2008) avaliaram dietas contendo 0,7% de Ca e 0,12 % de Pd com 0, 250, 500, 750, 1.000, 1.500, 2.000 e 5.000 FTU/kg de fitase e observaram hidrólise do fósforo fítico em 43,12; 68,12; 74,7; 85,02; 85,25; 92,77; 96,91 e 99,45%, respectivamente. Entretanto, a máxima retenção aparente do P foi obtida com a inclusão de fitase em 1.000 FTU/kg de ração.

Talvez, a máxima hidrólise do P fítico, obtida com altas concentrações de fitase, não esteja correlacionada com a porcentagem de P total retido, em razão de uma grande quantidade deste mineral que foi liberado e excedeu a fisiologia limiar do fósforo.

Shirley & Edwards Junior (2003) estudaram a suplementação de 0; 93,75; 187,5; 750; 1.500; 3.000; 6.000 e 12.000 FTU/kg em dietas contendo milho e farelo de soja com 0,46 de Pt (Pfítico = 0,272%) contra um tratamento controle (0,70% de Pt). Em relação ao tratamento sem suplementação, a inclusão de 12.000 FTU/kg melhorou em 180% o ganho de peso, 156% o consumo de

ração, aumentou o peso da tibia em 300%, retenção de fósforo total em 157%, retenção de N em 133% , energia metabolizável aparente em 106% e reduziu o índice de raquitismo de 80% para 3%. Poucas diferenças estatísticas nos dados foram observadas entre os frangos que consumiram a dieta controle e aqueles que receberam as dietas a partir de 1.500 FTU/kg de ração.

Outro experimento interessante com altos níveis de fitase foi conduzido com leitões por Kies et al. (2005), para determinar o efeito da fitase (100, 250, 500, 750, 1.500 e 15.000 FTU/kg) no desempenho e na digestibilidade aparente de minerais (P, Ca, Mg, Na, K e Cu). O consumo de ração, o ganho de peso e a conversão alimentar aumentou de acordo com as crescentes doses de fitase. A digestibilidade de todos os minerais estudados aumentou linearmente, e a suplementação de 15.000 FTU/kg proporcionou um acréscimo de 50% na digestibilidade do P, gerando 1,76 g de Pd /kg de ração. Neste nível, 85 % do P fítico foi aproveitado comparado com 15% da dieta basal. A digestibilidade dos minerais monovalentes aumentou de 81 para 92% (Na), e de 76 para 86% (K).

De acordo com estes resultados pode-se concluir que o fósforo fítico pode ser quase totalmente aproveitado com altas suplementações de fitase, promovendo maior utilização dos nutrientes e, conseqüentemente, reduzindo a excreção no ambiente.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local e época de realização

Os experimentos foram conduzidos no Setor de Avicultura do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Lavras (UFLA), no período de Fevereiro à Março de 2008.

O município de Lavras localiza-se na região Sul do estado de Minas Gerais, a uma altitude de 910 metros, tendo como coordenadas geográficas 21°14' de latitude Sul e 45° de longitude Oeste de Greenwich.

3.2 Ensaio experimentais

Foram conduzidos três ensaios experimentais com frangos de corte, sendo um para avaliação do desempenho e características ósseas no período de 1 a 42 dias de idade e dois de metabolismo que aconteceram simultaneamente ao ensaio de desempenho, na fase inicial (do 10° ao 16° dia) e de crescimento (do 28° ao 34° dia de idade das aves).

3.3 Aves, instalações e equipamentos

Foram utilizados 1848 pintos de um dia, Cobb-500, provenientes de incubatório comercial, com peso médio de 45,3 g, alojados em galpão convencional de alvenaria, distribuídos em 56 boxes com as dimensões de 1,50 x 2,00 m cada. O boxe (parcela experimental) continha cama de maravalha, sistema de aquecimento com lâmpada incandescente de 200W, bebedouro pendular e comedouro tubular.

Simultaneamente ao ensaio de desempenho, no 10° e 28° dia de experimento, 4 e 3 aves, respectivamente, de cada boxe, foram transferidos para uma sala de metabolismo com ambiente semi-controlado por dispositivo digital de controle de temperatura. Foram utilizadas gaiolas de metabolismo em arame

galvanizado, com dimensões de 50x50x50 cm, providas de bandejas coletoras de excretas. Os bebedouros e os comedouros utilizados foram do tipo calha, com borda para evitar desperdício.

3.4 Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento foi inteiramente casualizado, com sete tratamentos e oito repetições em cada ensaio. Os tratamentos experimentais foram constituídos de seis níveis de inclusão de fitase (1.500, 3.000, 4.500, 6.000, 8.000 e 10.000 FTU/kg de ração) e uma dieta denominada controle, sem suplementação enzimática.

Todas as rações que continham fitase tiveram redução nutricional e, de acordo com as recomendações da indústria e os resultados da literatura, na fase inicial (1 a 21 dias) de criação a redução foi de 45% de fósforo disponível (0,2); 16% de cálcio (0,15); 4% de proteína bruta (~0,8); 3,6% de metionina, lisina, treonina e triptofano e, aproximadamente, 2,5% de EMAn (85 kcal/kg).

Na fase de crescimento e final, as reduções foram menores, que é explicado pela diminuição da inclusão do farelo de soja, grande responsável pelo substrato (ácido fítico) da fitase nas rações experimentais. As reduções foram: 42% de fósforo disponível (0,18); 16% de cálcio (0,15); 3% de proteína bruta (~0,6); 2,7% nos quatro primeiros aminoácidos limitantes e, aproximadamente, 2% de EMAn (60 kcal/kg).

3.5 Rações experimentais

As rações experimentais (Tabelas 1, 2 e 3) foram à base de milho e farelo de soja, formuladas de acordo com as recomendações nutricionais do *Broiler Nutrition Supplement – Cobb 2004*, adotando um programa alimentar com três fases, inicial (1-21 dias), crescimento (22-35 dias) e final (36-42 dias).

A composição, em nutrientes, dos principais alimentos usados na formulação foi obtida nas tabelas brasileiras (Rostagno et al., 2005) e a fitase utilizada foi uma 6-fitase, com origem nos microorganismos (bactérias) *Citrobacter braakii* e *Escherichia coli*, produzida pela Comércio e Indústria Uniquímica Ltda.

TABELA 1 Composição percentual e níveis nutricionais calculados (analisados) das dietas experimentais para frangos de corte na fase inicial de criação (1-21 dias).

Ingredientes	Controle	1500 FTU	3.000 FTU	4.500 FTU	6.000 FTU	8.000 FTU	10.000 FTU
Milho	52,410	58,769	58,742	58,711	58,672	58,636	58,592
Farelo de soja	40,018	37,093	37,096	37,102	37,111	37,118	37,125
Óleo de soja	3,700	1,038	1,047	1,058	1,070	1,082	1,097
Fosfato bicálcico	1,867	0,757	0,756	0,756	0,758	0,757	0,757
Calcário calcítico	0,863	1,172	1,172	1,173	1,171	1,171	1,172
Sal comum	0,389	0,388	0,388	0,388	0,388	0,388	0,388
Premix vitamínico ¹	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
Premix mineral ²	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
DL-Metionina (99%)	0,257	0,241	0,241	0,241	0,241	0,241	0,241
L-Lisina (78%)	0,051	0,081	0,080	0,081	0,081	0,080	0,080
L-Treonina (99%)	0,000	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003
Cl-Colina (70%)	0,057	0,057	0,057	0,057	0,057	0,057	0,057
Salinomicina (12%)	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050
Bacitracina de Zn (10%)	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025
Sulfato de Colistina (8%)	0,0125	0,0125	0,0125	0,0125	0,0125	0,0125	0,0125
Bicarbonato de sódio	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
Fitase ³	0	0,015	0,030	0,045	0,060	0,080	0,100
TOTAL	100	100	100	100	100	100	100
EMAn (kcal/kg) ⁴	3000	2915	2915	2915	2915	2915	2915
Proteína Bruta (%)	22,465	21,665	21,665	21,665	21,665	21,665	21,665
	(21,680)	(19,760)	(19,760)	(19,760)	(19,760)	(19,760)	(19,760)
Lisina digestível (%)	1,170	1,132	1,132	1,132	1,132	1,132	1,132
Metionina + Cistina digestível (%)	0,870	0,842	0,842	0,842	0,842	0,842	0,842
Treonina digestível (%)	0,770	0,744	0,744	0,744	0,744	0,744	0,744
Cálcio (%)	0,900	0,750	0,750	0,750	0,750	0,750	0,750
	(0,930)	(0,800)	(0,800)	(0,800)	(0,800)	(0,800)	(0,800)
Fósforo disponível (%)	0,450	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250
Fósforo total (%)	0,674	0,474	0,474	0,474	0,474	0,474	0,474
	(0,680)	(0,507)	(0,507)	(0,507)	(0,507)	(0,507)	(0,507)
Sódio (%)	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200

¹Enriquecimento por kg de ração: Vit.A - 12.000 UI, Vit.D - 2.200, Vit E - 30 mg, Vit K - 2,5 mg, Niacina - 53 mg, Ácido fólico - 1,0 mg, Ácido pantotênico - 13 mg, Biotina - 110 µg, Vit B1 - 2,2 mg, Vit B2 - 6 mg, Vit B6 - 3,3 mg, Vit B12 - 16 µg e Selênio - 0,25 mg.

²Enriquecimento de Minerais por kg de ração: Ferro - 50 mg, Cobre 8,5 mg, Zinco - 70 mg, Manganês - 75 mg, Iodo - 1,5 mg e Cobalto - 0,2 mg.

³ Comercialmente denominada Genophos®, com atividade de 10.000 FTU/g.

⁴EMAn: Energia metabolizável corrigida pra balanço de nitrogênio (kcal/kg).

TABELA 2 Composição percentual e níveis nutricionais calculados (analisados) das dietas experimentais para frangos de corte na fase de crescimento (22-35dias).

