‘ANDRÉIA CRISTINA NAKASHIMA VAZ

Efeito da adição de fitase associada a baixos níveis de proteína bruta e fósforo disponível em rações de frangos de corte

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Nutrição e Produção Animal da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Medicina Veterinária

Departamento:

Nutrição e Produção Animal

Área de concentração:

Nutrição e Produção Animal

Orientador:

Prof. Dr. Ricardo de Albuquerque

Pirassununga

2007

Autorizo a reprodução parcial ou total desta obra, para fins acadêmicos, desde que citada a fonte.

DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOGAÇÃO-NA-PUBLICAÇÃO

(Biblioteca Virginie Buff D'Ápice da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo)

T.1933
FMVZ

Vaz, Andréia Cristina Nakashima

Efeito da adição de fitase associada a baixos níveis de proteína bruta e fósforo disponível em rações de frangos de corte / Andréia Cristina Nakashima Vaz. – Pirassununga: A. C. N. Vaz, 2007.
64 f. : il.

Dissertação (mestrado) - Universidade de São Paulo. Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia. Departamento de Nutrição e Produção Animal, 2007.

Programa de Pós-Graduação: Nutrição e Produção Animal.
Área de concentração: Nutrição e Produção Animal.

Orientador: Prof. Dr. Ricardo de Albuquerque.

1. Enzima. 2. Cinzas. 3. Tibia. 4. Avicultura. 5. Desempenho. I. Título.

ERRATA

VAZ, A. C. N. **Efeito da adição de fitase associada a baixos níveis de proteína bruta e fósforo disponível em rações de frangos de corte.** [Effect of phytase supplementation on broiler chickens fed low crude protein and available phosphorus levels diet]. 2007. 64 f. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2007.

Folhas	Parágrafo	Linha	Onde se lê	Leia-se
Ficha	2	1	64 f.	63 f.
Catalográfica				
8	1	3	64 f.	63 f.
9	1	3	64 f.	63 f.

UNIVERSIDADE DE SAO PAULO
Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia'

Comissão Bioética

CERTIFICADO

Certificamos que o Projeto intitulado "Efeito da adição de fitase associada a baixos níveis de proteína bruta e fósforo disponível sobre o desempenho, digestibilidade, balanço metabólico e volatilização da amônia", protocolado sob o nº 1171/2007, utilizando 504 (quinhentos e quatro) frangos de corte, sob a responsabilidade do Prof. Dr. Ricardo de Albuquerque, está de acordo com os princípios éticos de experimentação animal da Comissão de Bioética da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo e foi aprovado em reunião de 22/08/07.

(We certify that the Research "Effect of phytase supplementation with low level of crude protein and available phosphorus on the performance, digestibility, metabolic and liberated ammonia", protocol number 1171/2007, utilizing 504 (five hundred for) chickens, under the responsibility Prof. Dr. Ricardo de Albuquerque, agree with Ethical Principles in Animal Research adopted by Bioethic Commission of the School of Veterinary Medicine and Zootechny of University of São Paulo and was approved in the meeting of day 08/22/07.

São Paulo, 22 de agosto de 2007

Prof. Dr. José Luis Bernardino Merusse
Presidente da Comissão de Bioética
FMVZ/USP

FOLHA DE AVALIAÇÃO

Nome: VAZ, Andréia Cristina Nakashima

Título: Efeito da adição de fitase associada a baixos níveis de proteína bruta e fósforo disponível em rações de frangos de corte

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Nutrição e Produção Animal da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo para a obtenção do título de Mestre em Medicina Veterinária

Data: ____/____/____

Banca Examinadora

Prof. Dr. _____ Instituição: _____

Assinatura: _____ Julgamento: _____

Prof. Dr. _____ Instituição: _____

Assinatura: _____ Julgamento: _____

Prof. Dr. _____ Instituição: _____

Assinatura: _____ Julgamento: _____

Dedico esta obra à minha família.

*A vida dá voltas infinitas e,
quando menos esperamos,
somos surpreendidos por novos
ensinamentos.*

Só posso dizer obrigado.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Ricardo de Albuquerque agradeço a oportunidade de realizar este trabalho; pela paciência amigável; pelo convívio e por todos os ensinamentos.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP, pelo financiamento do projeto de pesquisa e incentivo à experimentação animal.

A todos os professores do VNP, Paulo Henrique M. Rodrigues, Francisco Palma Rennó, Romualdo Shigueo Fukushima, Aníbal de Sant’Anna Moretti, Alexandre Augusto de Oliveira Gobesso, Augusto Hauber Gameiro, Luis Felipe Prada e Silva, Marcos Veiga dos Santos, Maria de Fátima Martins e Messias Alves da Trindade Neto pelo convívio diário.

À professora Catarina Abdalla Gomide (FZEA), pelos conhecimentos e apoio a mim dados.

Ao professor Marcus Antonio Zanetti (FZEA), responsável pelo laboratório de análise de minerais.

Aos funcionários do Laboratório de Bromatologia do VNP agradeço pelo apoio e orientação nas análises laboratoriais do projeto.

Aos funcionários do aviário, “China” e “Edinho”, que estiveram presentes em todas as horas.

Aos funcionários da FZEA, Cunha e Rafael, que prestaram seus serviços com responsabilidade, compreensão e respeito.

À Elza, pelas correções realizadas .

À minha amiga Aryana pela amizade, força e incentivo.

À Laura, que orientou os caminhos a percorrer com as excretas e túbias.

À estagiária Aislanna que, no pouco tempo de convívio, mostrou-se amiga e companheira.

À BASF, que forneceu a enzima fitase utilizada no experimento.

À Tortuga, que forneceu o premix utilizado na confecção da ração.

Aos membros que compõem a banca, titulares e suplentes. Agradeço a disponibilidade e contribuições que puderam me proporcionar.

Não importa se sabemos distinguir entre uma porta aberta ou trancada; ou mesmo se conhecemos uma bomba de vácuo. O que importa é a presença que temos em nossas vidas! Obrigado àquelas que jamais imaginei que pudessem acontecer na minha vida: Daniella e Paula. Este trabalho está aqui terminado, em grande parte, graças a vocês!!!

À todos os meus amigos de pós-graduação do VNP e da FZEA agradeço o apoio e as horas boas que passamos juntos.

Aos funcionários do VNP, em especial à Cris e Alessandra, que sempre me socorreram nas horas de urgência.

Por estar sempre do meu lado, agüentando o mau humor e compartilhando os momentos felizes, agradeço ao Marcelo, meu cúmplice por toda a vida.

A todos aqueles que, direta ou indiretamente, estiveram presentes nesta etapa de minha vida, agradeço.

RESUMO

VAZ, A. C. N. **Efeito da adição de fitase associada a baixos níveis de proteína bruta e fósforo disponível em rações de frangos de corte.** [Effect of phytase supplementation on broiler chickens fed low crude protein and available phosphorus levels diet]. 2007. 64 f. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2007.

A baixa disponibilidade do ácido fítico para os animais não ruminantes tem incrementado as pesquisas quanto ao uso da enzima fitase. Pesquisas têm sido realizadas com a adição de fitase em rações para frangos de corte e têm demonstrado resultados favoráveis sobre o aproveitamento do fósforo e a digestibilidade de nutrientes como aminoácidos e proteína. Para se avaliar os efeitos do fornecimento de rações contendo níveis reduzidos de proteína bruta e fósforo disponível com adição da enzima fitase sobre o desempenho, excretas e parâmetros ósseos em frangos de corte no período de 1 a 21 dias de idade foram utilizados 504 pintos de corte, machos, de linhagem comercial de frangos de corte, de 1 dia de idade, distribuídos em 12 tratamentos com seis repetições cada. O delineamento foi em blocos casualizados e os tratamentos foram organizados de acordo com um esquema fatorial 2x2x3: dois níveis de fósforo disponível, dois níveis de fitase e três níveis de proteína bruta. Houve um aumento do peso das aves que receberam dietas contendo a enzima fitase embora não tenha afetado a conversão alimentar. O consumo não foi afetado pelos níveis de proteína bruta quando ocorreu a suplementação com fitase. A porcentagem de fósforo nas excretas diminuiu com o nível intermediário de proteína bruta (20,5%) com a adição de fitase (1,15 vs. 1,03%). A proteína bruta excretada foi reduzida com a suplementação de fitase (33,36 vs. 31,83%). A enzima fitase atua de forma significativa na dieta à base de milho e farelo de soja com baixos níveis de proteína bruta e fósforo disponível para frangos de corte.

Palavras chave: Enzima. Cinzas. Tíbia. Avicultura. Desempenho.

ABSTRACT

VAZ, A. C. N. **Effect of phytase supplementation on broiler chickens fed low crude protein and available phosphorus levels diet.** [Efeito da adição de fitase associada a baixos níveis de proteína bruta e fósforo disponível em rações de frangos de corte]. 2007. 64 f. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2007.

The low phytic acid availability to nonruminant animals has increased the researches about the phytase enzyme use. Researches have been realized with phytase addition in broiler diets and they demonstrated favorable results on phosphorus utilization and nutrients digestibility as amino acids and protein. To evaluate the effects of feeding low levels of crude protein and available phosphorus diets supplemented with phytase on performance, feces and bone parameters on broiler chickens over a 21 days period, it was used 504 (five hundred four) 1 day old male chicks, of a commercial broiler line, distributed in 12 treatments, with 6 replicates per treatment. The experimental design was casually blocked and treatments were organized in a 2x2x3 factorial arrangement: two phosphorus levels, two phytase inclusion levels and three protein levels. Body weight gain (BWG) was observed in birds fed diets with phytase supplementation although it hasn't affected the feed conversion ratio (FCR). Feed intake (FI) wasn't affected by the low protein levels with added phytase. Phosphorus percentage in excretion decreased with the intermediary protein level (20.5%) when phytase was added (1.15 vs 1.03%). Crude protein excreted was lower with phytase supplementation (33.36 vs 31.83%). Phytase enzyme acts in a significant way on broilers fed a corn-soybean diet with low levels of crude protein and available phosphorus.

Key-words: Enzyme. Ashes. Tibia. Poultry. Performance.