Ingredientes	Controle	1.500	3.000	4.500	6.000	8.000	10.000
		FTU	FTU	FTU	FTU	FTU	FTU
Milho	58,630	63,490	63,473	63,431	63,395	63,357	63,313
Farelo de soja	33,445	31,325	31,325	31,333	31,341	31,348	31,356
Óleo de soja	4,132	2,130	2,136	2,151	2,162	2,175	2,190
Fosfato bicálcico	1,738	0,737	0,737	0,737	0,739	0,738	0,738
Calcário calcítico	0,926	1,164	1,164	1,165	1,163	1,163	1,164
Sal comum	0,314	0,313	0,313	0,313	0,313	0,313	0,313
Premix vitamínico ¹	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
Premix mineral ²	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
DL-Metionina (99%)	0,250	0,237	0,237	0,238	0,238	0,238	0,238
L-Lisina (78%)	0,082	0,105	0,104	0,104	0,104	0,104	0,104
L-Treonina (99%)	0,027	0,029	0,029	0,029	0,029	0,029	0,029
Cl-Colina (70%)	0,043	0,043	0,043	0,043	0,043	0,043	0,043
Salinomicina (12%)	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050
Bacitracina de Zn (10%)	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050
Sulf. de Colistina (8%)	0,0125	0,0125	0,0125	0,0125	0,0125	0,0125	0,0125
Bicarbonato de sódio	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
Fitase ³	0	0,015	0,030	0,045	0,060	0,080	0,100
TOTAL	100	100	100	100	100	100	100
EMAn (kcal/kg) ⁴	3100	3040	3040	3040	3040	3040	3040
Proteína Bruta (%)	20,000	19,440	19,440	19,440	19,440	19,440	19,440
	(19,000)	(18,630)	(18,630)	(18,630)	(18,630)	(18,630)	(18,630)
Lisina digestível (%)	1,040	1,013	1,013	1,013	1,013	1,013	1,013
Metionina + Cistina digestível (%)	0,810	0,791	0,791	0,791	0,791	0,791	0,791
Treonina digestível (%)	0,710	0,692	0,692	0,692	0,692	0,692	0,692
Cálcio (%)	0,880	0,730	0,730	0,730	0,730	0,730	0,730
	(0,900)	(0,770)	(0,770)	(0,770)	(0,770)	(0,770)	(0,770)
Fósforo disponível (%)	0,420	0,240	0,240	0,240	0,240	0,240	0,240
Fósforo total (%)	0,631	0,451	0,451	0,451	0,451	0,451	0,451
	(0,650)	(0,451)	(0,451)	(0,451)	(0,451)	(0,451)	(0,451)
Sódio (%)	0,170	0,170	0,170	0,170	0,170	0,170	0,170

¹Enriquecimento por kg de ração: Vit.A - 12.000 UI, Vit.D - 2.200, Vit E - 30 mg, Vit K - 2,5 mg, Niacina - 53 mg, Ácido fólico - 1,0 mg, Ácido pantotênico - 13 mg, Biotina - 110 µg, Vit B1 - 2,2 mg, Vit B2 - 6 mg, Vit B6 - 3,3 mg, Vit B12 - 16 µg e Selênio - 0,25 mg.

²Enriquecimento de Minerais por kg de ração: Ferro - 50 mg, Cobre 8,5 mg, Zinco - 70 mg, Manganês - 75 mg, Iodo - 1,5 mg e Cobalto - 0,2 mg;

³ Comercialmente denominada Genophos®, com atividade de 10.000 FTU/g.

⁴EMAn: Energia metabolizável corrigida pra balanço de nitrogênio (kcal/kg).

TABELA 3 Composição percentual e níveis nutricionais calculados (analisados) das dietas experimentais para frangos de corte na fase final (36-42 dias).

Ingredientes	Controle	1.500	3.000	4.500	6.000	8.000	10.000
		FTU	FTU	FTU	FTU	FTU	FTU
Milho	60,358	65,218	65,190	65,159	62,123	65,085	65,041
Farelo de soja	30,923	28,802	28,805	28,811	28,820	28,826	28,834
Óleo de soja	5,252	3,250	3,260	3,271	3,283	3,295	3,310
Fosfato bicálcico	1,645	0,644	0,644	0,643	0,646	0,645	0,645
Calcário calcítico	0,896	1,134	1,134	1,134	1,133	1,132	1,133
Sal comum	0,289	0,288	0,288	0,288	0,288	0,288	0,288
Premix vitamínico ¹	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
Premix mineral ²	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
DL-Metionina (99%)	0,242	0,230	0,229	0,230	0,230	0,230	0,230
L-Lisina (78%)	0,057	0,080	0,080	0,080	0,079	0,079	0,079
L-Treonina (99%)	0,002	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004
Cl-Colina (70%)	0,036	0,036	0,036	0,036	0,036	0,036	0,036
Bicarbonato de sódio	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
Fitase ³	0	0,015	0,030	0,045	0,060	0,080	0,100
TOTAL	100	100	100	100	100	100	100
EMAn (kcal/kg) ⁴	3200	3140	3140	3140	3140	3140	3140
Proteína Bruta (%)	19,000	18,440	18,440	18,440	18,440	18,440	18,440
	(19,000)	(18,000)	(18,000)	(18,000)	(18,000)	(18,000)	(18,000)
Lisina digestível (%)	0,960	0,933	0,933	0,933	0,933	0,933	0,933
Metionina + Cistina digestível (%)	0,780	0,761	0,761	0,761	0,761	0,761	0,761
Treonina digestível (%)	0,650	0,632	0,632	0,632	0,632	0,632	0,632
Cálcio (%)	0,840	0,690	0,690	0,690	0,690	0,690	0,690
	(0,830)	(0,650)	(0,650)	(0,650)	(0,650)	(0,650)	(0,650)
Fósforo disponível (%)	0,400	0,220	0,220	0,220	0,220	0,220	0,220
Fósforo total (%)	0,605	0,425	0,425	0,425	0,425	0,425	0,425
	(0,615)	(0,428)	(0,428)	(0,428)	(0,428)	(0,428)	(0,428)
Sódio (%)	0,160	0,160	0,160	0,160	0,160	0,160	0,160

¹Enriquecimento por kg de ração: Vit.A - 12.000 UI, Vit.D - 2.200, Vit E - 30 mg, Vit K - 2,5 mg, Niacina - 53 mg, Ácido fólico - 1,0 mg, Ácido pantotênico - 13 mg, Biotina - 110 µg, Vit B1 - 2,2 mg, Vit B2 - 6 mg, Vit B6 - 3,3 mg, Vit B12 - 16 µg e Selênio - 0,25 mg. ²Enriquecimento de Minerais por kg de ração: Ferro - 50 mg, Cobre 8,5 mg, Zinco - 70 mg, Manganês - 75 mg, Iodo - 1,5 mg e Cobalto - 0,2 mg.

³ Comercialmente denominada Genophos®, com atividade de 10.000 FTU/g.

⁴EMAn: Energia metabolizável corrigida pra balanço de nitrogênio (kcal/kg).

3.6 Manejo experimental

Os tratamentos foram sorteados para cada parcela experimental e as dietas fornecidas à vontade no ensaio de desempenho e, duas vezes ao dia, para as aves alojadas nas gaiolas de metabolismo. A água em todo o período experimental foi oferecida à vontade. As temperaturas (máxima e mínima) e a umidade relativa foram registradas, diariamente, às 16 horas, por meio de um termo-higrômetro localizado na parte central do galpão (Tabela 4).

TABELA 4 Temperatura e umidade ambiente registradas durante o ensaio de desempenho.

Semanas	Temperatura (C°)		Umidade (%)	
	Mínima	máxima	mínima	Máxima
1	20	36	31	84
2	21	36	43	86
3	19	34	57	85
4	18	37	52	93
5	19	34	56	82
6	20	35	45	80

As pesagens das aves foram efetuadas no 1º, 21º, 35º e no 42º dia de idade das aves. O controle do consumo de ração foi realizado com a pesagem das sobras em cada período. A mortalidade foi monitorada diariamente para cálculo da viabilidade de criação e correção do consumo e da conversão alimentar.

No final do experimento de desempenho, aos 42 dias, uma ave com peso médio de cada parcela, foi abatida, e a tibia esquerda foi retirada para análises ósseas (cinzas, cálcio e fósforo).

Para o ensaio metabólico foi utilizado o método de coleta total de excretas, com quatro dias de adaptação e três dias de coleta (Rodrigues et al., 2005). As rações foram marcadas com óxido de ferro para iniciar a coleta, que aconteceu às 8 e às 16 h nos três dias consecutivos. As excretas coletadas

diariamente foram acondicionadas em sacos plásticos e armazenadas em freezer até o final do período. Foram, então, descongeladas, homogeneizadas, pesadas e retiradas as alíquotas para secagem em estufas de circulação de ar a 55°C, até peso constante; em seguida, moídas e acondicionadas para posteriores análises laboratoriais.

3.7 Variáveis estudadas e análises laboratoriais

3.7.1 Desempenho

No ensaio de desempenho foi avaliado o consumo de ração (g/ave), o ganho de peso (g/ave) e a conversão alimentar (g/g/ave) de acordo com as fases de criação (1 a 21; 1 a 35 e 1 a 42 dias). A viabilidade (%) foi considerada na fase total de criação (1 a 42 dias).

3.7.2 Ensaio de metabolismo

3.7.2.1 Coeficiente de digestibilidade aparente da matéria seca, da proteína bruta, retenção aparente de cálcio e fósforo e energia metabolizável aparente corrigida para balanço de nitrogênio.