LISTA DE ABREVIATURAS

ATP	Adenosina tri-fosfato
CV	Coeficiente de variação
FTU	Unidades de fitase
G	Gramas
kg	Quilogramas
kcal	Quilocalorias
mL	Mililitros
mM	MiliMolar
nm	Nanômetro
μL	Microlitro
P	Fósforo
Pd	Fósforo disponível
P-fitato	Fósforo-fitato
PB	Proteína bruta
PU	“Phytase units”
pH	Potencial hidrogeniônico
P <	Probabilidade menor que
SAS	“Statistical Analysis Sistem”
F.soja	Farelo de soja
Fosf. Bicálc	Fosfato bicálcico
°C	Graus centígrados
Sup. Vit-min	Suplemento vitamínico-mineral
UI	Unidades internacionais

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Animal experimental (<i>Gallus gallus</i>).....	24
Figura 2 -	Instalação experimental (vista das baterias).....	24
Figura 3 -	Instalação experimental (baterias com lâmpadas para aquecimentos dos pintos, acesas).....	25
Figura 4 -	Amostras de excretas prontas para congelamento.....	32
Figura 5 -	Moagem das excretas.....	33
Figura 6 -	Retirada da tíbia para análises laboratoriais.....	34
Figura 7 -	Tíbia após extração de gordura.....	34

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Decomposição dos graus de liberdade.....	27
Tabela 2 -	Rações experimentais	28
Tabela 3 -	Composição bromatológica calculada	29
Tabela 4 -	Composição (%) das dietas experimentais.....	30
Tabela 5 -	Consumo de ração em gramas por dia (média $\pm$ desvio padrão), por níveis de fitase, de fósforo e de proteína de 1 a 21 dias de idade das aves.....	37
Tabela 6 -	Ganho de peso em gramas por dia (média $\pm$ desvio padrão), por níveis de fitase, de fósforo e de proteína de 1 a 21 dias de idade das aves.....	40
Tabela 7 -	Conversão alimentar em gramas de ração por gramas de ganho de peso (média $\pm$ desvio padrão), por níveis de fitase, de fósforo e de proteína de 1 a 21 dias de idade das aves.....	42
Tabela 8 -	Porcentagem de cálcio na tíbia (média $\pm$ desvio padrão), por níveis de fitase, de fósforo e de proteína aos 21 dias de idade das aves.....	44
Tabela 9 -	Porcentagem de fósforo na tíbia (média $\pm$ desvio padrão), por níveis de fitase, de fósforo e de proteína aos 21 dias de idade das aves.....	46
Tabela 10 -	Peso de matéria mineral da tíbia, em gramas (média $\pm$ desvio padrão), por níveis de fitase, de fósforo e de proteína aos 21 dias de idade das aves.....	49
Tabela 11 -	Porcentagem de fósforo das excretas (média $\pm$ desvio padrão), por níveis de fitase, de fósforo e de proteína, de 17 a 21 dias de idade das aves.....	51

Tabela 12 -	Porcentagem de proteína bruta das excretas (média $\pm$ desvio padrão), por níveis de fitase, de fósforo e de proteína, de 17 a 21 dias de idade das aves.....	53
Tabela 13 -	Peso de excretas, em gramas (média $\pm$ desvio padrão), por níveis de fitase, de fósforo e de proteína, de 17 a 21 dias de idade das aves.....	55
Tabela 14 -	Porcentagem de cinzas das excretas (média $\pm$ desvio padrão), por níveis de fitase, de fósforo e de proteína de 17 a 21 dias de idade das aves.....	57

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
2	REVISÃO DE LITERATURA	18
2.1	ENZIMA FITASE.....	18
2.1.1	Efeitos da adição da enzima fitase na alimentação de frangos de corte	19
2.2	FÓSFORO.....	20
2.3	PROTEÍNA.....	21
3	MATERIAL E MÉTODOS	23
3.1	INSTALAÇÕES, EQUIPAMENTOS E ANIMAIS.....	23
3.2	ANÁLISES LABORATORIAIS.....	25
3.3	FONTES DE FÓSFORO E FITASE.....	26
3.4	DELINEAMENTO EXPERIMENTAL.....	26
3.5	DIETAS EXPERIMENTAIS.....	27
3.6	AVALIAÇÃO DOS PARÂMETROS BIOLÓGICOS.....	31
3.6.1	Desempenho animal	31
3.6.2	Análise das excretas	31
3.6.3	Parâmetros ósseos	33
3.6.4	Rações experimentais	34
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	35
4.1	DESEMPENHO ANIMAL.....	35
4.1.1	Consumo de ração	35
4.1.2	Ganho de peso	38
4.1.3	Conversão alimentar	41
4.2	PARÂMETROS ÓSSEOS.....	43
4.2.1	Porcentagem de cálcio na tíbia	43
4.2.2	Porcentagem de fósforo na tíbia	45
4.2.3	Peso de matéria mineral na tíbia	47
4.3	EXCRETAS.....	50

4.3.1	Porcentagem de fósforo excretado.....	50
4.3.2	Porcentagem de proteína bruta excretada.....	52
4.3.3	Peso total de excretas.....	54
4.3.4	Porcentagem de matéria mineral nas excretas.....	56
5	CONCLUSÃO.....	59
	REFERÊNCIAS.....	60

1 INTRODUÇÃO

A avicultura é uma atividade econômica que desempenha papel de grande importância na estrutura agropecuária do Brasil, sendo um constante desafio para os técnicos obterem maior produtividade com menores custos (BRANDÃO et al., 2007).

Nas últimas décadas, várias pesquisas foram realizadas com a finalidade de reduzir o período de abate dos frangos de corte. Em 1954, era preciso que a ave consumisse 4 kg de ração para produzir 1 kg de carne num período de 80 dias. Hoje, 1 kg de carne é obtido com 25 dias em uma conversão de 1,6. Esse avanço deve-se à relação entre desempenho e nutrição e também à melhoria genética dos animais. Com a ajuda de bactérias e fungos, a tecnologia da fermentação tem produzido uma grande quantidade de enzimas que podem degradar várias formas de amido, açúcares, proteínas, fósforo e celulose para uma absorção mais rápida no trato digestivo (COSTA et al., 2006).

Outras pesquisas têm sido desenvolvidas para determinar as exigências nutricionais das aves em diferentes idades, sexos e linhagens, com o objetivo de se obter alimentação de menor custo, que permita o máximo aproveitamento do potencial genético da ave (RUNHO et al., 2001).

O fósforo é indicado como o terceiro nutriente mais caro em uma ração, ficando atrás somente da energia e da proteína. Este também está entre os minerais mais exigidos pelas aves, dada a sua necessidade, não apenas para a ótima taxa de crescimento, mas também para a mineralização óssea (LAURENTIZ et al., 2007).

No Brasil, aproximadamente 90% das dietas para aves são compostas por ingredientes de origem vegetal (milho e farelo de soja), e a maior parte do fósforo presente nestes componentes apresenta-se sob a forma de ácido fítico.

A molécula de ácido fítico contém, aproximadamente, 28,2% de fósforo e sua propriedade antinutricional está além do não aproveitamento do fósforo. Este ácido é um potente agente quelante de nutrientes como, por exemplo, proteínas, aminoácidos, amido e cátions, de modo que a solubilidade e a digestibilidade são drasticamente reduzidas pela formação de complexos insolúveis (TEJEDOR et al., 2001a).

A interação entre o ácido fítico e proteínas parece ser responsável por efeitos nutricionais adversos, visto que, esta interação induz à diminuição da solubilidade das proteínas e, eventualmente, reduz sua utilização (SEBASTIAN et al., 1997).

O fósforo fítico, presente no ácido fítico, por ser de baixa disponibilidade para os não-ruminantes, juntamente com o excesso de fosfato inorgânico adicionado às rações, é eliminado nas fezes dos animais. Isso é motivo de um alto índice de poluição ambiental em áreas de alta concentração de suínos e aves, como já vem ocorrendo na Holanda, devido a grande quantidade não apenas de fósforo, mas também de nitrogênio excretado pelos animais (LUDKE et al., 2002).

Esse fósforo não é aproveitado pelas aves porque estas não sintetizam a enzima fitase em seu aparelho digestivo, tornando-se necessária a adição de quantidade elevada de fonte de fósforo inorgânico para suprir as exigências dos animais, com conseqüente aumento no teor de fósforo nas excretas das aves. Para evitar esse efeito, pesquisas têm sido realizadas com a adição de fitase (KORNEGAY et al., 1996; TEJEDOR et al., 2001b;) em rações para frangos de corte e têm demonstrado resultados favoráveis sobre o aproveitamento do fósforo e a digestibilidade de nutrientes como aminoácidos e proteína.

O fósforo e o nitrogênio são nutrientes essenciais em vários processos metabólicos dos animais; contudo, os movimentos ambientalistas têm forçado a redução destes nutrientes poluentes, que podem ser excretados em maior ou menor quantidade, dependendo da manipulação das fórmulas das dietas e das enzimas adicionadas (TEJEDOR et al., 2001a).

A enzima fitase pode melhorar o aproveitamento de nutrientes, provavelmente permitindo diminuição dos níveis de proteína e fósforo disponível adicionados às dietas, sem interferir no desempenho e composição óssea das aves. Sendo assim, o presente trabalho teve como objetivo geral avaliar os efeitos do fornecimento de rações contendo níveis reduzidos de proteína bruta e fósforo disponível, com adição da enzima fitase, sobre o desempenho, parâmetros ósseos (matéria mineral, cálcio e fósforo) e excretas (fósforo, proteína bruta, matéria mineral e total excretado), em frangos de corte no período de 1 a 21 dias de idade.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 ENZIMA FITASE

A enzima fitase, produzida comercialmente através do cultivo de microorganismos do gênero *Aspergillus*, tem sido utilizada com sucesso nas rações de suínos e de aves para aumentar a disponibilidade do fósforo complexado na molécula de fitato. Além disso, a sua utilização tem possibilitado aumento na disponibilidade de outros minerais, embora estes resultados ainda sejam controversos (CONTE et al., 2003).

A atividade da fitase é expressa como sendo a quantidade de enzima que hidrolisa 1 micromol de fósforo inorgânico por minuto proveniente de 1,5 mM de fitato de sódio em pH 5,5 e à temperatura de 37°C, expresso em unidade de fitase, PU ou FTU (YI et al., 1996).

A molécula de fitato é um importante fator antinutricional para monogástricos, possuindo em sua estrutura grupos ortofosfatos altamente ionizáveis, os quais afetam a disponibilidade de cátions como o cálcio, zinco, cobre, magnésio e ferro no trato gastrointestinal, resultando em complexos insolúveis (BRANDÃO et al., 2006).

A adição da enzima fitase em dietas à base de milho e farelo de soja melhorou os coeficientes de digestibilidade de alguns nutrientes, e essa adição pode ser economicamente viável em áreas onde o milho e o farelo de soja são os principais ingredientes utilizados. A utilização crescente de fósforo a partir de fitato pode, conseqüentemente, reduzir a suplementação de fontes de fósforo inorgânico em dietas de frangos enquanto mantém normal o crescimento destas (TEJEDOR et al., 2001b; DILGER et al., 2004a).

Entre os efeitos benéficos da adição de fitase às dietas, podem ser citados a melhoria nas taxas de conversão alimentar, retenção de nutrientes e mineralização óssea, além de reduzir a poluição ambiental. Assim, a suplementação das dietas de frangos com fitase exógena pode aumentar a utilização do P-fitato e também aumentar a digestibilidade de aminoácidos. Todavia, este efeito depende de vários fatores, entre eles, a variação dos ingredientes da dieta, e o tipo e a idade das aves (COWIESON et al., 2004).

Muitos estudos têm mostrado que a fitase bacteriana tem, efetivamente, melhorado a utilização do P-fitato em suínos e aves, aumentando o ganho de peso. Infelizmente, o custo da fitase limita seu uso, mas sua atividade está presente, intrinsecamente, em cereais como o

trigo, arroz e cevada. Esta ocorrência natural também auxilia na desfosforilação de P-fitado (GONG et al., 2006).

A peletização de rações contendo enzima fitase foi estudada por Silversides et al. (2004) em preparações produzidas por *Saccharomyces cerevisiae*, *Pichia pastoris* e *Pseudomonas fluorescens*. A enzima produzida por *Pichia pastoris* provocou aumento de digestibilidade de proteína e esta não foi inativada pela peletização com temperaturas acima de 80°C.

O uso da fitase associada ao ácido cítrico e 1 α -hidroxicolecalciferol na utilização do fósforo fitato resultou em aumento do uso do fósforo fitato e este efeito foi geralmente aditivo, com possível sinergismo entre ácido cítrico e 1 α -hidroxicolecalciferol (SNOW et al., 2004).

Aumento na utilização do fósforo, dos aminoácidos e da energia, por meio da utilização da enzima fitase, representaria economia significativa no custo final da formulação de rações já que estes são nutrientes essenciais em vários processos metabólicos dos animais (TEJEDOR et al., 2001b).

2.1.1 Efeitos da adição da enzima fitase na alimentação de frangos de corte

Em um estudo sobre o efeito do cobre na eficácia da fitase, Banks et al. (2004) comprovaram que a suplementação de cobre não reduz a eficácia da fitase, mas pode diminuir a retenção aparente de fósforo, ganho de peso, consumo alimentar, conversão alimentar e peso das cinzas de tíbia e dedos.

Tamim et al. (2004), avaliaram a relação entre o cálcio e a fitase e observaram que a absorção ileal aparente de cálcio foi melhor quando cálcio, fitase ou ambos foram adicionados à dieta.

Zyla et al. (2004), estudando diferentes preparações de fitase, comprovaram não haver diferenças entre estas no desempenho dos frangos quanto à mineralização óssea, retenção de fósforo e cálcio, mas registrou aumento no consumo alimentar, no ganho de peso, na cinza de dedos e na retenção de fósforo quanto testou a fitase B (ácido fosfatase; EC.3.1.3.2).

Ao avaliar os efeitos da adição de fitase microbiana (1200 FTU/kg), Ravindran et al. (1999) observaram um efeito benéfico na digestibilidade ileal aparente de aminoácidos e proteínas em frangos de corte.

Estudando os efeitos da adição de fitase em rações para frangos de corte nas fases pré-inicial e inicial, Costa et al. (2007) observaram resultados superiores para o desempenho das aves nos tratamentos com a enzima do que naqueles em que esta não foi adicionada.

2.2 FÓSFORO

Fósforo (P) é um mineral essencial e de alto custo para a nutrição aviária. A maior porção de P está presente em cereais, seus subprodutos e em suplementos de proteína vegetal, porém, na forma de ácido fítico. O fósforo vindo do fitato é de baixa disponibilidade para a ave (RAMA RAO et al., 1999).

A recomendação do nível de fósforo em dietas deve ser suficiente para garantir, além do ótimo desempenho, uma boa formação e resistência óssea, sendo que a idade da ave é um fator muito importante para a avaliação da exigência nutricional deste. Aves na fase final de criação podem aumentar o aproveitamento do fósforo complexado ao ácido fítico, em consequência da plena atividade enzimática do sistema digestivo e, além disso, é na fase inicial e na de crescimento que ocorrem tanto o maior desenvolvimento quanto a formação geral da ave (WALDENSTEDT, 2006; LAURENTIZ et al., 2007;).

O fósforo, entre suas principais funções, é considerado elemento essencial para a formação da estrutura óssea, participa da formação de membranas celulares, é componente dos ácidos nucleicos 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), necessário para a formação dos fosfolípidos, o transporte de gorduras e a síntese de aminoácidos e proteínas, e ainda, participa no controle do apetite e na eficiência alimentar (RUNHO et al., 2001).

Segundo o NRC (1994), a porcentagem de fósforo disponível que deve ser incluída na dieta de frangos de corte com idade de 0-3 semanas de idade é de 0,45%.

2.3 PROTEÍNA

O nível de proteína bruta a ser incluído nas dietas de frangos de corte, de 0–3 semanas de idade, segundo o NRC (1994), deve ser de 23%.

O crescimento animal é influenciado pelo nível energético e protéico da dieta, sendo que estes estão entre os nutrientes mais onerosos. Considerando que a produção agro-industrial visa principalmente a eficiente conversão da proteína da dieta em proteína muscular, é conveniente que toda tecnologia viabilize o menor aporte da parcela protéica das dietas, sem influir negativamente no desempenho das aves, ou buscando suplementações que possam melhorar sua eficiência (TOLEDO et al., 2004).

A composição corporal dos frangos é afetada tanto pela quantidade como a qualidade da proteína da ração, demonstrando que o aminoácido em menor proporção, comparado à exigência, denomina-se primeiro limitante e restringe o valor da proteína. O ajuste dos níveis de proteína pode trazer ganhos produtivos e econômicos importantes, obtidos com a melhoria do desempenho e da qualidade de carcaça se frangos. A composição de proteínas e aminoácidos da dieta também pode influenciar a deposição de proteína da carcaça, afetando principalmente o rendimento de carne de peito (LEANDRO et al., 2003).

A formulação de rações para aves, durante muitos anos, foi baseada no conceito de proteína bruta (quantidade de nitrogênio x 6,25), resultando em dietas com níveis de aminoácidos acima das exigências dos animais, ocasionando aumento na excreção de nitrogênio (SILVA et al., 2006). Atualmente, com a disponibilidade de aminoácidos sintéticos a preços acessíveis, as rações passaram a ser formuladas com níveis de aminoácidos mais próximos das necessidades das aves, reduzindo o nível de proteína bruta das rações. Isto é bem visto pelos ambientalistas já que, apenas 45% do nitrogênio consumido pelas aves é retido como proteína animal. Portanto, 55% do nitrogênio ingerido é excretado, contribuindo para o aumento da poluição ambiental. (LANA et al., 2005; SILVA et al., 2006).

Os nutricionistas têm se preocupado com os níveis de aminoácidos e proteína da dieta que não são utilizados pelo animal para crescimento e produção, aumentando a excreção de ácido úrico. O excesso de deposição do nitrogênio no solo pode acarretar futura contaminação dos cursos de água. Além do mais, a emissão de amônia na atmosfera, além de problemas respiratórios, pode contribuir para a formação de chuva ácida (ARAÚJO et al., 2002).

A amônia, um gás altamente irritante e causador de estresse às aves confinadas, é originado da desaminação bacteriana ou da redução de substâncias nitrogenadas que se

acumulam nas camas de frango. Esse acúmulo de gás pode levar à perda de peso, podendo até causar a morte (HERNANDES; CAZZETA, 2001).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 INSTALAÇÕES, EQUIPAMENTOS E ANIMAIS

O experimento foi conduzido no aviário experimental do Departamento de Nutrição e Produção Animal da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo, Campus Pirassununga, Estado de São Paulo.

Foram utilizados 504 pintinhos de um dia de idade, machos, da linhagem comercial AG Ross 308, criados até 21 dias de idade (Figura 1). O peso médio inicial das aves foi de 42 gramas.

As aves foram pesadas no primeiro dia do experimento e alojadas em 72 gaiolas de aço inoxidável (1,0m x 0,4m) dispostas em três baterias de seis andares, equipadas com aquecimento elétrico e, cada uma, provida de um comedouro (0,7m x 0,06m x 0,06m) e dois bebedouros tipo “nipple”, reguláveis e dispostos nas laterais das baterias (Figuras 2 e 3). Cada gaiola possuía uma bandeja, também de aço inoxidável (0,9m x 0,32m), para coleta de excretas.

A ração, assim como os bebedouros, foi verificada três vezes ao dia para assegurar o fornecimento *ad libitum*. Houve a observação da temperatura ambiental, diariamente, através de um termômetro de máxima e mínima, localizado entre as baterias. O manejo e os equipamentos utilizados foram os convencionais para a criação de frangos de corte, adequando-os às condições do aviário experimental.

Figura 1 - Animal Experimental (Galus gallus)

Figura 2 - Instalação experimental (vista das baterias)

Figura 3 - Instalação experimental (baterias com lâmpadas para aquecimento dos pintos, acesas)

3.2 ANÁLISES LABORATORIAIS

As análises foram realizadas no Laboratório de Bromatologia do Departamento de Nutrição e Produção Animal da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo, Campus Pirassununga, Estado de São Paulo. As exceções ocorreram para as análises de cálcio das tíbias, realizadas no Laboratório de Minerais da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo, Campus Pirassununga. As análises foram realizadas de acordo com as metodologias aplicadas pela A.O.A.C. (1980).

3.3 FONTES DE FÓSFORO E FITASE

Foi utilizado o fosfato bicálcico como única fonte de fósforo inorgânico em dois diferentes níveis: 0,45% e 0,34%.

A enzima fitase utilizada foi da marca comercial Natuphos[®], produzida pela BASF. Trata-se de uma marca registrada de fitase obtida pela fermentação por meio de fungos do grupo *Aspergillus niger*, que contém atividade inicial mínima, declarada pelo fabricante, de 5000 FTU/g. Uma unidade de fitase (FTU) é definida como sendo a quantidade de enzima necessária para liberar um micromol de fósforo inorgânico em um minuto num substrato de sódio-fítato, à temperatura de 37°C e pH 5,5 (CONTE et al., 2003).

3.4 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

A unidade experimental foi constituída por sete (7) aves, e o delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados, sendo que cada um dos seis níveis das baterias foi considerado um bloco. Os tratamentos foram organizados de acordo com um esquema fatorial, sendo dois níveis de fósforo, dois níveis de fitase e três níveis de proteína, totalizando 12 tratamentos, com seis repetições cada. Foi realizada a análise de variância dos dados, onde foram estudadas as interações entre os efeitos principais (fósforo, fitase e proteína) a partir da decomposição dos graus de liberdade de tratamentos, como demonstrado na tabela 1. A partir da análise de variância foi realizada uma análise de regressão entre os níveis de proteína e as variáveis, respeitando a presença ou não das interações. O nível de significância adotado foi de 5% (SAMPAIO, 1998). Os dados foram analisados com a utilização pacote estatístico SAS (STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM, 1990).

Tabela 1 - Decomposição dos graus de liberdade

Causas de variação	Graus de liberdade
Blocos	5
Tratamentos	11
Fósforo	1
Fitase	1
Proteína	2
Fósforo x Fitase	1
Fósforo x Proteína	2
Fitase x Proteína	2
Fósforo x Fitase x Proteína	2
Resíduo	55
Total	71

3.5 DIETAS EXPERIMENTAIS

As rações foram isonutritivas (2950 kcal EM/kg) (Tab. 3), exceto para os níveis de proteína bruta e fósforo disponível, à base de milho e farelo de soja, com formulação obedecendo aos níveis nutricionais empregados na criação comercial de frangos de corte (Tabela 4), segundo Rostagno et al. (2000).

Runho et al. (2001) encontraram o nível de 0,45% de fósforo disponível como o necessário pelas aves para obter desempenho e características ósseas satisfatórias, e Silva et al. (2006), concluíram que o fósforo disponível nas rações de frangos de corte poderia ser reduzido para 0,34%, desde que houvesse suplementação com fitase.

Os níveis de proteína variaram (para menos) em 2% e 4%, a partir do valor de 22,5%, enquanto que os níveis de fitase foram os mesmos (0 e 1200 FTU/kg) daqueles utilizados por Conte et al. (2003). As rações foram misturadas em um misturador horizontal experimental, sendo necessárias duas batidas para cada tratamento. Os níveis de fósforo disponível, proteína bruta e fitase das rações experimentais podem ser visualizados na tabela 2.