As análises laboratoriais foram realizadas no Laboratório de Pesquisa Animal do DZO/UFLA. Para os cálculos dos coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca, foi utilizada a seguinte fórmula:

$$\text{CDAMS} = \frac{\text{matéria seca ingerida (g)} - \text{matéria seca excretada (g)}}{\text{matéria seca ingerida (g)}} \times 100$$

O método de Kjeldahl, proposto pela metodologia do AOAC (1990), foi utilizado para análise dos teores de nitrogênio das rações e excretas. Os

coeficientes de digestibilidade aparente da proteína bruta foram obtidos considerando a seguinte fórmula:

$$\text{CDAPB} = \frac{\text{proteína bruta ingerida (g)} - \text{proteína bruta excreta (g)}}{\text{proteína ingerida (g)}} \times 100$$

As análises de cálcio e fósforo (excretas, ração e ossos) foram realizadas pelo método de titulação de permanganato de potássio e “colorimetria”, respectivamente, de acordo com metodologia descrita por Silva (2002). Para obtenção dos coeficientes de retenção aparente do cálcio (CRACa) e do fósforo (CRAP) na matéria seca, utilizou-se a seguinte fórmula:

$$\text{CRACa} = \frac{\text{consumo de Ca (g)} - \text{excreção de Ca (g)}}{\text{consumo de Ca (g)}} \times 100$$

$$\text{CRAP} = \frac{\text{consumo de P (g)} - \text{excreção de P (g)}}{\text{consumo de P (g)}} \times 100$$

Para determinação da energia bruta das amostras das rações e excretas, foi utilizada a bomba calorimétrica modelo Parr – 1261. Para os cálculos dos valores da EMAn das rações, foram utilizadas as fórmulas descritas por Matterson et al. (1965):

$$\text{EMAn da ração} = \frac{(\text{MS ing} \times \text{EB ração}) - (\text{MS exc} \times \text{EB exc} + 8,22 \times \text{BN})}{\text{MS ingerida}}$$

$$\text{BN} = (\text{MS ing} \times \% \text{ N da ração}) - (\text{MS exc} \times \% \text{ N exc})$$

EMAn (kcal/kg) = energia metabolizável aparente corrigida pelo balanço de nitrogênio

MS ing = matéria seca ingerida

EB = energia bruta

MS exc = matéria seca excretada

EB exc = energia bruta excretada

BN = balanço de nitrogênio

3.7.2.2 Cinzas ósseas

Para determinação das cinzas ósseas, foram retirados os resíduos de carne e as tíbias foram secas em estufa a 105°C por, aproximadamente, 2 horas. Em seguida, foram colocadas em recipiente fechado, contendo éter etílico, para serem desengorduradas. Após dois dias, os ossos foram lavados com éter por 12 horas, secos em estufa a 105°C e pesados, com o auxílio de balança de precisão (0,0001g), para determinação da matéria seca desengordurada e, posteriormente, incinerados a uma temperatura de 550°C por, aproximadamente, 8 horas, obtendo dessa forma, as cinzas na matéria seca desengordurada.

3.8 Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância, por meio do software Sistema de Análise de Variância, para dados balanceados (SISVAR), descrito por Ferreira (2000). Todos os tratamentos com fitase foram comparados com o tratamento controle pelo teste de Dunnett ($\alpha = 5\%$) e a avaliação dos níveis de inclusão de fitase foi feita por análise de regressão, quando significativos.

O modelo estatístico adotado está apresentado a seguir:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + e_{(ij)}$$

Sendo:

Y_{ij} = Valor observado na variável analisada, quando submetido ao tratamento i , na repetição j , com $j = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7$ e 8 .

μ = Média geral do experimento.

T_i = Efeito do tratamento i , sendo $i = 1, 2, 3, 4, 5, 6$ e 7 .

$e_{(ij)}$ = Erro experimental aleatório, associado a cada observação.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Desempenho

4.1.1 Fase Inicial

O consumo de ração das aves na fase inicial foi afetado quando estas receberam ração com fitase a partir de 4.500 FTU/kg ($P<0,05$). Entretanto, essa diferença significativa não foi observada sobre o ganho de peso ($P>0,05$), embora as aves que receberam ração com 1.500, 3.000 e 6.000 FTU/kg apresentaram os piores valores de conversão alimentar comparando ao tratamento controle ($P<0,05$) (Tabela 5).

TABELA 5 Consumo de ração (CR), ganho de peso (GP) e conversão alimentar (CA) dos frangos de corte na fase de 1 a 21 dias, submetidos às dietas contendo diferentes níveis de fitase.

Tratamentos	CR (g/ave)	GP (g/ave)	CA (g/g)
Controle	1210	856	1,415
1.500 FTU/kg	1236	842	1,468*
3.000 FTU/kg	1243	848	1,467*
4.500 FTU/kg	1258*	870	1,447
6.000 FTU/kg	1264*	868	1,456*
8.000 FTU/kg	1253*	864	1,451
10.000 FTU/kg	1255*	868	1,446
Média	1246	859	1,449
CV, %	2,70	2,79	1,92

*Média diferente estatisticamente do tratamento controle, pelo teste de Dunnett ao nível de 5% de probabilidade.

Possivelmente, a diminuição de 2,6% na inclusão de óleo nas rações suplementadas com fitase pode ter sido responsável pelos piores valores de conversão alimentar nos tratamentos com 1.500, 3.000 e 6.000 FTU/kg, em relação ao controle. Pucci et al. (2003) constataram uma melhora na conversão alimentar de frangos de corte, na fase inicial, quando o óleo de soja foi

adicionado às rações, atingindo um platô no nível de 2,18% de óleo. A máxima digestibilidade do extrato etéreo foi observada com o nível de 2,33%, evidenciando, em razão destes resultados, o efeito extra-calórico do óleo na conversão alimentar das aves.

O efeito da fitase em dietas com P abaixo das exigências tem mostrado ser consistente em manter o desempenho de frangos de corte e, de acordo com Selle et al. (2007), a magnitude das respostas pode ser mais pronunciada, aumentando-se os níveis de inclusão, em virtude de uma maior degradação do fitato. Entretanto, no presente trabalho, esta resposta não foi observada no ganho de peso e na conversão alimentar dos frangos, que apresentaram valores semelhantes ou piores que o tratamento controle.

Espera-se que, com uma dieta deficiente em fósforo, redução no consumo de ração. Porém, a adição de fitase em níveis adequados promove a ruptura máxima do complexo P-ácido fítico, liberando este mineral para ser absorvido e eliminando o efeito depressor de sua deficiência sobre o consumo de ração (Munaro, 1996).

Diversos trabalhos mostram que a suplementação de fitase microbiana aumenta o ganho de peso, o consumo de ração e a eficiência alimentar de frangos de corte (Simons et al., 1990; Broz et al., 1994; Denbow et al., 1995; Mitchell e Edwards, 1996; Sebastian et al., 1996).

No presente estudo, não houve comprometimento no ganho de peso das aves alimentadas com as rações contendo fitase e com redução nutricional. Talvez, pelo maior consumo destas aves, pode ter ocorrido uma potencialização na quebra e na utilização do fósforo vindo do complexo fitato-mineral, pela melhor utilização do inositol, por um aumento na digestibilidade do amido e na disponibilidade de proteínas e aminoácidos ou pela total utilização dos nutrientes (Singh, 2008).

Esses resultados diferem dos encontrados por Shirley & Edwards Junior (2003), pois estes autores, ao investigarem a suplementação de altos níveis de fitase (95,75 a 12.000 FTU/kg de ração), em rações para frangos de corte, não observaram diferença estatística no consumo de ração e no ganho de peso a partir da inclusão de 1.500 FTU/kg. A conversão alimentar não diferiu entre os tratamentos, independente dos níveis.

Entretanto, alguns trabalhos não reportaram nenhum efeito da fitase em dietas contendo farelo de soja e milho com as necessidades de P abaixo das recomendações do NRC (1994) no ganho de peso e no consumo de ração de frangos de corte (Perney et al., 1993; Zyla et al., 2001).

Geralmente, as respostas da suplementação de fitase na conversão alimentar dos frangos não têm efeito significativo por causa do aumento simultâneo no ganho de peso e no consumo de ração (Simons et al., 1990; Broz et al., 1994; Denbow et al., 1995; Sebastian et al., 1996).

4.1.2 Desempenho na fase de 1 a 35 dias de idade das aves

As dietas suplementadas com fitase não influenciaram o consumo de ração e o ganho de peso das aves na fase de 1 a 35 dias ($P>0,05$) (Tabela 6). Este fato pode ter ocorrido em razão do ganho compensatório das aves. Frangos modernos são hiperfágicos e o controle no consumo de ração na fase de crescimento por aspectos nutricionais é minimizado em relação à fase inicial.

TABELA 6 Consumo de ração (CR), ganho de peso (GP) e conversão alimentar (CA) dos frangos de corte na fase de 1 a 35 dias, submetidos às dietas contendo diferentes níveis de fitase.

Tratamentos	CR (g/ave)	GP (g/ave)	CA (g/g)
Controle	3210	1993	1,611
1.500 FTU/kg	3259	1949	1,672*
3.000 FTU/kg	3227	1933	1,670*
4.500 FTU/kg	3269	2009	1,628
6.000 FTU/kg	3304	1989	1,661
8.000 FTU/kg	3267	1987	1,644
10.000 FTU/kg	3262	1994	1,638
Média	3257	1979	1,646
CV, %	2,39	2,69	2,50

*Média diferente estatisticamente do tratamento controle, pelo teste de Dunnett ao nível de 5% de probabilidade.

Entretanto, observa-se uma pior resposta na CA das aves que consumiram ração suplementada com 1.500 e 3.000 FTU/kg ($P < 0,05$). A partir desses resultados, pode-se considerar que, na fase de crescimento (22 a 35 dias), as suplementações de fitase a partir de 4.500 FTU/kg contribuíram para disponibilizar os nutrientes da dieta nas quantidades necessárias para manter o desempenho adequado dos frangos, quando comparado ao grupo controle. Esta afirmação pode ser justificada pelos resultados do metabolismo mostrados ainda neste estudo.

Entretanto, nota-se o efeito residual dos tratamentos aplicados na fase inicial de criação (1 a 21 dias).

4.1.3 Desempenho de 1 a 42 dias de idade das aves

Pela Tabela 7, em que se apresenta o resultado, referente ao desempenho das aves no período de 1 a 42 dias de idade, evidencia-se a influência do maior consumo de ração pelas aves que receberam as rações com fitase na fase inicial

(1 a 21 dias) e final (35 a 42 dias) (dados não publicados) de criação, que manteve o ganho de peso semelhante aos frangos do tratamento controle, influenciando, entretanto, negativamente a conversão alimentar das aves ($P<0,05$). Não houve diferença significativa entre os tratamentos na viabilidade dos frangos ($P>0,05$).

TABELA 7 Consumo de ração (CR), ganho de peso (GP), conversão alimentar (CA) e viabilidade (Viabil.) dos frangos de corte, na fase de 1 a 42 dias, submetidos às dietas contendo diferentes níveis de fitase.

Tratamentos	CR (g/ave)	GP (g/ave)	CA (g/g)	Viabil. (%)
Controle	4396	2571	1,710	94,41
1.500 FTU/kg	4595*	2508	1,833*	96,01
3.000 FTU/kg	4544*	2511	1,810*	94,94
4.500 FTU/kg	4631*	2519	1,843*	94,66
6.000 FTU/kg	4780*	2557	1,870*	94,74
8.000 FTU/kg	4606*	2549	1,807*	96,09
10.000 FTU/kg	4619*	2561	1,805*	96,61
Média	4596	2539	1,811	95,36
CV, %	2,32	3,46	3,54	4,71

*Médias na coluna diferem estatisticamente pelo teste de Dunnett ($P<0,05$).

Manangi & Coon (2008), também, reportaram um aumento no consumo de ração por frangos de corte alimentados com uma dieta basal (0,7% Ca, 0,4% Pt e 0,12 Pd), suplementada com 0, 250, 500, 750, 1.000, 1.500, 2.000 e 5.000 FTU /kg de fitase. Entretanto, os resultados de ganho de peso e conversão alimentar foram melhores com os níveis crescentes de fitase, em relação ao grupo controle.

Por outro lado, contrário ao presente estudo, Fukayama et al. (2008) não encontraram diferença no consumo e na conversão alimentar entre frangos de corte alimentados com uma ração contendo 3.000 kcal/kg de EM e aqueles que

consumiram ração formulada com 2940 kcal/kg de EM e suplementadas com fitase (500, 750 e 1.000 FTU/kg). Os referidos autores, também, observaram uma melhora no ganho de peso das aves.

4.2 Metabolismo

4.2.1 Fase inicial

Pelos resultados dos coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca (CDAMS), da proteína bruta (CDAPB) e da energia metabolizável aparente corrigida para balanço de nitrogênio (EMAn) (Tabela 8), observa-se que houve um aumento na digestibilidade da matéria seca em todos os tratamentos com fitase, mostrando-se sensível à suplementação de altos níveis ($P < 0,05$). Entretanto, os CDAPB e os resultados de EMAn não mostraram diferenças significativas em relação ao tratamento controle ($P > 0,05$).

TABELA 8 Coeficientes de digestibilidade aparente (CDAMS, %) da matéria seca, da proteína bruta (CDAPB, %) e energia metabolizável aparente (EMAn, kcal/kg de MS) corrigida para balanço de nitrogênio das dietas contendo fitase, para frangos de corte na fase inicial.

Tratamentos	CDAMS	CDAPB	EMAn ¹
Controle	71,45	58,48	3310
1.500 FTU/kg	73,64*	60,27	3252
3.000 FTU/kg	74,05*	61,40	3280
4.500 FTU/kg	73,39*	58,06	3324
6.000 FTU/kg	73,59*	57,17	3329
8.000 FTU/kg	74,50*	60,58	3356
10.000 FTU/kg	73,77*	58,17	3299
Média	73,63	59,16	3307
CV, %	1,69	3,94	1,37

*Média diferente estatisticamente do tratamento controle, pelo teste de Dunnett ao nível de 5% de probabilidade.

¹Efeito quadrático

Houve efeito quadrático na EMAn, em relação aos níveis de inclusão da fitase nas rações, estimando-se a suplementação de 7.727 FTU/kg para um melhor aproveitamento da energia da dieta ($P < 0,05$) (Figura 1).

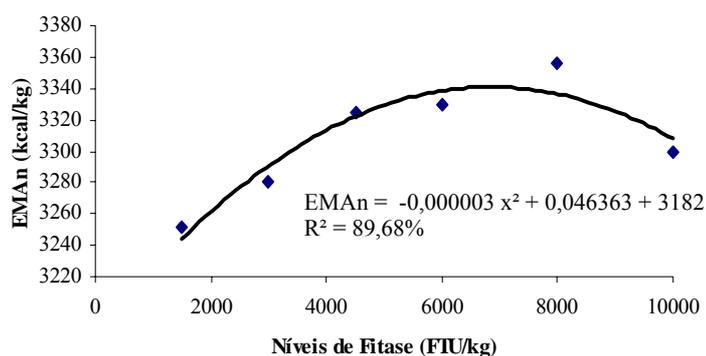


FIGURA 1 Energia metabolizável aparente corrigida para balanço de nitrogênio das dietas experimentais, em função dos níveis de suplementação da fitase para frangos de corte na fase inicial.

De acordo com os resultados, a redução praticada de 85 kcal nas dietas suplementadas com fitase foi recuperada pelas aves. Pode ter ocorrido por um aumento na digestibilidade do amido e/ou por um efeito indireto da suplementação enzimática, impedindo que ocorra reação de saponificação entre os lipídios e os minerais do complexo fitato-mineral, aumentando o aproveitamento energético (Ravindran et al., 2001).

Fukayama et al. (2008) não encontraram diferenças estatísticas na digestibilidade da MS e da PB entre frangos de corte alimentados com dietas contendo fitase (500, 750, 1.000 FTU/kg) e com redução nutricional (de 0,36% de Pd e 60 kcal/kg de EM) e aqueles consumindo uma dieta padrão. Da mesma forma, a suplementação de 750 e 1.000 FTU/kg de fitase melhorou a energia

digestível, mas não foi suficiente para superar a energia digestível da dieta padrão.

Diferente dos resultados mostrados, Shirley & Edwards Junior (2003) constataram uma melhora na EMAn com suplementações de fitase (0; 93,75; 187,75; 375; 750; 1.500; 3.000; 6.000 e 12.000 FTU/kg de ração) em relação ao tratamento controle. Houve efeito linear, considerando o maior acréscimo de 6% na EMAn, pela inclusão de 12.000 FTU/kg.

A excreção absoluta (g/dia) de cálcio e fósforo (Tabela 9) e os coeficientes de retenção aparente destes minerais encontram-se na Tabela 8. Observa-se um maior aproveitamento destes minerais pelas aves que receberam ração suplementada com fitase. Os resultados mostram maiores valores de retenção aparente destas aves e, conseqüentemente, diminuição significativa de Ca e P (total) nas excretas, em relação ao grupo controle ($P < 0,05$).

TABELA 9 Excreção absoluta (g/dia) e coeficientes de retenção aparente de cálcio e fósforo (CRACa, CRAP, %) na fase inicial dos frangos de corte submetidos às dietas contendo diferentes níveis de fitase.

Tratamentos	CRACa (%) ¹	Excreção de Ca (g/dia) ²	CRAP (%) ³	Excreção de P (g/dia) ⁴
Controle	41,49	0,410	45,26	0,259
1.500 FTU/kg	48,10*	0,328*	51,95*	0,204*
3.000 FTU/kg	51,62*	0,307*	52,61*	0,201*
4.500 FTU/kg	51,58*	0,315*	53,99*	0,201*
6.000 FTU/kg	54,28*	0,290*	55,81*	0,190*
8.000 FTU/kg	52,16*	0,301*	57,08*	0,180*
10.000 FTU/kg	52,55*	0,300*	59,01*	0,175*
Média	50,25	0,322	53,67	0,202
CV, %	3,49	6,13	4,74	7,65

*Média diferente estatisticamente do tratamento controle, pelo teste de Dunnett ao nível de 5% de probabilidade.

^{1,2} Efeito Quadrático

^{3,4} Efeito Linear

Entre os níveis de fitase das rações, estimou-se a inclusão de 5.500 FTU/kg para maximizar a retenção aparente do Ca ($P < 0,05$) (Figura 2). Apesar do efeito quadrático, a menor excreção absoluta de Ca foi estimada com o nível de 7.500 FTU/kg, de acordo com a análise de regressão ($y = 0,0000000008 x^2 + 0,000012 x + 0,34267$; $R^2 = 72,78\%$).

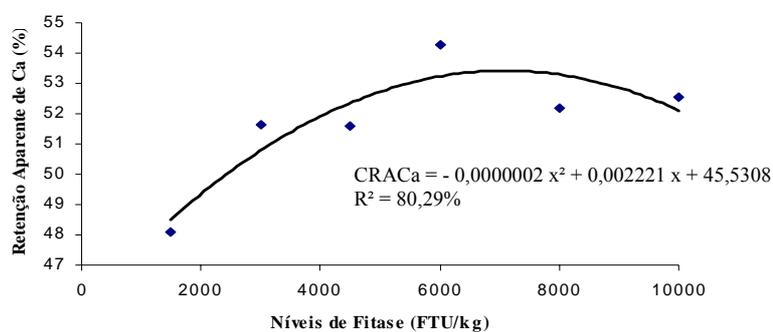


FIGURA 2 Retenção aparente de cálcio, em função dos níveis de suplementação da fitase em dietas para frangos de corte na fase inicial.

Por outro lado, os resultados dos coeficientes de retenção do P demonstraram um aumento linear entre os tratamentos suplementados com fitase ($P < 0,05$) (Figura 3). Apesar do metabolismo do Ca e P estarem correlacionados, há necessidade de ressaltar que uma série de características ainda não está totalmente esclarecida e ou estabelecidas.

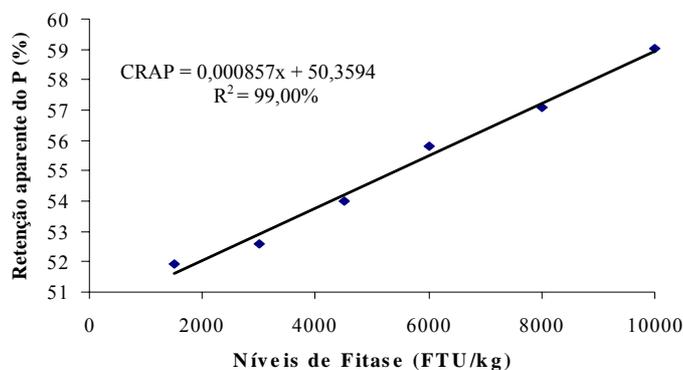


FIGURA 3 Retenção aparente de fósforo, em função dos níveis de suplementação da fitase em dietas para frangos de corte na fase inicial.

Conseqüentemente houve uma diminuição linear na excreção do P ($P < 0,05$) ($y = -0,000004x + 0,21248$; $R^2 = 93,01\%$). Este fato evidencia a ação da fitase em disponibilizar o fósforo fítico para as aves, reduzindo em até 44% o P total presente nas excretas das aves, com a inclusão de 10.000 FTU/kg de ração.

Os resultados encontrados corroboram com outros estudos que demonstram o efeito da suplementação da fitase em aumentar a retenção do cálcio em frangos de corte (Yi et al., 1994, Sebastian et al., 1996).