Tabela 2 - Rações experimentais

Tratamentos	Fósforo Disponível (%)	Proteína Bruta (%)	Fitase (FTU/kg de ração)
I	0,45	22,5	—
II	0,45	22,5	1200
III	0,45	20,5	—
IV	0,45	20,5	1200
V	0,45	18,5	—
VI	0,45	18,5	1200
VII	0,34	22,5	—
VIII	0,34	22,5	1200
IX	0,34	20,5	—
X	0,34	20,5	1200
XI	0,34	18,5	—
XII	0,34	18,5	1200

Tabela 3 – Composição bromatológica calculada (%) das dietas experimentais

Alimento	Ração (PB/Pd)											
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
	+ fitase		+ fitase		+ fitase		+ fitase		+ fitase		+ fitase	
	22,5/0,45	22,5/0,45	20,5/0,45	20,5/0,45	18,5/0,45	18,5/0,45	22,5/0,34	22,5/0,34	20,5/0,34	20,5/0,34	18,5/0,34	18,5/0,34
EM (kcal/kg)	2950	2950	2950	2950	2950	2950	2950	2950	2950	2950	2950	2950
PB (%)	22,50	22,50	20,50	20,50	18,52	18,52	22,5	22,5	20,50	20,50	18,57	18,57
Ca (%)	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
Pd (%)	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34
Lis (%)	1,124	1,124	1,056	1,056	1,056	1,056	1,122	1,122	1,056	1,056	1,056	1,056
Metionina (%)	0,447	0,447	0,458	0,458	0,524	0,524	0,447	0,447	0,484	0,484	0,519	0,519
Met+cis (%)	0,710	0,710	0,710	0,710	0,710	0,710	0,710	0,710	0,710	0,710	0,710	0,710
Triptofano (%)	0,254	0,254	0,225	0,225	0,196	0,196	0,254	0,254	0,225	0,225	0,199	0,199
Treonina (%)	0,768	0,768	0,694	0,694	0,661	0,661	0,768	0,768	0,694	0,694	0,661	0,661

(1) Suplementação de fitase: 0 FTU (dietas A, C, E, G, I, K) e 1200 FTU (dietas B, D, F, H, J, L)

(2) Suplemento vitamínico fornece por kg de dieta: vitamina A, 10000 UI; vitamina D3, 2000 UI; vitamina E, 10 mg; vitamina K3, 2 mg; tiamina, 1mg; riboflavina, 5 mg; biotina, 0,02 mg; selênio, 0,1 mg; antioxidante, 30 mg

Tabela 4 – Composição (%) das dietas experimentais

Alimento	Ração (PB/Pd)											
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
	+ fitase		+ fitase		+ fitase		+ fitase		+ fitase		+ fitase	
	22,5/0,45	22,5/0,45	20,5/0,45	20,5/0,45	18,5/0,45	18,5/0,45	22,5/0,34	22,5/0,34	20,5/0,34	20,5/0,34	18,5/0,34	18,5/0,34
F. soja (45%)	39,60	39,60	33,71	33,71	27,58	27,58	39,52	39,52	33,63	33,63	28,28	28,28
Óleo de soja	2,483	2,483	1,263	1,263	-	-	2,332	2,332	1,111	1,111	-	-
Fosf. Bicálc.	1,813	1,813	1,840	1,840	1,870	1,870	1,217	1,217	1,244	1,244	1,270	1,270
Milho	54,187	54,187	61,122	61,122	68,208	68,208	54,635	54,635	61,571	61,571	67,783	67,783
Calc.calc.	1,027	1,027	1,041	1,041	1,071	1,071	1,408	1,408	1,422	1,422	1,434	1,434
Sup. Vit-min	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300
Antibiótico	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
Inerte	0,100	0,095	0,100	0,095	0,100	0,095	0,100	0,095	0,100	0,095	0,100	0,095
Fitase	-	0,005	-	0,005	-	0,005	-	0,005	-	0,005	-	0,005
Sal	0,350	0,350	0,350	0,350	0,350	0,350	0,350	0,350	0,350	0,350	0,350	0,350
Metionina	0,130	0,130	0,192	0,192	0,256	0,256	0,130	0,130	0,190	0,190	0,246	0,246
Lisina	-	-	0,068	0,068	0,210	0,210	-	-	0,070	0,070	0,193	0,193
Treonina	-	-	-	-	0,044	0,044	-	-	-	-	0,034	0,034
Total	39,60	39,60	33,71	33,71	27,58	27,58	39,52	39,52	33,63	33,63	100,0	100,0

(1) Suplementação de fitase: 0 FTU (dietas A, C, E, G, I, K) e 1200 FTU (dietas B, D, F, H, J, L)

(2) Suplemento vitamínico fornece por kg de dieta: vitamina A, 10000 UI; vitamina D3, 2000 UI, vitamina E, 10 mg; vitamina K3, 2 mg; tiamina, 1mg; riboflavina, 5 mg; biotina, 0,02 mg; selênio, 0,1 mg; antioxidante, 30 mg

(3) Antibiótico utilizado: avilamicina

3.6 AVALIAÇÃO DOS PARÂMETROS BIOLÓGICOS

3.6.1 Desempenho animal

As variáveis respostas mensuradas em cada unidade experimental foram ganho de peso médio, consumo de ração e conversão alimentar, conforme descrito abaixo:

Ganho de peso diário – Determinado pela diferença entre as pesagens do 1º e 21º dia de experimento, dividida pelos dias de intervalo entre pesagens e pelo número de aves na unidade experimental.

Consumo de ração – Obtido pela diferença entre o peso da ração fornecida no início e a sobra, de cada unidade experimental, dividida pelo número de dias do experimento e pelo número de aves da unidade experimental.

Conversão alimentar – Determinado pela relação entre o consumo total de ração e o ganho de peso de cada unidade experimental (g de ração/g de peso).

3.6.2 Análise das excretas

Entre o 17º e o 21º dia de experimento, o consumo de ração foi medido e, durante este período (5 dias), foi realizada a coleta total de excretas através das bandejas de aço inoxidável existentes em todas as gaiolas, por unidade experimental. Após a coleta, as amostras foram pesadas e acondicionadas em sacos plásticos (Figura 4) e congeladas a -20°C para posterior determinação de matéria mineral, proteína bruta e fósforo.

Para a determinação dos parâmetros acima citados, as amostras foram descongeladas em temperatura ambiente e, posteriormente, pesadas, acondicionadas em bandejas de alumínio e levadas à estufa de ventilação forçada (65°C) por 72 horas. Após este período, estas foram novamente pesadas para determinação de matéria seca a 65°C.

Ao término desta etapa, foi feito um “pool” das cinco coletas de cada unidade experimental e, assim, procedeu-se a moagem em peneira de 1mm (Figura 5) e determinação de matéria seca a 105°C e proteína bruta. Em seguida, as amostras foram calcinadas em mufla a 550°C por 4 horas, pesadas (matéria mineral) e solubilizadas em ácido clorídrico para obtenção de solução mineral e posterior análise de fósforo, conforme metodologia descrita por Tejedor et al. (2001a).

Figura 4 - Amostras de excretas acondicionadas para congelamento

Figura 5 - Moagem das excretas

3.6.3 Parâmetros ósseos

Ao final dos 21 dias, 2 aves de cada unidade experimental foram abatidas por deslocamento cervical e as tíbias direitas removidas e descarnadas sem injúria de osso e cartilagem (Figura 6). Estas foram identificadas, embaladas e levadas ao congelador a -20°C para posterior determinação de cinzas e fósforo.

Os ossos da tíbia foram descongelados e secos em estufa a 105°C por 12 horas. Após, foram submetidos à extração de gordura por tratamento sucessivo com éter etílico por 8 horas (Figura 7). Secaram em temperatura ambiente por 12 horas, foram pesados e levados novamente à estufa à 105°C por 8 horas. A solução mineral para análise de cálcio e fósforo foi obtida após a calcinação dos ossos em forno mufla por 12 horas à 550°C (matéria mineral).

Em uma alíquota de $150\mu\text{L}$ da amostra (solução mineral), foram adicionados 5mL de molibdato de amônio e 2mL de ácido ascórbico, com correção do volume à 100mL com água destilada para determinar a porcentagem de fósforo excretado pelas aves com a utilização de um espectrofotômetro em filtro 670nm, seguindo as recomendações da A.O.A.C. (1980).

Figura 6 - Retirada da tíbia para análises laboratoriais

Figura 7 - Tíbia após extração de gordura

3.6.4 Rações experimentais

As rações foram moídas em moinho com peneira de 1mm e, em seguida, foram realizadas as análises para determinação de níveis de matéria seca, matéria mineral, proteína bruta, energia bruta, extrato etéreo, cálcio e fósforo.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 DESEMPENHO ANIMAL

4.1.1 Consumo de ração

Os valores referentes aos consumos médios diários de ração (g/dia) no período experimental (1 a 21 dias de idade das aves) são apresentados na tabela 5, de acordo com os diferentes níveis de fitase (0 e 1200 FTU/kg de ração), proteína bruta (22,5; 20,5 e 18,5%) e fósforo disponível (0,34 e 0,45%). O coeficiente de variação foi de 5,18%.

A média geral do consumo por nível de proteína bruta (18,5; 20,5 e 22,5) foi de 48,56; 47,41 e 47,68 g/dia, respectivamente, não havendo diferenças significativas ($P>0,05$) entre estes.

Segundo Silva et al. (2006), rações contendo baixo nível de proteína bruta (15%), podem acarretar menor consumo de ração, sugerindo ocorrência de uma deficiência efetiva de proteína.

Entre os níveis de fósforo disponível, 0,34 e 45%, a média geral de consumo foi de, respectivamente, 47,37 e 48,37 g/dia, sendo que não houve diferenças significativas ($P>0,05$) entre estes níveis.

As aves alimentadas com dietas sem adição de fitase apresentaram um consumo médio diário de 47,33 g/dia, enquanto que, com a adição de fitase, foi de 48,53 g/dia. Entretanto, não houve diferença significativa entre estas médias.

O resultado observado no presente trabalho difere do observado por Broz et al. (1994) que, estudando os efeitos da inclusão de diferentes níveis de fitase microbiana em rações para aves com baixo nível de fósforo disponível (0,45% de fósforo total), observaram um aumento significativo no consumo de ração do 8º ao 22º dia de idade com o aumento dos níveis de fitase.

O consumo médio não diferiu significativamente quanto a adição de fitase e fósforo disponível nos níveis de proteína bruta de 18,5 e 20,5%, o que está de acordo com Costa et al. (2007), que também não verificaram efeito da fitase no consumo de rações formuladas à base

de milho e farelo de soja com 23% de proteína bruta (fase pré-inicial – 1 a 7 dias de idade) e 21 % de proteína bruta (fase inicial – 8 a 21 dias de crescimento) nas dietas.

Houve diferença significativa entre as médias de consumo diário (0 e 1200 FTU/kg de fitase, com consumo de 46,21 e 49,64 g/dia, respectivamente), quando as aves receberam uma dieta contendo 22,5% de proteína bruta. Houve uma redução no consumo de ração com o aumento de proteína bruta (efeito linear, $P < 0,05$) na ausência de fitase.

Avaliando o efeito do uso de enzimas na alimentação de frangos de corte, Conte et al. (2003), obtiveram resultados no consumo de ração e ganho de peso das aves aos 21 dias de idade que indicaram uma efetiva ação da fitase no aumento da disponibilidade do fósforo, concluindo que, quando níveis mais altos de fitase (800 e 1200 FTU/kg) foram adicionados à ração, o desempenho equiparou-se ao das aves que receberam dieta com 0,45% de fósforo disponível.

Baixos níveis de fósforo disponível na dieta, segundo Kies et al. (2001), são fatores limitantes do consumo de ração pelas aves.

Tabela 5 - Consumo de ração, em gramas por dia (média $\pm$ desvio padrão), por níveis de fitase, de fósforo disponível e de proteína bruta de 1 a 21 dias de idade das aves

Níveis de proteína (%)	Fitase								Média geral por nível de proteína
	0			1200					
	Fósforo		Média	Fósforo		Média	Fósforo		
	0,34	0,45		0,34	0,45		1200 fitase	0,34	
18,5	48,87±1,57	49,02±2,02	48,94±1,73	49,00±1,29	47,34±3,71	48,17±2,79	48,93±1,37	48,18±2,98	48,56±2,30
20,5	44,93±2,65	48,55±1,84	46,74±2,89	47,16±3,47	48,99±1,12	48,07±2,64	46,04±3,17	48,77±1,47	47,41±2,79
22,5	45,54±1,44	46,87±1,23	46,21 ^a ±1,45	50,07±6,22	49,42±3,14	49,64 ^b ±3,99	47,05±4,01	48,15±2,63	47,68±2,25
			47,30±2,38			48,53±3,08	47,37±3,12	48,37±2,39	
Efeito linear	-	-	0,0033	-	-	-	-	-	-
Efeito quadr.	-	-	0,2733	-	-	-	-	-	-

Médias na linha com letras diferentes diferem significativamente ($P < 0,05$), pela análise de variância.

Para a análise de regressão, são apresentados os níveis de significância apenas quando há efeito significativo pela análise de variância ($P < 0,05$).

4.1.2 Ganho de peso

Os valores referentes ao ganho de peso em gramas por dia (g/dia) podem ser observados na tabela 6. O coeficiente de variação foi de 4,64%.

As médias gerais por nível de proteína bruta (18,5; 20,5 e 22,5%) foram de, respectivamente, 35,02; 35,17 e 35,37 g/dia, não diferindo significativamente.

As médias gerais quanto ao nível de fitase (0 e 1200 FTU/kg) foram, respectivamente, 34,94 e 35,43 g/dia, não apresentando diferença significativa. O mesmo foi obtido por Yu et al. (2004) ao estudarem a atividade gastrointestinal da fitase em frangos de corte. Resultados contrários foram verificados por Ahmad et al. (1999). Estes observaram um aumento de 2,65% no peso corporal das aves comparado àquelas que receberam uma dieta que não continha a enzima fitase.

Os tratamentos com um nível de proteína bruta igual a 20,5%, apresentaram diferença significativa ($P < 0,05$), independente do nível de fósforo disponível, na presença da fitase. A média geral foi de 34,63 e 35,70g/dia com 0 e 1200 FTU/kg de fitase, respectivamente. Neste nível de proteína bruta, a fitase apresentou efeito ($P < 0,05$) no ganho de peso. Talvez o fato dessa diferença ter sido significativa seja devido ao reduzido coeficiente de variação do modelo (4,64%), já que não há explicação biológica por não haver diferenças significativas também no nível acima (22,5%) ou abaixo (18,5%) de proteína bruta.

Sebastian et al. (1997) observaram que a suplementação de fitase (600 FTU/kg), ocasionou uma melhora no ganho de peso de aves alimentadas com rações com baixos níveis de cálcio e fósforo disponível.

Ocorreram efeitos quadráticos em relação aos níveis de proteína bruta, diferentes para cada nível de fósforo disponível (0,34 e 0,45%), sendo que houve menor ganho de peso das aves que receberam 20,5% de proteína em relação àquelas que receberam 18,5% ou 22,5% de proteína bruta na dieta com 0,34% de fósforo disponível, e o oposto com 0,45% de fósforo disponível. Mais uma vez, o reduzido coeficiente de variação pode explicar a presença de efeitos aparentemente contraditórios, embora significativos.

Portanto, houve efeito da fitase somente com 20,5% de proteína bruta. O mesmo não foi observado por Ahmad et al. (1999), que, ao estudar a suplementação de fitase (1075 FTU/kg), só observou efeitos a partir do 28º dia de vida das aves, corroborando com os resultados encontrados por Brandão et al. (2007), onde se observou que a utilização de fitase é

importante na fase de crescimento (22 a 35 dias de idade), não sendo necessária na fase final de criação de frangos de corte.

Como observado por esses autores, talvez o efeito da suplementação de fitase no ganho de peso só passe a ser significativo após 21 dias de idade.

Simons et al. (1990) sugeriram que níveis marginais de fósforo disponível nas dietas de frangos de corte não apresentaram efeito no ganho de peso e a adição de fitase é incapaz de compensar as perdas causadas no desempenho das aves causadas pelos baixos níveis de fósforo disponível nas dietas.

Tabela 6 - Ganho de peso em gramas por dia (média $\pm$ desvio padrão), por níveis de fitase, de fósforo disponível e de proteína bruta de 1 a 21 dias de idade das aves

Níveis de Proteína (%)	Fitase								Média geral por nível de proteína
	0			1200			Fósforo		
	Fósforo		Média	Fósforo		Média			
	0,34	0,45	0 fitase	0,34	0,45	1200 fitase			
18,5	35,12±1,25	34,93±1,55	35,03±1,34	35,54±0,98	34,46±1,52	35,00±1,35	35,33±1,09	34,70±1,48	35,02±1,32
20,5	32,58±1,94	36,69±1,02	34,63 ^a ±2,60	34,60±2,37	36,80±0,73	35,70 ^b ±2,03	33,59±2,32	36,75±0,85	35,17±2,35
22,5	34,85±1,16	35,49±2,03	35,17±1,61	34,67±3,08	36,12±1,25	35,64±1,97	34,79±1,79	35,81±1,64	35,37±1,74
			34,94±1,89			35,43±1,76	34,55±1,91	35,75±1,58	
Efeito linear	-	-	-	-	-	-	0,0308	0,0035	-
Efeito quadr.	-	-	-	-	-	-	0,0326	0,0041	-

Médias na linha com letras diferentes diferem significativamente ($P < 0,05$), pela análise de variância.

Para a análise de regressão, são apresentados os níveis de significância apenas quando há efeito significativo pela análise de variância ($P < 0,05$).

4.1.3 Conversão alimentar

Na tabela 7 são apresentados os resultados de conversão alimentar em gramas de ração por gramas de ganho de peso (g/g de ganho de peso) das aves experimentais. Apesar do reduzido coeficiente de variação (7,07%), não foi observado nenhum efeito significativo ($P>0,05$).

As médias gerais de conversão alimentar para os níveis de 0 e 1200 FTU/kg de fitase foram, respectivamente, 1,36 e 1,37 g/g de ganho de peso.

Para os níveis de fósforo disponível, as médias foram de 1,37 e 1,35 g/g de ganho de peso para 0,34 e 0,45% de fósforo disponível, apesar de não ser uma diferença significativa, os valores de conversão alimentar foram inversamente proporcionais aos valores crescentes de proteína. Os tratamentos com níveis de proteína bruta de 18,5; 20,5 e 22,5% apresentaram 1,38; 1,37 e 1,36 g/g de ganho de peso vivo, respectivamente.

No presente estudo, a fitase não mostrou efeitos significativos na conversão alimentar de aves que receberam dietas contendo diferentes níveis de proteína bruta e fósforo disponível. O mesmo foi observado por Silva et al. (2006), ao estudar a redução de proteína bruta e fósforo disponível em rações com fitase (500 FTU/kg) para frangos de corte no período de 1 a 21 dias.

Estes resultados corroboram com os resultados encontrados por Johnston e Southern (2000), que também não observaram diferença na conversão alimentar quando utilizaram diferentes níveis de fitase (0, 200, 400, 500, 600, 700, 800, 1000 e 1200 FTU/kg) nas dietas à base de milho e farelo de soja.

No entanto, Rocha et al. (2003), constataram que o consumo de ração foi reduzido conforme houve aumento da proteína bruta na ração (23 e 26%), resultando numa melhor conversão alimentar e Runho et al. (2001), ao estudarem a exigência de fósforo disponível para frangos de corte de 1 a 21 dias de idade, observaram que houve melhora da conversão alimentar à medida que o nível de fósforo disponível aumentou de 0,15 para 0,45% nas dietas.

Resultados semelhantes aos encontrados por Runho et al. (2001) foram observados por Tejedor et al. (2001), ao utilizarem dietas à base de milho e farelo de soja com baixos níveis de fósforo disponível (0,45 e 0,30%) e adição de 500 FTU/kg (Natuphós®) ou 750 FTU/kg (Ronozyme®) de fitase, para frangos de corte de 1 a 25 dias de idade. Estes observaram melhora da conversão alimentar das aves em 3% para ambas as enzimas.

Tabela 7 - Conversão alimentar em gramas de ração por gramas de ganho de peso (média $\pm$ desvio padrão), por níveis de fitase, de fósforo disponível e de proteína bruta de 1 a 21 dias de idade das aves

Níveis de Proteína (%)	Fitase								Média geral por nível de proteína
	0			1200					
	Fósforo		Média	Fósforo		Média	Fósforo		
	0,34	0,45	0 fitase	0,34	0,45	1200 fitase	0,34	0,45	
18,5	1,39±0,02	1,41±0,12	1,40±0,08	1,38±0,03	1,38±0,13	1,38±0,09	1,38±0,03	1,39±0,12	1,39±0,09
20,5	1,38±0,08	1,32±0,03	1,35±0,07	1,36±0,08	1,33±0,03	1,35±0,06	1,37±0,08	1,33±0,03	1,35±0,06
22,5	1,31±0,04	1,32±0,09	1,32±0,07	1,46±0,32	1,37±0,08	1,40±0,18	1,36±0,18	1,35±0,09	1,35±0,13
			1,36±0,08			1,37±0,11	1,37±0,10	1,35±0,09	
Efeito linear	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Efeito quadr.	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Médias na linha com letras diferentes diferem significativamente ($P < 0,05$), pela análise de variância.

Para a análise de regressão, são apresentados os níveis de significância apenas quando há efeito significativo pela análise de variância ($P < 0,05$).

4.2 PARÂMETROS ÓSSEOS

4.2.1. Porcentagem de cálcio na tíbia

Os valores de porcentagem de cálcio na tíbia podem ser encontrados na tabela 8 de acordo com os níveis de fósforo disponível, proteína bruta e fitase.

Houve efeito significativo somente dos níveis de proteína sobre a porcentagem de cálcio na tíbia. Com o aumento no nível de proteína, houve diminuição da porcentagem de cálcio (efeito linear, $P < 0,05$).

A média geral de porcentagem de cálcio na tíbia nos tratamentos com e sem fitase foram, respectivamente, de 9,91 e 10,04% ($P > 0,05$). Este resultado difere dos resultados encontrados por Zanini e Sazzad (1998). Ao avaliarem o efeito da suplementação da fitase sobre a utilização mineral, estes autores observaram um aumento ($P < 0,05$) na concentração de cálcio e zinco na tíbia de pintos de corte.

Na média geral dos tratamentos, em relação aos níveis de fósforo disponível (0,34 e 0,45%), observa-se um aumento na porcentagem de cálcio no nível mais alto de fósforo disponível. Este aumento (9,52 vs. 10,39%) apresentou diferença estatística significativa ($P < 0,05$).

Ahmad et al. (1999), ao estudarem dietas contendo milho e farelo de soja na ausência ou presença de fitase (1075 FTU/kg), observaram aumento na concentração de fósforo e cálcio na tíbia.

A análise estatística destes dados gerou um coeficiente de variação de 13,34%.

Tabela 8 - Porcentagens de cálcio na tíbia (média $\pm$ desvio padrão), por níveis de fitase, de fósforo disponível e de proteína bruta aos 21 dias de idade das aves

Níveis de Proteína(%)	Fitase								Média geral por nível de proteína
	0			1200					
	Fósforo		Média	Fósforo		Média	Fósforo		
	0,34	0,45	0 fitase	0,34	0,45	1200 fitase	0,34	0,45	
18,5	10,69±1,30	10,64±0,84	10,67±1,06	10,14±1,29	10,60±2,01	10,37±1,63	10,41±1,27	10,62±1,47	10,52±1,35
20,5	8,81±1,54	10,07±0,97	9,44±1,39	9,29±1,42	9,88±0,68	9,58±1,11	9,05±1,44	9,98±0,80	9,51±1,23
22,5	8,49±1,57	10,76±1,23	9,63±1,79	9,87±0,98	10,40±1,24	10,22±1,13	8,95±1,50	10,58±1,19	9,88±1,54
			9,91±1,50			10,04±1,33	9,52 ^a ±1,52	10,39 ^b ±1,19	
Efeito linear	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0470
Efeito quadr,	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0521

Médias na linha com letras diferentes diferem significativamente ($P < 0,05$), pela análise de variância.