Entretanto, Shirley & Edwards Junior (2003) acreditam que a concentração fisiológica de cálcio em aves pode ser mais difícil de ser regulada em comparação ao P, e dietas contendo mais de 3.000 FTU/kg de fitase, têm pouco efeito na retenção do Ca. Por outro lado, estes autores, também, observaram efeito linear na retenção do P com níveis crescentes de fitase, aumentando em até 69% com a inclusão de 12.000 FTU/kg, em relação ao controle.

As dietas com baixo P ocasionam alterações no metabolismo permitindo a secreção de substâncias que promovem a otimização da absorção do P intestinal. Além da ação intestinal proporciona, ainda, a reabsorção de P nos túbulos renais como forma de adaptação à escassez de P dietético (Rosol & Capen, 1997).

4.2.2 Fase de crescimento

Os coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca, da proteína bruta e a energia metabolizável aparente corrigida para balanço de nitrogênio na fase de crescimento, encontram-se na Tabela 10 e observa-se que não houve diferença significativa em nenhuma destas características avaliadas, entre os tratamentos suplementados com fitase e o controle ($P>0,05$).

TABELA 10 Coeficiente de digestibilidade (CDAMS, %) aparente da matéria seca, da proteína bruta (CDAPB, %) e energia metabolizável aparente (EMAn, kcal/kg de MS) corrigida para balanço de nitrogênio das dietas contendo fitase, para frangos de corte na fase de crescimento.

Tratamentos	CDAMS	CDAPB	EMAn
Controle	75,88	63,17	3474
1.500 FTU/kg	77,36	62,73	3444
3.000 FTU/kg	77,49	62,87	3448
4.500 FTU/kg	76,96	62,95	3458
6.000 FTU/kg	76,79	61,19	3480
8.000 FTU/kg	77,27	63,91	3461
10.000 FTU/kg	77,66	62,68	3503
Média	77,06	62,78	3467
CV, %	2,190	3,860	1,670

Os resultados mostrados se assemelham a outros trabalhos, em que dietas com baixo Pd e suplementadas com fitase mantêm a EMA adequada para frangos de corte (Panda et al., 2007; Ravidran et al., 2000).

O efeito positivo da fitase, na utilização da energia pelas aves, também, foi reportado por Camden et al. (2001), avaliando a inclusão de duas enzimas (250, 500 e 1.000 FTU/kg) em dietas com milho e soja. O aumento na EMAn estava associado com um acréscimo de 3,5% no coeficiente de digestibilidade do extrato etéreo, 2,6% da proteína e 1,4 % do amido.

Os resultados da Tabela 11 mostram que a excreção absoluta de Ca (g/dia) pelas aves do tratamento controle foi em média, 21,3% maior que a excreção das aves alimentadas com rações contendo fitase ($P < 0,01$). A excreção do P também diminuiu, porém, de forma linear ($P < 0,01$) ($y = - 0,000003 x + 0, 3539$; $R^2 = 61,99\%$). Isso pode ser explicado pelos maiores valores de retenção aparente destes minerais em função da suplementação de fitase.

TABELA 11 Excreção absoluta (g/dia) e coeficientes de retenção aparente de cálcio e fósforo (CRACa, CRAP, %), na fase de crescimento dos frangos de corte, submetidos às dietas contendo diferentes níveis de fitase.

Tratamentos	Excreção de Ca (g/dia)	CRACA (%) ¹	Excreção de P (g/dia) ²	CRAP (%) ³
Controle	0,832	40,97	0,537	47,68
1.500 FTU/kg	0,654*	43,79*	0,343*	60,93*
3.000 FTU/kg	0,622*	43,79*	0,348*	61,08*
4.500 FTU/kg	0,662*	44,02*	0,345*	61,33*
6.000 FTU/kg	0,650*	46,28*	0,346*	62,19*
8.000 FTU/kg	0,643*	43,46*	0,322*	62,59*
10.000 FTU/kg	0,659*	43,19*	0,326*	62,77*
Média	0,680	43,64	0,367	59,79
CV, %	6,59	3,76	8,22	3,34

* Média diferente estatisticamente do tratamento controle, pelo teste de Dunnett ao nível de 5% de probabilidade./¹ Efeito quadrático / ² Efeito linear.

De forma semelhante à fase inicial, houve significância para efeito quadrático nos valores de retenção do cálcio, estimando o maior valor com a

inclusão de 5.000 FTU/kg ($P < 0,01$) ($y = 0,00000009 x^2 + 0,0009 x + 42,233$; $R^2 = 39,34\%$).

A retenção aparente do fósforo foi maior em todos os tratamentos suplementados com fitase ($P < 0,01$), atingindo 63% de retenção com a inclusão de 10.000 FTU/kg de ração, representando um acréscimo de 31,67 % em relação ao tratamento controle. Teoricamente, quando as dietas são suplementadas com fitase e com baixo Pd, que consiste numa maior proporção de P fítico por unidade de P total, ocorre um aumento na hidrólise do ácido fítico.

Já é evidente que os níveis de cálcio e fósforo na ração para frangos influenciam a utilização do fósforo fítico (Edwards Jr. & Veltmann, 1983; Driver et al., 2005), pois, aves consumindo dietas com níveis reduzidos (dentro do limite mínimo) de Ca e Pd inorgânico possuem maior capacidade para hidrolisar o fitato do que aquelas que recebem níveis altos (Denbow et al., 1995).

Talvez, se a redução do cálcio nas dietas suplementados com fitase fosse maior, os resultados dos coeficientes de retenção seriam maiores e semelhantes aos resultados de retenção do fósforo, pois, de acordo com Schoultens et al. (2003), a exigência de cálcio para frangos, em rações com baixo fósforo e fitase, pode ser inferior à exigência recomendada pelas tabelas de exigências nutricionais, indicando que a redução do nível de cálcio da ração deve ser equivalente à redução do nível de fósforo promovido em virtude da utilização da fitase, mantendo-se, desta forma, uma relação Ca:P total adequada.

4.3 Características ósseas

Os resultados das cinzas, cálcio e fósforo nas tíbias, expressos na base seca e desengordurada, aos 42 dias de idade, estão apresentados na Tabela 12. Observa-se que não houve diferença significativa entre as aves que consumiram as rações com diferentes inclusões de fitase e o controle ($P > 0,05$), mostrando,

assim, que não houve comprometimento no desenvolvimento ósseo dos frangos, mesmo reduzindo os níveis de cálcio e fósforo das dietas.

TABELA 12 Características ósseas de frangos de corte com 42 dias submetidos às dietas contendo diferentes níveis de fitase.

Tratamentos	Cinzas (% na Tíbia)	Ca (% na Tíbia)	P (% na Tíbia)
Controle	54,10	19,98	8,66
1.500 FTU/kg	54,38	20,14	8,76
3.000 FTU/kg	53,74	19,85	8,96
4.500 FTU/kg	54,45	20,10	8,74
6.000 FTU/kg	53,71	20,17	8,73
8.000 FTU/kg	53,99	19,75	8,84
10.000 FTU/kg	53,01	19,66	8,52
Média	53,91	19,95	8,74
CV, %	2,34	3,54	6,04

A quantidade de cálcio e fósforo nas cinzas ósseas está de acordo com a literatura, representando 36 e 17%, respectivamente e com a relação entre eles de 2:1 com poucas variações (Murray et al., 1990).

Apesar destas características serem medidas aos 42 dias de idade, a formação dos ossos ocorre principalmente na fase inicial e, de acordo com o consumo de ração e a análise laboratorial das dietas nesta fase, conclui-se que os frangos que consumiram ração suplementada com fitase tiveram menor ingestão de Ca e P (total) dietético, quando comparado com o grupo controle, evidenciando, portanto, o efeito da fitase na formação óssea.

Resultados diferentes foram relatados por Kies et al. (2005), ao observarem um aumento linear na porcentagem das cinzas ósseas de leitões, consumindo dietas com níveis crescentes de fitase (100, 250, 500, 750, 1.500 e 15.000 FTU/kg) e com redução de 20% nas exigências de Pd.

Entretanto, Shirley & Edwards Junior (2003) observaram que o teor de cinzas nas tíbias de frangos de corte em crescimento, só se igualou ao grupo do tratamento controle a partir da inclusão de 6.000 FTU/kg de fitase, em dietas com redução do Pd em 36%.

5 CONCLUSÕES

A suplementação de fitase, a partir de 4.500 FTU/kg de ração com redução nutricional e da energia da ração, pode ser usada na fase de 1 a 35 dias de idade, sem causar prejuízos sobre o desempenho, a digestibilidade dos nutrientes, o aproveitamento da energia e as características ósseas de frangos de corte. Conclui-se, também, que é possível aumentar o aproveitamento de Ca e P com níveis altos de suplementação de fitase, que pode contribuir significativamente para a redução na excreção destes minerais.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABELSON, P. H. A potential phosphate crisis. **Science**, Washington, v. 283, n. 5410, p. 2015-2016, Mar. 1999.

ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists**. 15. ed. Arlington, 1990. v. 1, 1141 p.

BAKER, D. H. Bioavailability of minerals and vitamins. In: MILLER, E. R.; ULLREY, D. E.; LEWIS, A. J. **Swine nutrition**. Butterworth-Heinemann: Stoneham, 1991. p. 341-359.

BERTECHINI, A. G. **Nutrição de monogástricos**. Lavras: UFLA, 2006. 301 p.

BIEHL, R. R.; BAKER, D. H. Microbial phytase improves amino acid utilization in young chicks fed diets based on soyabean meal but not diets based on peanut meal. **Poultry Science**, Champaign, v. 76, n. 2, p. 355-360, Feb. 1997.

BORGES, F. M. O.; VELOSO, J. A. F.; BAIÃO, N. C.; CARNEIRO, M. I. F. Avaliação de fontes de fósforo para frangos de corte em crescimento, considerando-se o fósforo disponível. **Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 49, n. 5, p. 629-638, out. 1997.

BROZ, J.; OLDANE, P.; PERRIN-VOLTZ, A. H.; RYCHEN, G.; SCHULZE, J.; NUCHES, C. S. Effect of supplemental phytase on performance and phosphorus utilization in broiler Chickens fed low phosphorus diet without addition of inorganic phosphorus. **British Poultry Science**, London, v. 35, n. 2, p. 273-280, May 1994.

BUTOLO, J. E. **Qualidade de ingredientes na alimentação animal**. Campinas: Colégio Brasileiro de Nutrição Animal, 2002. 430 p.