Para a análise de regressão, são apresentados os níveis de significância apenas quando há efeito significativo pela análise de variância ($P < 0,05$).

4.2.2 Porcentagem de fósforo na tíbia

Na tabela 9 podem ser vistos os resultados da porcentagem de fósforo na tíbia. A análise dos dados resultou num coeficiente de variação igual a 5,16%.

Sem o uso de fitase, os teores de fósforo da tíbia foram maiores ($P<0,05$) quando o nível de fósforo disponível na dieta foi o mais alto (0,45%) e com os maiores teores de proteína bruta (20,5 e 22,5%), o que não ocorreu quando havia suplementação de fitase, indicando um possível efeito da enzima na deposição óssea do mineral. No nível mais baixo de fósforo disponível (0,34%) e mais alto de proteína bruta (22,5%) o percentual de fósforo na tíbia foi maior na presença da fitase ($P<0,05$), assim como com o mais alto nível de fósforo disponível (0,45%) e menor de proteína bruta na dieta (18,5%), o percentual de fósforo na tíbia foi maior com a suplementação da enzima, reforçando a hipótese do efeito da fitase na concentração de fósforo na tíbia, aumentado-a.

Estes resultados corroboram com os resultados de Runho et al. (2001), que observaram maior deposição de fósforo no osso (6,81%) quando se elevou o nível de fósforo disponível da dieta até o nível de 0,45%, tanto para machos como para fêmeas.

A análise de regressão apresentou efeito quadrático para o tratamento com 0,34% de fósforo, sem adição de fitase e para o tratamento com 0,45% de fósforo com adição de fitase, com o tratamento com 18,5% de proteína bruta apresentando as maiores concentrações de fósforo na tíbia ($P<0,05$).

Neste trabalho não houve efeito do nível de fósforo disponível na dieta sobre o percentual de fósforo na tíbia com a suplementação da enzima, mas na ausência desta houve efeito significativo, corroborando com o observado por Laurentiz et al. (2007), que concluíram que a diminuição do nível de fósforo disponível na dieta (0,41 vs. 0,17%) na fase de crescimento, interfere de forma negativa na porcentagem deste na tíbia, embora o menor nível de fósforo disponível neste trabalho tenha sido o dobro (0,34 vs. 0,17%) do utilizado por aqueles autores.

Tabela 9 - Porcentagem de fósforo na tíbia (média $\pm$ desvio padrão), por níveis de fitase, de fósforo disponível e de proteína bruta aos 21 dias de idade das aves

Níveis de Proteína (%)	Fitase								Média geral por nível de proteína
	0			1200					
	Fósforo		Média	Fósforo		Média	Fósforo		
	0,34	0,45	0 fitase	0,34	0,45	1200 fitase	0,34	0,45	
18,5	7,20±0,43	7,00 ^A ±0,24	7,10±0,35	7,15±0,26	7,48 ^B ±0,53	7,31±0,43	7,17±0,34	7,24±0,46	7,21±0,40
20,5	6,24 ^a ±0,22	7,02 ^b ±0,38	6,63±0,50	6,65±0,33	6,79±0,19	6,72±0,26	6,45±0,34	6,90±0,31	6,67±0,40
22,5	6,32 ^{aA} ±0,43	7,11 ^b ±0,41	6,71±0,57	6,82 ^B ±0,05	7,23±0,26	7,10±0,29	6,48±0,42	7,17±0,33	6,88±0,50
			6,81±0,51			7,04±0,42	6,72±0,49	7,10±0,39	
Efeito linear	0,0010	-	-	-	0,2524	-	-	-	-
Efeito quadr.	0,0148	-	-	-	0,0059	-	-	-	-

Médias na linha com letras diferentes diferem significativamente ($P < 0,05$), pela análise de variância.

Para a análise de regressão, são apresentados os níveis de significância apenas quando há efeito significativo pela análise de variância ($P < 0,05$).

6.2.3 Peso de matéria mineral na tíbia

Os valores de peso da matéria mineral da tíbia podem ser visualizados na tabela 10. Os valores estão expressos em gramas de acordo com os níveis de fitase, fósforo disponível e proteína bruta. O coeficiente de variação do modelo foi bem reduzido (3,50%).

A presença da fitase aumentou significativamente o peso da matéria mineral da tíbia quando foi utilizado o nível de 22,5% de proteína ($P<0,05$), sendo que na ausência da fitase houve um efeito linear ($P<0,05$), ou seja, com o aumento da proteína bruta na dieta, houve redução no peso das cinzas, enquanto que na presença da enzima houve um efeito quadrático ($P<0,05$), isto é, com o menor e com o maior nível de proteína bruta na dieta os pesos da matéria mineral foram mais elevados. Isto pode ser um indicador do efeito da fitase sobre o total de minerais nos ossos, assim como foi observado com a porcentagem de fósforo na tíbia. A concentração de fósforo disponível na dieta também influenciou o peso da matéria mineral da tíbia ($P<0,05$), pois nos tratamentos com os maiores níveis de proteína bruta (20,5 e 22,5%) os pesos foram maiores com o maior nível de fósforo disponível na dieta (0,45%). Com 0,34% de fósforo disponível na dieta, houve efeito linear significativo ($P<0,05$) entre o peso da matéria mineral da tíbia e o teor de proteína bruta na dieta, ou seja, quanto maior a proteína bruta, menor o peso das cinzas ($P<0,05$).

A provável relação entre a suplementação de fitase na dieta de aves e o peso da matéria mineral da tíbia encontrada neste trabalho já foi observada por outros autores. Ao estudar o efeito de enzimas associadas a uma dieta contendo 40% menos fósforo disponível que o recomendado sobre as características ósseas de frangos de corte, Conte et al. (2003) observaram que os níveis crescentes de fitase (0, 400, 800 e 1200 FTU/kg) promoveram aumento linear nos teores de cinzas das tíbias e estes não afetaram a deposição de ferro (Fe), cobre (Cu), zinco (Zn) e manganês (Mn).

Estes resultados podem ser confirmados por Hall et al. (2003), que, utilizando frangos de corte machos de 1 a 21 dias de idade, demonstraram efeito da adição de diferentes níveis de fitase (0, 750, 1500, 3000 e 6000 FTU/kg) em uma dieta à base de milho e farelo de soja na mineralização óssea das aves.

A presente interação também foi observada por Kasim et al. (2000), os quais, ao estudarem os efeitos da fitase sobre diferentes tamanhos e fontes de milho na dieta de frangos de corte, relataram que a adição de fitase (600 FTU/kg) em todos os tratamentos, levou a um aumento da matéria mineral dos ossos. O mesmo foi observado por Dilger et al. (2004), ao

avaliar a fitase microbiana (500 e 1000 FTU/kg) em rações para frangos de corte. Dietas com baixo fósforo disponível e adição de fitase em nível 32% menor que o recomendado (290 FTU/kg vs. 900 FTU/kg), mostraram efeitos positivos na relação de matéria mineral na tíbia, conforme foi demonstrado por Ribeiro et al. (2002).

Tabela 10 - Peso de matéria mineral da tíbia, em gramas (média $\pm$ desvio padrão), por níveis de fitase, de fósforo disponível e de proteína bruta aos 21 dias de idade das aves

Níveis de Proteína (%)	Fitase								Média geral por nível de proteína
	0			1200					
	Fósforo		Média	Fósforo		Média	Fósforo		
	0,34	0,45	0 fitase	0,34	0,45	1200 fitase	0,34	0,45	
18,5	43,12±1,22	41,84±0,95	42,48±1,24	41,88±3,38	42,61±1,28	42,25±2,47	42,50±2,51	42,22±1,15	42,36±1,92
20,5	38,77±1,20	41,62±0,49	40,20±1,73	40,31±0,67	41,44±0,79	40,88±0,92	39,54 ^a ±1,23	41,53 ^b ±0,63	40,54±1,39
22,5	38,41±1,47	40,65±1,58	39,53 ^A ±1,87	41,39±0,89	43,04±1,19	42,49 ^B ±1,33	39,41 ^a ±1,94	41,85 ^b ±1,83	40,80±2,21
			40,74±2,04			41,81±1,83	40,58±2,41	41,87±1,29	
Efeito linear	-	-	0,0001	-	-	0,9111	0,0452	-	-
Efeito quadr.	-	-	0,1713	-	-	0,0245	0,0570	-	-

Médias na linha com letras minúsculas diferentes diferem significativamente ($P < 0,05$), pela análise de variância.

Médias na linha com letras maiúsculas diferentes diferem significativamente ($P < 0,05$), pela análise de variância.

Para a análise de regressão, são apresentados os níveis de significância apenas quando há efeito significativo pela análise de variância ($P < 0,05$).

4.3 EXCRETAS

4.3.1 Porcentagem de fósforo total excretado

Os resultados referentes à porcentagem de fósforo nas excretas podem ser vistos na tabela 11.

Os valores de porcentagem de fósforo nas excretas, conforme o nível de fósforo disponível apresentaram-se de forma inversamente proporcional aos níveis de proteína bruta (18,5; 20,5 e 22,5%), ou seja, enquanto os valores de proteína bruta subiam, a porcentagem de fósforo diminuía ($P < 0,05$). Este comportamento foi visualizado para os dois níveis de fósforo disponível acrescentados à dieta.

A excreção de fósforo foi menor nos tratamentos com 0,34% de fósforo disponível (1,05 vs. 1,24%), embora não significativamente ($P > 0,05$). Ahmad et al. (2000), ao utilizarem dietas com baixo nível de fósforo disponível, adicionadas de fitase, verificaram um aumento na retenção de fósforo e uma diminuição ($P < 0,05$) na sua excreção. Isto pode ter acontecido porque a adição de fitase pode ter aumentado a disponibilidade de fósforo e cálcio ao agir sobre complexos normalmente indigeríveis.

Resultados parecidos foram observados por Zyla et al. (2001), ao estudarem aves alimentadas com uma dieta contendo 8g Ca/kg suplementada com um “cocktail” de enzimas (fitase + fosfatase ácida + pectinase + ácido cítrico). Estas aves estudadas apresentaram uma diminuição de 56% na excreção de fósforo.

Foi observada diferença ($P < 0,05$) nos tratamentos com 20,5 e 22,5% de proteína bruta em relação a níveis diferentes de fósforo. Conforme esperado, com mais fósforo disponível na dieta, maior foi a excreção do mineral. Para o nível de 18,5% de proteína bruta, nenhuma diferença foi observada ($P > 0,05$).

Houve diferença significativa ($P < 0,05$) entre as médias do tratamento com 20,5% de proteína bruta em relação aos níveis de fitase (0 e 1200 FTU/kg). As médias foram de 1,15 e 1,03%, respectivamente.

De acordo com a análise de regressão, quanto maior o nível de proteína bruta na dieta, menor foi a porcentagem de fósforo nas excretas, com ou sem a suplementação de fitase ($P < 0,05$).

Foi registrado um coeficiente de variação de 8,04% na análise destes dados.

Tabela 11 - Porcentagem de fósforo das excretas (média $\pm$ desvio padrão), por níveis de fitase, de fósforo disponível e de proteína bruta de 17 a 21 dias de idade das aves

de idade das aves									
Níveis de Proteína (%)	Fitase								Média
	0			1200					geral por
	Fósforo		Média	Fósforo		Média	Fósforo		nível de
	0,34	0,45	0 fitase	0,34	0,45	1200 fitase	0,34	0,45	proteína
18,5	1,29±0,09	1,27±0,09	1,28±0,09	1,31±0,04	1,34±0,06	1,33±0,05	1,30±0,07	1,30±0,08	1,30±0,07
20,5	0,96±0,05	1,33±0,23	1,15 ^A ±0,25	0,86±0,03	1,19±0,05	1,03 ^B ±0,18	0,91 ^a ±0,06	1,26 ^b ±0,18	1,09±0,22
22,5	0,92±0,03	1,13±0,05	1,02±0,11	0,81±0,05	1,19±0,07	1,06±0,20	0,89 ^a ±0,07	1,16 ^b ±0,06	1,04±0,15
			1,15±0,19			1,15±0,20	1,05±0,21	1,24±0,13	
Efeito linear	-	-	0,0007	-	-	0,0002	0,0001	0,0044	-
Efeito quadr,	-	-	0,9252	-	-	0,0051	0,0001	0,4359	-

Médias na linha com letras minúsculas diferentes diferem significativamente ($P < 0,05$), pela análise de variância.

Médias na linha com letras maiúsculas diferentes diferem significativamente ($P < 0,05$), pela análise de variância.

Para a análise de regressão, são apresentados os níveis de significância apenas quando há efeito significativo pela análise de variância ($P < 0,05$).

4.3.2 Porcentagem de proteína bruta excretada

Os valores de proteína bruta nas excretas (%) são apresentados na tabela 12, de acordo com os níveis de proteína bruta (18,5; 20,5 e 22,5 %), fósforo disponível (0,34 e 0,45%) e fitase (0 e 1200 FTU/kg). O coeficiente de variação foi de 6,98%.

Silva et al. (2006) verificaram efeitos significativos ($P < 0,05$) dos níveis de proteína bruta (15, 17 e 19%) e fósforo disponível (0,25; 0,34 e 0,45%) adicionados, com fitase, sobre os teores de fósforo e cálcio na cama, não observando, entretanto, diferenças significativas ($P < 0,05$) para o teor de nitrogênio.

A porcentagem de proteína bruta nas excretas aumentou (efeito linear, $P < 0,05$) conforme o aumento do nível de proteína bruta incluída na dieta, como observado por Silva et al. (2006), contudo a suplementação de fitase reduziu a quantidade de proteína bruta nas excretas ($P < 0,05$).

Tejedor et al. (2001 b), trabalhando com níveis normais de cálcio e fósforo disponível (1 e 0,45%, respectivamente) e níveis baixos (0,70% de cálcio e 0,32% de fósforo disponível), acrescidos ou não de fitase (1 kg de fitase/tonelada de dieta), observaram um aumento nos coeficientes de digestibilidade de proteína bruta, cálcio, fósforo e energia bruta, pela adição da fitase, independente do tratamento.

Entretanto, Sebastian et al. (1997), ao estudarem o efeito da fitase na digestibilidade de proteína bruta e aminoácidos, não observaram efeito da suplementação de fitase na digestibilidade aparente de proteína bruta ou aminoácidos, excepcionalmente, para metionina e fenilalanina em frangos de corte machos.

A adição de fitase (1200 FTU/kg), em dietas contendo diferentes cereais e óleos, aumentou a digestibilidade de proteínas e aminoácidos em todos os ingredientes citados (RAVINDRAN et al., 1999).

Tabela 12 - Porcentagem de proteína bruta das excretas (média $\pm$ desvio padrão), por níveis de fitase, de fósforo disponível e de proteína bruta de 17 a 21 dias de idade das aves

Níveis de Proteína (%)	Fitase								Média geral por nível de proteína
	0			1200					
	Fósforo		Média	Fósforo		Média	Fósforo		
	0,34	0,45	0 fitase	0,34	0,45	1200 fitase	0,34	0,45	
18,5	29,20±2,45	29,60±4,27	29,40±3,33	27,58±0,85	28,44±1,31	28,01±1,15	28,39±1,94	29,02±3,07	28,71±2,53
20,5	32,84±1,68	33,15±2,87	33,00±2,25	32,38±1,62	32,77±2,44	32,58±1,99	32,61±1,59	32,96±2,55	32,79±2,09
22,5	38,89±1,52	36,44±1,62	37,67±1,97	37,48±1,03	35,13±4,18	35,91±3,54	38,42±1,48	35,78±3,10	36,91±2,82
			33,36 ^a ±4,25			31,83 ^b ±3,91	32,66±4,35	32,59±3,99	
Efeito linear	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0001
Efeito quadr,	-	-	-	-	-	-	-	-	0,9732

Médias na linha com letras diferentes diferem significativamente ($P < 0,05$), pela análise de variância.

Para a análise de regressão, são apresentados os níveis de significância apenas quando há efeito significativo pela análise de variância ($P < 0,05$).

4.3.3 Peso total de excretas

Os pesos das excretas, em gramas, de acordo com os níveis de fitase, fósforo disponível e proteína bruta estão apresentados na tabela 13.

Houve efeito linear ($P < 0,05$) entre o peso das excretas e os níveis de proteína bruta, ou seja, quanto mais proteína bruta na dieta, mais excretas.

As aves que não receberam suplementação de fitase tiveram uma média de peso de excretas de 70,53g enquanto que as aves que foram suplementadas com fitase (1200 FTU/kg) apresentaram 66,40g. Portanto, a fitase diminuiu a quantidade de material excretado pelas aves, e a não detecção de diferença significativa pode ser devido a maior variação observada para esta variável ($CV = 17,53\%$).

A quantidade de excreta aumentou (não significativo, $P > 0,05$) conforme o aumento dos níveis de proteína bruta e as médias gerais de acordo com estes níveis: 18,5; 20,5 e 22,5%, foram de, respectivamente, 62,27, 69,33 e 74,85g.

Os valores médios de peso de excretas encontrados neste estudo diferem daqueles obtidos por Sistani et al. (2003). Estes autores observaram que o peso total médio de excreta produzido por frangos de corte no período de 21 dias, alimentados com dietas comerciais à base de milho e farelo de soja, é de, aproximadamente, 91g.

As aves que receberam uma dieta com 0,34% de fósforo disponível apresentaram maior quantidade de excretas (não significativo, $P > 0,05$) em relação àquelas que receberam maior nível de fósforo disponível.

Tabela 13 - Peso das excretas, em gramas (média $\pm$ desvio padrão), por níveis de fitase, de fósforo disponível e de proteína bruta de 17 a 21 dias de idade das aves

Níveis de Proteína (%)	Fitase								Média geral por nível de proteína
	0			1200					
	Fósforo		Média	Fósforo		Média	Fósforo		
	0,34	0,45	0 fitase	0,34	0,45	1200 fitase	0,34	0,45	
18,5	74,05±35,46	59,73±8,29	66,89±25,67	57,99±7,20	69,12±9,58	57,65±6,50	66,02±25,80	58,52±7,17	62,27±18,91
20,5	70,86±8,95	57,31±6,39	68,46±7,97	71,29±9,69	75,37±6,76	70,20±9,26	71,07±8,89	67,59±8,07	69,33±8,49
22,5	77,14±14,42	66,07±6,76	76,25±10,77	78,78±12,77	70,08±15,94	72,98±14,78	77,69±13,09	72,72±11,98	74,85±12,41
			70,53±16,75			66,40±12,04	71,04±17,91	66,28±10,83	
Efeito linear	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0036
Efeito quadr,	-	-	-	-	-	-	-	-	0,8276

Médias na linha com letras diferentes diferem significativamente ($P < 0,05$), pela análise de variância.

Para a análise de regressão, são apresentados os níveis de significância apenas quando há efeito significativo pela análise de variância ($P < 0,05$).

4.3.4 Porcentagem de matéria mineral nas excretas

Os valores de porcentagem de matéria mineral (cinzas) nas excretas estão apresentados na tabela 14. Estes dados apresentaram um coeficiente de variação de 4,35%.

A porcentagem de matéria mineral nas excretas não foi influenciada pelos níveis de fitase ou fósforo disponível.

Um efeito linear ($P < 0,05$) foi observado nas médias gerais dos tratamentos de acordo com os níveis de proteína bruta. A porcentagem de matéria mineral diminuiu conforme aumentaram os níveis de proteína bruta da ração. Para os níveis de 18,5; 20,5 e 22,5% de proteína bruta, as porcentagens de matéria mineral foram de, respectivamente, 13,69, 13,05 e 12,74%.

Os dados na literatura à respeito dos teores de matéria mineral nas excretas são escassos. Entretanto, Cowieson et al. (2004), observaram uma redução de minerais no grupo que recebeu ração contendo fitase daquele que não foi suplementado com a enzima.

Tabela 14 - Porcentagem de matéria mineral nas excretas (média $\pm$ desvio padrão), por níveis de fitase, de fósforo disponível e de proteína bruta de 17 a 21 dias de idade das aves

Níveis de Proteína (%)	Fitase								Média geral por nível de proteína
	0			1200					
	Fósforo		Média 0 fitase	Fósforo		Média 1200 fitase	Fósforo		
	0,34	0,45		0,34	0,45		0,34	0,45	
18,5	13,61±0,47	13,59±0,56	12,60±0,49	13,77±0,43	13,81±0,80	13,79±0,61	13,69±0,44	13,70±0,66	13,69±0,55
20,5	13,16±0,78	13,47±0,76	13,31±0,75	12,74±0,23	12,88±0,58	12,81±0,43	12,95±0,59	13,15±0,70	13,05±0,64
22,5	13,00±0,36	12,48±0,43	12,74±0,47	12,45±0,47	12,89±0,50	12,74±0,51	12,82±0,46	12,69±0,49	12,74±0,47
			13,21±0,67			13,15±0,71	13,18±0,63	13,18±0,74	
Efeito linear	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0001
Efeito quadr,	-	-	-	-	-	-	-	-	0,2417

Médias na linha com letras diferentes diferem significativamente ($P < 0,05$), pela análise de variância.

Para a análise de regressão, são apresentados os níveis de significância apenas quando há efeito significativo pela análise de variância ($P < 0,05$).

A suplementação de fitase impediu a redução no consumo de ração com o aumento da proteína bruta da dieta. Com o nível intermediário de proteína bruta na dieta, as aves ganharam mais peso com a suplementação da enzima, embora não tenha havido qualquer efeito sobre a conversão alimentar. A fitase não afetou as porcentagens de cálcio nos ossos, mas impediu que houvesse uma redução na deposição de fósforo com o aumento dos níveis protéicos dietéticos como ocorreu com as aves não suplementadas com a enzima. Também o peso da matéria mineral da tíbia foi maior com o uso da enzima, no maior nível de proteína bruta. Sem o uso da fitase, houve uma redução linear da matéria mineral da tíbia com o aumento da proteína bruta dietética. No tratamento com nível intermediário de proteína bruta na dieta, a suplementação de fitase reduziu a quantidade de fósforo excretado. Independentemente do nível de proteína bruta na dieta, o uso da fitase reduziu a quantidade de proteína bruta excretada.

5 CONCLUSÃO

Houve efeito da enzima fitase sobre o consumo de ração e o ganho de peso. Dos parâmetros ósseos estudados, houve efeito na concentração de fósforo e matéria mineral. Quando foram analisadas as excretas, a enzima fitase apresentou efeito sobre fósforo e proteína bruta excretados.