CALDWELL, R. A. Effect of calcium and phytic acid on the activation of trypsinogen and the stability of trypsin. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 40, n. 1, p. 43-46, Jan. 1992.

CAMDEN, B. J.; MOREL, P. C. H.; THOMAS, D. V.; RAVINDRAN, V.; BEDFORD, M. R. Effectiveness of exogenous microbial phytase in improving the bioavailabilities of phosphorus and other nutrients in maize-soya-bean meal diets for broilers. **Animal Science**, Penicuik, v. 73, n. 2, p. 289-297, Oct. 2001.

CARPENTER, S. R. Eutrophication of aquatic ecosystems: bistability and soil phosphorus. **Proceedings of The National Academy of Sciences of The United States of America**, Washington, v. 102, n. 29, p. 10002-10005, May 2005.

CARVALHO, A. F. M. Saúde intestinal e a extensão do problema no campo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AVICULTURA, 21.; CONFERÊNCIA DA FUNDAÇÃO APINCO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIAS AVÍCOLAS, 27., 2009, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: FACTA, 2009. p. 275-280.

CASEY, A.; WALSH, G. Identification and characterization of a phytase of potential commercial interest. **Journal of Biotechnology**, Amsterdam, v. 110, n. 3, p. 313-322, May 2004.

CAWLEY, R. W.; MITCHELL, T. A. Inhibition of wheat alpha-amylase by bran phytic acid. **Journal of the Sciences of Food and Agriculture**, Washington, v. 19, n. 2, p. 106-110, July 1968.

CHERYAN, M. Phytic acid interactions in food systems. **CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Cleveland, v. 13, n. 4, p. 297-335, 1980.

CHOCT, M. Enzymes for the feed industry: past, present and future. **World's Poultry Science Journal**, Cambridge, v. 62, n. 1, p. 5-15, Mar. 2006.

COWIESONS, A. J.; BEDFORD, M. R.; SELLE, P. H.; RAVINDRAN, V. Phytate and microbial phytase: implications for endogenous nitrogen losses and nutrient availability. **World's Poultry Science Journal**, Cambridge, v. 65, n. 3, p. 401-417, Sept. 2009.

CROMWELL, G. L. Application of phosphorus availability data to practical diet formulation. In: CAROLINS NUTRITION CONFERENCE, 1., 1990, North Caroline. **Proceedings...** North Caroline: Caroline Press, 1990. p. 55-57.

DENBOW, D. M.; RAVINDRAN, V.; KORNEGAY, E. T.; YI, Z.; HULET, R. M. Improving phosphorous availability in soyabean meal for broilers by supplemental phytase. **Poultry Science**, Champaign, v. 74, n. 11, p. 1831- 1842, Nov. 1995.

DOLZ S, C. B. Metabolizable energy of meat and bone meal from Spanish rendering plants as influenced by level of substitution and method of determination. **Poultry Science**, Champaign, v. 71, n. 2, p. 316-322, Feb. 1992.

DRIVER, J. P.; PESTI, G. M.; BAKALLI, R. I.; EDWARDS JUNIOR, H. M. Effects of calcium and nonphytate phosphorus concentrations on phytase efficacy in broilers chicks. **Poultry Science**, Champaign, v. 84, n. 9, p. 1406-1417, Sept. 2005.

EDWARDS JUNIOR, H. M.; VELTMANN, J. The role of calcium and phosphorus in the etiology of tibial dyscondroplasia in young chicks. **Journal of Nutrition**, Philadelphia, v. 113, n. 8, p. 1568-1575, Aug. 1983.

EECKHOUT, W.; PAEPE, M. de. Total phosphorus phytase-phosphorus and phytase activity in plant feed stuffs. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 47, n. 1/2, p. 19-29, May 1994.

ENGELLEN, A. J.; HEEFT, F. C. van der; RANDSDORP, P. H. G.; SMIT, E. L. C. Simple and rapid determination of phytase activity. **Journal of AOAC International**, Washington, v. 77, n. 3, p. 760-764, May/June 1994.

FERREIRA, D. F. **Sistema para análise de variância para dados balanceados – SISVAR 4.1**. Lavras: UFLA, 2000. Software.

FUKAYAMA, E. H.; SAKOMURA, N. K.; DOURADO, L. R. B. D.; NEME, R.; FERNANDES, J. B. K.; MARCATO, S. M. Efeito da suplementação de fitase sobre o desempenho e a digestibilidade dos nutrientes em frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 37, n. 4, p. 629-635, jul./ago. 2008.

KIES, A. K.; KEMME, P. A.; SEBEK, L. B. J.; DIEPEN, J. M. van; JONGBLOED, A. W. Effect of graded doses of microbial phytase on the digestibility of various minerals in piglets. In: KIES, A. K. **Phytase studies in pigs and poultry**: effect on protein digestion and energy utilization. Wageningen: Wageningen University, 2005. chap. 6, p. 77-87.

LEESON, S. Enzimas para aves. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE NUTRIÇÃO DE AVES, 1., 1999, Campinas. **Anais...** Campinas: FACTA, 1999. p. 173-185.

LIEBERT, F.; WECKE, C.; SCHONER, F. J. Phytase activities in different gut contents of chickens as dependent on level of phosphorus and phytase supplementations. In: SYMPOSIUM KARTAUSE ITTINGEN: ENZYMES IN ANIMAL NUTRITION, 1., 1993, Berne. **Proceedings...** Berne: Roche Vitamins, 1993. p. 202-205.

LOTT, J. N. A.; OCKENDEN, I.; RABOY, V.; BATTEN, G. D. Phitic acid on phosphorus crop seed and fruit: a global estimate. **Seed Science Research**, Wageningen, v. 10, n. 1, p. 11-33, Feb. 2000.

MAENZ, D. D. Enzymatic characteristics of phytases as they relate to their use in animal feeds. In: BEDFORD, M. R.; PARTRIDGE, G. G. **Enzymes in farm animal nutrition**. Wallingford: CAB International, 2001. p. 61-219.

MANANGI, M. K.; COON, C. K. Phytate phosphorus hidrolisis in broilers in response to dietary phytase, calcium, and phosphorus concentrations. **Poultry Science**, Champaign, v. 87, n. 8, p. 1577-1586, Aug. 2008.

MATTERSON, L. D.; POTTER, L. M.; STUTZ, M. W.; SINGSEN, E. P. The metabolism energy of feed nutrients for chickens. **Research Report Agricultural Experiment Station Connecticut**, Storrs, v. 7, n. 7, p. 3-11, 1965.

MITCHELL, R. D.; EDWARDS, H. M. Effect of phytase and 1, 25-dihydroxycholecalciferol on phytate utilization and the quantitative requirement for calcium and phosphorus in young broiler chickens. **Poultry Science**, Champaign, v. 75, n. 1, p. 95-110, Jan. 1996.

MULLANEY, E. J.; DALY, C. B.; ULLAH, A. H. Advances in phytases research. **Advances Applied Microbiology**, Louisiana, v. 47, n. 2, p. 157-199, 2000.

MUNARO, F. A.; LOPES, J.; TEIXEIRA, A. S.; RUTZ, F. Aumento da disponibilidade do fósforo fítico pela adição de fitase a rações para frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 25, n. 5, p. 921-931, 1996.

- MURRAY, R. K.; GRANER, D. K.; MAYNES, P. A.; RODWELL, V. W. **Bioquímica**. São Paulo: Atheneu, 1990. 705 p.
- NAMKUNG, H.; LEESON, S. Effect of phytase enzyme on dietary nitrogen-corrected apparent metabolizable energy and the ileal digestibility of nitrogen and amino acids in broiler chicks. **Poultry Science**, Champaign, v. 78, n. 9, p. 1317-1319, Sept. 1999.
- O'DELL, B. L.; DEBOLAND, A. Complexation of phytate with proteins and cations in corn germ and oil seed meals. **Journal Agriculture Food Chemistry**, Washington, v. 24, n. 4, p. 804-808, July 1976.
- PANDA, A. K.; RAO, S. V. R.; RAJU, M. V. L. N.; GAJULA, S. S.; BHANJA, S. K. Performance of broiler chickens fed low non phytate phosphorus diets supplemented with microbial phytase. **The Journal of Poultry Science**, Tsukuba, v. 44, n. 3, p. 258-264, Feb. 2007.
- PARSONS, C. M.; CASTANON, F.; HAN, Y. Protein and amino acid quality of meat and bone meal. **Poultry Science**, Champaign, v. 76, n. 2, p. 361-368, Feb. 1997.
- PERNEY, K. M.; CANTOR, A. H.; STRAW, M. L.; HERKELMAN, K. L. The effect of dietary phytase on growth performance and phosphorus utilization of broiler chicks. **Poultry Science**, Champaign, v. 72, n. 11, p. 2106-2114, Nov. 1993.
- PUCCI, L. E. A.; RODRIGUES, P. B.; FREITAS, R. T. F.; BERTECHINI, A. G.; CARVALHO, E. M. Níveis de óleo e adição de complexo enzimático na ração de frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 32, n. 4, p. 909-917, jul./ago. 2003.
- QIAN, H.; KORNEGAY, E. T.; DENBOW, D. M. Utilization of phytate phosphorus and calcium as influenced by microbial phytase, cholecalciferol, and the calcium: total phosphorus ratio in broiler diets. **Poultry Science**, Champaign, v. 76, n. 5, p. 37-46, Jan. 1997.
- RAVINDRAN, V.; BRYDEN, W. L.; KORNEGAY, E. T. Phytates: occurrence, bioavailability and implications in poultry nutrition. **Poultry & Avian Biology Reviews**, Northwood, v. 6, n. 2, p. 125-143, 1995.

RAVINDRAN, V.; SELLE, P. H.; RAVINDRAN, G.; MOREL, P. C. H.; KIES, A. K.; BRYDEN, W. L. Microbial phytase improves performance, apparent metabolizable energy, and ileal amino acid digestibility of broilers fed a lysine-deficient diet. **Poultry Science**, Champaign, v. 80, n. 3, p. 338- 344, Mar. 2001.

REDDY, N. R.; SATHE, S. K.; SALUNKHE, D. K. Phytates in legumes and cereals. **Advances in Food Research**, San Diego, v. 28, n. 1, p. 1-9, 1982.