A atuação da enzima depende do nível de proteína bruta ou fósforo disponível adicionados à dieta, sendo que níveis mais baixos, tanto de fósforo disponível como de proteína bruta, podem ser mais conclusivos na observação da atividade da enzima em disponibilizar estes nutrientes dos ingredientes de uma dieta convencional.

REFERÊNCIAS

- AHMAD, T.; RASOOL, S.; SARWAR, M.; HAQ, A.; HASAN, Z. Effect of microbial phytase produced from a fungus *Aspergillus niger* on bioavailability of phosphorus and calcium in broiler chickens. **Animal Feed Science and Technology**, v. 83, p. 103-114, 2000.
- A.O.A.C.- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTIS. **Official methods of analysis**. 11. ed. Washington, D.C., 1980. 1051 p.
- ARAÚJO, C. S. S.; ARTONI, S. M. B.; ARAÚJO, L. F.; JUNQUEIRA, O. M.; BORGES, S. A. Desempenho, rendimento de carcaça e excreção de cálcio de frangos de corte, no período de 22 a 42 dias de idade, alimentados com diferentes níveis de aminoácidos e cálcio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 31, n. 6, p. 2209-2215, nov/dez, 2002.
- BANKS, K. M.; THOMPSON, K. L.; JAYNES, P.; APPLGATE, T. J. The effects of copper on the efficacy of phytase, growth, and phosphorus retention in broiler chicks. **Poultry Science**, v. 83, p. 1335-1341, abril, 2004.
- BRANDÃO, P. A.; COSTA, F. G. P.; BRANDÃO, J. S.; SILVA, J. H. V. Efeito da adição de fitase em rações de frangos de corte, durante as fases de crescimento e final. **Ciência Agrotécnica**, Lavras, v. 31, n. 2, p. 492-498, mar/abr, 2007.
- BROZ, J.; OLDALE, P.; PERRIN-VOLTZ, A. H. RYCHEN, G.; SCHULZE, J.; NUNES, C. S. Effect of supplemental phytase on performance and phosphorus utilization in broiler chickens fed a low phosphorus diet without addition of inorganic phosphates. **British Poultry Science**, v. 35, p. 273-280, 1994.
- CONTE, A. J.; TEIXEIRA, A. S.; FIALHO, E. T.; SCHOULTEN, N. A.; BERTECHINI, A. G. Efeito da fitase e xilanase sobre o desempenho e as características ósseas de frangos de corte alimentados com dietas contendo farelo de arroz. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 32, n. 5, p. 1147-1156, set/out, 2003.
- COSTA, F. G. P.; BRANDÃO, P. A.; BRANDÃO, J. S.; SILVA, J. H. V. Efeito da enzima fitase nas rações de frangos de corte, durante as fases pré-inicial e inicial. **Ciência Agrotécnica**, Lavras, v. 31, n. 3, p. 865-870, maio/jun., 2007.
- COWIESON, A. J.; ACAMOVIC, T.; BEDFORD, M. R. The effects of phytase and phytic acid on the loss of endogenous amino acids and minerals from broiler chickens. **British Poultry Science**, v. 45, n. 1, p. 101-108, fev, 2004.

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

HALL, L. E.; SHIRLEY, R. B.; BAKALLI, R. I. et al. . Power of two methods for the estimation of boné ash of broilers. **Poultry Science**, v. 82, p.414-418, 2003.

HERNANDES, R.; CAZETTA, J. O. Método simples e acessível para determinar amônia liberada pela cama aviária. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 30, n. 3, p. 824-829, 2001.

JOHNSTON, S. L.; SOUTHERN, L. L. The effect of varying mix uniformity (simulated) of phytase on growth performance, mineral retention, and bone mineralization in chicks. **Poultry Science**, v. 79, p. 1485-1490, 2000.

KASIM, A. B.; EDWARDS JR., H. M. Effect of sources of maize and maize particle sizes on the utilization of phytate phosphorus in broiler chicks. **Animal Feed Science and Technology**, v. 86, p. 15-26, 2000.

KIES, A. K.; VAN HEMERT, K. H. F.; SAUER, W. C. Effect of phytase on protein and amino acid digestibility and energy utilization. **World's Poultry Science Journal**, v. 57, p. 109-126, 2001.

KONERDAY, E. T.; DENBOW, D. M.; YI, Z.; RAVINDRAN, V. Response of broilers to graded levels of microbial phytase added to maize-soybean-meal-based diets containing three levels of non-phytate phosphorus. **British Journal of Nutrition**, v. 75, p. 839-852, 1996.

LANA, S. R. V.; OLIVEIRA, R. F. M.; DONZELE, J. L. Níveis de lisina digestível em rações para frangos de corte de 22 a 42 dias de idade, mantidos em ambiente de termoneutralidade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, n. 5, p. 1624-1632, 2005.

LAURENTIZ, A. C.; JUNQUEIRA, O. M.; FILARDI, R. S. ASSUENA, V.; CASARTELLI, E. M.; COSTA, R. Efeito da adição da enzima fitase em rações para frangos de corte com redução dos níveis de fósforo nas diferentes fases de criação. **Ciência Animal Brasileira**, v. 8, n. 2, p. 207-216, 2007.

LEANDRO, N. S. M.; CAFE, M. B.; STRINGHINI, J. H. Plano nutricional com diferentes níveis de proteína bruta e energia metabolizável na ração para frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, n. 3, p. 660-631, 2003.

LUDKE, M. C. M. M.; LÓPEZ, J.; LUDKE, J. V. Fitase em dietas para suínos em crescimento: (I) impacto ambiental. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 32, n. 1, p. 186-192, jan/fev, 2002.

NRC-NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirement of poultry**. 9 ed. Washington: National Academy of Sciences, 1994. 156p.

RAVINDRAN, V.; CABAUGH, S.; RAVINDRAN, G.; BRYDEN, W. L. Influence of microbial phytase on apparent ileal amino acid digestibility of feedstuffs for broilers. **Poultry Science**, v. 78, p. 699-706, 1999.

RIBEIRO, A. M. L.; MIRELES, A. J.; KLASING, K. C. Interactions between dietary phosphorus level, phytase supplementation and pelleting on performance and bone parameters of broilers fed high levels of rice bran. **Animal Feed Science and Technology**, v. 103, p. 155-161, 2003.

ROCHA, P. T.; STRINGHINI, J. H.; ANDRADE, M. A. Desempenho de frangos de corte alimentados com rações pré-iniciais contendo diferentes níveis de proteína bruta e energia metabolizável. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, n. 1, p. 162-170, 2003.

ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; DONZELE J. L. **Tabelas brasileiras para aves e suínos**: composição de alimentos e exigências nutricionais. Viçosa(MG): Horácio Rostagno, 2000. 141 p.

RUNHO, R. C.; GOMES, P. C.; ROSTAGNO, H. S. ALBINO, L. F. T.; LOPES, P. S.; POZZA, P. C. Exigências de fósforo disponível para frangos de corte machos e fêmeas de 1 a 21 dias de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, n. 1, p. 187-196, 2001.

SAMPAIO, I. B. M. **Estatística aplicada à experimentação animal**. Belo Horizonte: Fundação de Ensino e Pesquisa em Medicina Veterinária e Zootecnia, 1998.

SAS. STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM. **User's guide**: statistics. Cary: N. C., 1990. (Release 6.04 Edition.)

SEBASTIAN, S.; TOUCHBURN, S. P.; CHAVEZ, E. R.; LAGUE, P. C. Apparent digestibility of protein and amino acids in broiler chickens fed a corn-soybean diet supplemented with microbial phytase. **Poultry Science**, v. 76, p. 1760-1769, 1997.

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

SILVA, Y. L. da.; RODRIGUES, P. B.; FREITAS, R. T. F. de.; BERTECHINI, A. G.; FIALHO, E. T.; FASSANI, E. J.; PEREIRA, C. R. Redução de proteína e fósforo em rações com fitase para frangos de corte no período de 1 a 21 dias de idade. Desempenho e teores de minerais na cama. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 35, n. 3, p. 840-848, maio/jun, 2006.

SILVERSIDES, F. G.; SCOTT, T. A.; BEDFORD, M. R. The effect of phytase and level on nutrient extraction by broilers. **Poultry Science**, v. 83, p. 985-989, jan, 2004.

SIMONS, P. C. M.; VERTEEGH, 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**, v. 64, p. 525-540, 1990.

SISTANI, K. R.; BRINK, G. E.; MCGOWEN, S. L.; ROWE, D. E.; OLDHAM, J. L. Characterization of broiler cake and broiler litter, the by-products of two management practices. **Bioresource Technology**, v. 90, p. 27-32, 2003.

SNOW, J. L.; BAKER, D. H.; PARSONS, C. M. Phytase, citric acid, and 1 α -Hydroxycholecalciferol improve phytate phosphorus utilization in chicks fed a corn-soybean meal diet. **Poultry Science**, v. 83, p. 1187-1192, fev, 2004.

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

TEJEDOR, A. A.; ALBINO, L. F. T.; ROSTAGNO, H. S.; LIMA, C. A. R.; VIEITES, F. M. Efeito da adição de enzimas em dietas de frangos de corte à base de milho e farelo de soja sobre a digestibilidade ileal de nutrientes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 30, n. 3, p. 809-816, maio/jun, 2001a.

TEJEDOR, A. A.; ALBINO, L. F. T.; ROSTAGNO, H. S.; VIEITES, F. M. Efeito da adição da enzima fitase sobre o desempenho e a digestibilidade ileal de nutrientes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 30, n. 3, p. 802-808, maio/jun, 2001b.

TOLEDO, G. S.; LÓPEZ, J.; COSTA, P. T.; SOUZA, H. Aplicação dos conceitos de proteína bruta e proteína ideal sobre o desempenho de frangos de corte machos e fêmeas criados no inverno. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 6, p. 1927-1931, nov/dez, 2004.

WALDENSTEDT, L. Nutritional factors of importance for optimal leg health in broilers: A review. **Animal Feed Science and Technology**, v. 126, p. 291-307, 2006.

YI, Z.; KONERGAY, E. T.; RAVINDRAN, V.; DENBOW, D. M. Improving phytase phosphorus availability in corn and soybean meal for broiler using microbial phytase and calculating of phosphorus equivalency values for phytase. **Poultry Science**, v. 75, p. 240-249, 1996.

YI-FENG, G.; HE-RONG, L.; JIN-FU, W.; HONG-YAN, L. Effect of wheat middlings, microbial phytase, and citric acid on phytate-phosphorus, calcium, and protein utilization of broilers. **Agricultural Sciences in China**, v. 5, n. 4, p. 318-322, 2006.

YU, B.; JAN, Y. C.; CHUNG, T.K.; LEE, T. T.; CHIOU, P. W. S. Exogenous phytase activity in the gastrointestinal tract of broiler chickens. **Animal Feed Science and Technology**, v. 117, p. 295-303, 2004.

ZANINI, S. F.; SAZZAD, M. F. Efeito da adição de fitase em dietas com dois níveis de energia metabolizável para pintos de corte. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 50, n. 5, p. 611-618, out, 1998.

ZHANG, Z. B.; KORNEGAY, E. T.; RADCLIFFE, J. S. DENBOW, D. M.; VEIT, H. P.; LARSEN, C. T. Comparison of genetically engineered microbial and plant phytase for young broilers. **Poultry Science**, v. 79, p. 709-717, nov, 2002.

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**, v. 89, p. 113-118, 2001.

ZYLA, K.; MIKA, M.; STODOLAK, B.; WIKIERA, A.; KORELESKI, J.; SWIATKIEWICZ, S. Towards complete desphosphorylation and total conversion of phytates in poultry feeds. **Poultry Science**, v. 83, p. 1175-1186, fev, 2004.