RODRIGUES, P. B.; MARTINEZ, R. S.; FREITAS, R. T. F.; BERTECHINI, A. G.; FIALHO, E. T. Influência do tempo de coleta e metodologias sobre a digestibilidade e o valor energético de rações para aves. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 34, n. 3, p. 882-889, maio/jun. 2005.

ROSOL, T. J.; CAPEN, C. C. Calcium-regulating hormones and diseases of abnormal mineral (calcium, phosphorous, magnesium) metabolism. In: KANEKO, J. J. (Ed.). **Clinical biochemistry of domestic animals**. 5. ed. New York: Academic, 1997. p. 293-294, 932 p.

ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; DONZELE, J. L.; GOMES, P. C.; OLIVEIRA, R. F.; LOPES, D. C.; FERREIRA, A. S.; BARRETO, S. L. de T. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 2. ed. Viçosa, MG: UFV, 2005. 186 p.

ROSTAGNO, H. S.; SILVA, M. A. Exigências nutricionais e biodisponibilidade de fósforo para frangos de corte. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE NUTRIÇÃO DE AVES, 1., 1998, Campinas. **Anais...** Campinas: CBNA, 1998. p. 1-27.

SCHOULTEN, N. A.; TEIXEIRA, A. S.; FREITAS, R. T. F.; BERTECHINI, A. G.; CONTE, A. J.; SILVA, H. O. Níveis de cálcio em rações de frangos de corte na fase inicial de criação suplementadas com fitase. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 32, n. 5, p. 1191-1197, 2003.

SEBASTIAN, S.; TOUCHBURN, S. P.; CHAVEZ, E. R.; LAGUE, P. C. Efficacy of supplemental microbial phytase at different dietary calcium levels on growth performance and mineral utilization of broiler chickens. **Poultry Science**, Champaign, v. 75, n. 12, p. 1516-1523, Dec. 1996.

SELLE, P. H. The potential of microbial phytase the sustainable production of pigs and poultry. In: **SHORTCOURSE ON FEED TECHNOLOGY**, 1., 1997, Seoul. **Proceedings...** Seoul: Korean Society of Animal Nutrition and Feedstuffs, 1997. p. 1-39.

SELLE, P. H.; RAVINDRAN, G. Microbial phytase in poultry nutrition. **Animal Feed Science and Tecnology**, Amsterdam, v. 135, n. 1/2, p. 1-41, Apr. 2007.

SHIRLEY, R. B.; EDWARDS JUNIOR, J. A. Graded levels of phytase past industry standards improves broilers performance. **Poultry Science**, Champaign, v. 82, n. 4, p. 671-680, Apr. 2003.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. **Análises de alimentos: métodos químicos e biológicos**. Viçosa, MG: UFV, 2002. 235 p.

SIMONS, P. C. M.; VERSTEEGH, H. A. J.; JONGBLOED, A. W.; KEMME, P. A.; SLUMP, P.; BOS, K. D.; WOLTERS, M. G. E.; BEUDEKER, R. F.; VERSCHOOR, G. J. Improvement of phosphorus availability by microbial phytase in broilers and pigs. **British Journal of Nutrition**, Cambridge, v. 64, n. 2, p. 525-540, Sept. 1990.

SINGH, M.; KRIKORIAN, A. D. Inhibition of trypsin activity in vitro by phytate. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, Washington, v. 30, n. 4, p. 799-800, July 1982.

SINGH, P. K. Significance of phytic acid and supplemental phytase in chicken nutrition: a review. **World's Poultry Science Journal**, Cambridge, v. 64, n. 4, p. 553-580, Nov. 2008.

THOMPSON, L. U.; YOON, J. H. Starch digestibility as affected by polyphenols and phytic acid. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 49, n. 4, p. 12-28, Aug. 1984.

WODZINSKI, R. J.; ULLAH, A. H. J. Phytase. **Advances in Applied Microbiology**, Louisiana, v. 42, n. 1, p. 263-303, Oct. 1996.

YI, Z.; KORNEGAY, E. T.; MEGUIRK, A. Replacement value of inorganic phosphorus by microbial phytase for pigs and poultry. **Journal of Animal Science**, Baltimore, v. 72, n. 1, p. 330, 1994. Supplement.

ZYLA, K.; KORELESKI, J.; SWIATKIEWICZ, S.; LEDOUX, D. R.; PIIRONEN, J. Influence of supplemental enzymes on the performance and phosphorus excretion of broilers fed wheat-based diets to 6 weeks of age. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 89, n. 1/2, p. 13-18, Apr. 2001.

ANEXO

ANEXO A	Pág.
TABELA 1A Análise de variância do consumo de ração no período de 1 a 21 dias de idade dos frangos de corte submetidos às dietas contendo diferentes níveis de fitase.....	61
TABELA 2A Análise de variância do ganho de peso no período de 1 a 21 dias de idade dos frangos de corte submetidos às dietas contendo diferentes níveis de fitase.....	61
TABELA 3A Análise de variância da conversão alimentar no período de 1 a 21 dias de idade dos frangos de corte, submetidos às dietas contendo diferentes níveis de fitase.....	62
TABELA 4A Análise de variância do CDAMS dos frangos de corte na fase inicial de criação, submetidos às dietas contendo diferentes níveis de fitase.....	62
TABELA 5A Análise de variância do CDAPB dos frangos de corte na fase inicial de criação, submetidos às dietas contendo diferentes níveis de fitase.....	63
TABELA 6A Análise de variância da EMAn das dietas suplementadas com fitase, para frangos de corte na fase inicial de criação.....	63
TABELA 7A Análise de variância do CRACa na fase inicial de criação dos frangos de corte, submetidos às dietas contendo diferentes níveis de fitase.....	64
TABELA 8A Análise de variância da excreção absoluta de cálcio dos frangos de corte na fase inicial de criação, submetidos às dietas contendo diferentes níveis de fitase.....	64
TABELA 9A Análise de variância do CRAP na fase inicial de criação dos frangos de corte, submetidos às dietas contendo diferentes níveis de fitase.....	65

TABELA 10A	Análise de variância da excreção absoluta de fósforo dos frangos de corte na fase inicial de criação, submetidos às dietas contendo diferentes níveis de fitase.....	65
TABELA 11A	Análise de variância do consumo de ração no período de 1 a 35 dias de criação dos frangos de corte, submetidos às dietas contendo diferentes níveis de fitase.....	66
TABELA 12A	Análise de variância do ganho de peso no período de 1 a 35 dias de criação dos frangos de corte, submetidos às dietas contendo diferentes níveis de fitase.....	66
TABELA 13A	Análise de variância da conversão alimentar no período de 1 a 35 dias de criação dos frangos de corte, submetidos às dietas contendo diferentes níveis de fitase.....	66
TABELA 14A	Análise de variância do CDAMS na fase de crescimento dos frangos de corte, submetidos às dietas contendo diferentes níveis de fitase.....	67
TABELA 15A	Análise de variância do CDAPB na fase de crescimento dos frangos de corte, submetidos às dietas contendo diferentes níveis de fitase.....	67
TABELA 16A	Análise de variância da EMAn das dietas suplementadas com fitase, para frangos de corte na fase de crescimento.....	67
TABELA 17A	Análise de variância do CRACa na fase de crescimento dos frangos de corte, submetidos às dietas contendo diferentes níveis de fitase.....	68
TABELA 18A	Análise de variância da excreção absoluta do cálcio dos frangos de corte na fase de crescimento, submetidos às dietas contendo diferentes níveis de fitase.	68
TABELA 19A	Análise de variância do CRAP na fase de crescimento dos frangos de corte, submetidos às dietas contendo diferentes níveis de fitase.....	69

TABELA 20A	Análise de variância da excreção absoluta de P dos frangos de corte na fase de crescimento, submetidos às dietas contendo diferentes níveis de fitase.....	69
TABELA 21A	Análise de variância das cinzas ósseas dos frangos de corte com 42 dias, submetidos às dietas contendo diferentes níveis de fitase.....	70
TABELA 21A	Análise de variância da % de cálcio na tíbia dos frangos de corte com 42 dias, submetidos às dietas contendo diferentes níveis de fitase.....	70
TABELA 22A	Análise de variância da % de fósforo na tíbia dos frangos de corte com 42 dias, alimentados com dietas suplementadas com fitase.....	70

TABELA 1A Análise de variância do consumo de ração no período de 1 a 21 dias de idade dos frangos de corte submetidos às dietas contendo diferentes níveis de fitase.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRATAMENTOS	6	15914.057768	2652.342961	2.352	0.0448
Erro	49	55264.919972	1127.855510		
Total corrigido	55	71178.977740			
CV (%) =	2.70				
Média geral:	1245.8117589	Número de observações:		56	

TABELA 2A Análise de variância do ganho de peso no período de 1 a 21 dias de idade dos frangos de corte submetidos às dietas contendo diferentes níveis de fitase.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRATAMENTOS	6	5991.352284	998.558714	1.734	0.1330
Erro	49	28222.134921	575.961937		
Total corrigido	55	34213.487205			
CV (%) =	2.79				
Média geral:	859.4052536	Número de observações:		56	

TABELA 3A Análise de variância da conversão alimentar no período de 1 a 21 dias de idade dos frangos de corte, submetidos às dietas contendo diferentes níveis de fitase.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRATAMENTO	6	0.015356	0.002559	3.301	0.0083
erro	49	0.037995	0.000775		
Total corrigido	55	0.053351			
CV (%) =	1.92				
Média geral:	1.4499554	Número de observações:		56	

TABELA 4A Análise de variância do CDAMS dos frangos de corte na fase inicial de criação, submetidos às dietas contendo diferentes níveis de fitase.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRATAMENTOS	6	44.964929	7.494155	4.848	0.0006
Erro	49	75.739810	1.545710		
Total corrigido	55	120.704740			
CV (%) =	1.69				
Média geral:	73.4443036	Número de observações:		56	

TABELA 5A Análise de variância do CDAPB dos frangos de corte na fase inicial de criação, submetidos às dietas contendo diferentes níveis de fitase.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRATAMENTOS	6	119.322363	19.887061	3.651	0.0045
Erro	49	266.915248	5.447250		
Total corrigido	55	386.237611			
CV (%) =	3.94				
Média geral:	59.1639821	Número de observações:		56	

TABELA 6A Análise de variância da EMAn das dietas suplementadas com fitase, para frangos de corte na fase inicial de criação.

FV	GL	SQ	QM	Fc	PROB
(Fitase)	(5)	5622.666667	11244.533333	5.44	P<0,01
R. Linear	1	21542.900625	21542.900625	10.43	P<0,01
R. Quadrática	1	28874.959822	28874.959822	13.99	P<0,01
R. Cúbica	1	3442.058369	3442.058369	1.660	P>0,05
Desvio	2	2362.747850	1181.373925	0,572	P>0,05
Controle vs Fitase	1	82.011910	82.011910		
Erro	49	101119.875000	2063.670918		
Total corrigido	55	157424.553571			
CV (%) =	1.37				
Média geral:	3307.6607143	Número de observações:		56	

TABELA 7A Análise de variância do CRACa na fase inicial de criação dos frangos de corte, submetidos às dietas contendo diferentes níveis de fitase.

FV	GL	SQ	QM	Fc	PROB
(Fitase)	(5)	164.460460	32.892092	10.712	P<0.01
R. Linear	1	70.547821	70.547821	22.976	P<0.01
R. Quadrática	1	61.491199	61.491199	20.026	P<0.01
R. Cúbica	1	6.981796	6.981796	2.273	P>0.05
Desvio	2	25.439645	12.719823	4.142	P>0.05
Controle vs Fitase	1	718.65495	718.65495	234.057	P<0.01
Erro	49	150.450937	3.070427		
Total corrigido	55	1033.566347			
CV (%) =	3.49				
Média geral:	50.2540179	Número de observações:	56		

TABELA 8A Análise de variância da excreção absoluta de cálcio dos frangos de corte na fase inicial de criação, submetidos às dietas contendo diferentes níveis de fitase.

FV	GL	SQ	QM	Fc	PROB
(Fitase)	(5)	0.006873	0.001375	3.543	P<0.01
R. Linear	1	0.003396	0.003396	8.752	P<0.01
R. Quadrática	1	0.001606	0.001606	4.139	P<0.01
R. Cúbica	1	0.000016	0.000016	0.412	P>0.05
Desvio	2	0.001855	0.000928	2.392	P>0.05
Controle vs Fitase	1	0.072983	0.072983	188.10	P<0.01
Erro	49	0.019024	0.000388		
Total corrigido	55	0.098880			
CV (%) =	6.13				
Média geral:	0.3215714	Número de observações:	56		

TABELA 9A Análise de variância do CRAP na fase inicial de criação dos frangos de corte, submetidos às dietas contendo diferentes níveis de fitase.

FV	GL	SQ	QM	Fc	PROB
(Fitase)	(5)	296.991534	59.398307	9.169	P<0.01
R. Linear	1	294.033327	294.033327	45.389	P<0.01
R. Quadrática	1	0.290221	0.290221	0.440	P>0.05
R. Cúbica	1	0.643083	0.643083	0.099	P>0.05
Desvio	2	2.024902	1.012451	0.156	P>0.05
Controle vs Fitase	1	660.32237	660.32237	101.93	P>0.05
Erro	49	317.422564	6.478012		
Total corrigido	55	1274.736475			
CV (%) =	4.74				
Média geral:	53.6731071	Número de observações:	56		

TABELA 10A Análise de variância da excreção absoluta de fósforo dos frangos de corte na fase inicial de criação, submetidos às dietas contendo diferentes níveis de fitase.

FV	GL	SQ	QM	Fc	PROB
(Fitase)	(5)	0.005992	0.001198	5.033	P<0.01
R. Linear	1	0.005573	0.005573	23.415	P<0.01
R. Quadrática	1	0.000073	0.000073	0.306	P>0.05
R. Cúbica	1	0.000200	0.000200	0.840	P>0.05
Desvio	2	0.000146	0.000073	0.260	P>0.05
Controle vs Fitase	1	0.031629	0.031629	132.894	P<0.01
erro	49	0.011659	0.000238		
Total corrigido	55	0.049281			
CV (%) =	7.65				
Média geral:	0.2016607	Número de observações:	56		

TABELA 11A Análise de variância do consumo de ração no período de 1 a 35 dias de criação dos frangos de corte, submetidos às dietas contendo diferentes níveis de fitase.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRATAMENTOS	6	44380.228861	7396.704810	1.218	0.3131
Erro	49	297487.028825	6071.163854		
Total corrigido	55	341867.257686			
CV (%) =	2.39				
Média geral:	3257.0635714		Número de observações:	56	

TABELA 12A Análise de variância do ganho de peso no período de 1 a 35 dias de criação dos frangos de corte, submetidos às dietas contendo diferentes níveis de fitase.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRATAMENTOS	6	35872.825096	5978.804183	2.110	0.0689
Erro	49	138842.078275	2833.511802		
Total corrigido	55	174714.903371			
CV (%) =	2.69				
Média geral:	1979.5307143		Número de observações:	56	

TABELA 13A Análise de variância da conversão alimentar no período de 1 a 35 dias de criação dos frangos de corte, submetidos às dietas contendo diferentes níveis de fitase.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRATAMENTOS	6	0.024706	0.004118	2.426	0.0393
erro	49	0.083182	0.001698		
Total corrigido	55	0.107888			
CV (%) =	2.50				
Média geral:	1.6461786		Número de observações:	56	

TABELA 14A Análise de variância do CDAMS na fase de crescimento dos frangos de corte, submetidos às dietas contendo diferentes níveis de fitase.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRATAMENTOS	6	17.015107	2.835851	0.993	0.4408
Erro	49	139.990297	2.856945		
Total corrigido	55	157.005404			
CV (%) =	2.19				
Média geral:	77.0585000	Número de observações:		56	

TABELA 15A Análise de variância do CDAPB na fase de crescimento dos frangos de corte, submetidos às dietas contendo diferentes níveis de fitase.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRATAMENTOS	6	31.945931	5.324322	0.905	0.4989
Erro	49	288.160293	5.880822		
Total corrigido	55	320.106225			
CV (%) =	3.86				
Média geral:	62.7849107	Número de observações:		56	

TABELA 16A Análise de variância da EMAn das dietas suplementadas com fitase, para frangos de corte na fase de crescimento.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRATAMENTOS	6	19958.428571	3326.404762	0.997	0.4378
Erro	49	163424.125000	3335.186224		
Total corrigido	55	183382.553571			
CV (%) =	1.67				
Média geral:	3467.0892857	Número de observações:		56	

TABELA 17A Análise de variância do CRACa na fase de crescimento dos frangos de corte, submetidos às dietas contendo diferentes níveis de fitase.

FV	GL	SQ	QM	Fc	PROB
(Fitase)	(5)	49.531600	9.906320	3.673	P<0.01
R. Linear	1	0.971703	0.971703	0.360	P<0.01
R. Quadrática	1	18.514284	18.514284	6.865	P<0.05
R. Cúbica	1	0.788163	0.788163	0.292	P>0.05
Desvio	2	29.257450	14.628725	5.426	P>0.05
Controle vs Fitase	1	66.857186	66.857186	24.792	P<0.01
Erro	49	132.138713	2.696708		
Total corrigido	55	248.527498			
CV (%) =	3.76				
Média geral:	43.6426786	Número de observações:	56		

TABELA 18A Análise de variância da excreção absoluta do cálcio dos frangos de corte na fase de crescimento, submetidos às dietas contendo diferentes níveis de fitase.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRATAMENTOS	6	0.216330	0.036055	17.934	0.0000
Erro	49	0.098513	0.002010		
Total corrigido	55	0.314843			
CV (%) =	6.59				
Média geral:	0.6807143	Número de observações:	56		

TABELA 19A Análise de variância do CRAP na fase de crescimento dos frangos de corte, submetidos às dietas contendo diferentes níveis de fitase.

FV	GL	SQ	QM	Fc	PROB
(Fitase)	(5)	25.765445	5.153089	1.289	P>0.05
R. Linear	1	24.213535	24.213535	6.058	P<0.01
R. Quadrática	1	0.054255	0.054255	0.013	P>0.05
R. Cúbica	1	1.072597	1.072597	0.268	P>0.05
Desvio	2	0.425059	0.212529	0.053	P>0.05
Controle vs Fitase	1	1370.776051	1370.776051	342.967	P<0.01
Erro	49	195.843747	3.996811		
Total corrigido	55	1592.385243			
CV (%) =	3.34				
Média geral:	59.7969464	Número de observações:			56

TABELA 20A Análise de variância da excreção absoluta de P dos frangos de corte na fase de crescimento, submetidos às dietas contendo diferentes níveis de fitase.

FV	GL	SQ	QM	Fc	PROB
(Fitase)	(5)	0.005014	0.001003	1.102	P>0.05
R. Linear	1	0.003108	0.003108	3.415	P>0.05
R. Quadrática	1	0.000514	0.000514	0.564	P>0.05
R. Cúbica	1	0.000710	0.000710	0.780	P>0.05
Desvio	2	0.000682	0.000341	0.374	P>0.05
Controle vs Fitase	1	0.271152	0.271152	265.002	P<0.01
Erro	49	0.044609	0.000910		
Total corrigido	55	0.320775			
CV (%) =	8.22				
Média geral:	0.3670536	Número de observações:			56

TABELA 21A Análise de variância das cinzas ósseas dos frangos de corte com 42 dias, submetidos às dietas contendo diferentes níveis de fitase.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRATAMENTOS	6	11.511146	1.918524	1.206	0.3192
Erro	49	77.951238	1.590842		
Total corrigido	55	89.462384			
CV (%) =	2.34				
Média geral:	53.9144643		Número de observações:		56

TABELA 21A Análise de variância da % de cálcio na tíbia dos frangos de corte com 42 dias, submetidos às dietas contendo diferentes níveis de fitase.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRATAMENTOS	6	1.955443	0.325907	0.652	0.6880
Erro	49	24.478613	0.499564		
Total corrigido	55	26.434055			
CV (%) =	3.54				
Média geral:	19.9508929		Número de observações:		56

TABELA 22A Análise de variância da % de fósforo na tíbia dos frangos de corte com 42 dias, alimentados com dietas suplementadas com fitase.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRATAMENTOS	6	0.906918	0.151153	0.542	0.7740
Erro	49	13.676675	0.279116		
Total corrigido	55	14.583593			
CV (%) =	6.04				
Média geral:	8.7446429		Número de observações:		56