

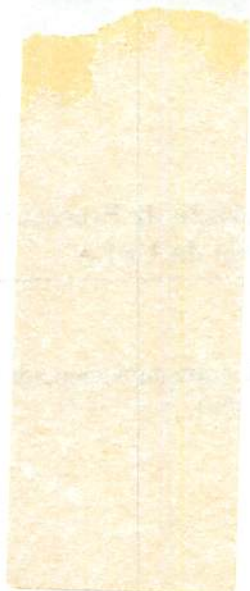
**NÍVEIS DE CÁLCIO EM DIETAS PARA
FRANGOS DE CORTE SUPLEMENTADAS
COM FITASE**

NEUDI ARTEMIO SCHOULTEN

2001

NEUDI ARTEMIO SCHOULTEN

**NÍVEIS DE CÁLCIO EM DIETAS PARA FRANGOS DE CORTE
SUPLEMENTADAS COM FITASE**



Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Zootecnia, com concentração em Nutrição de monogástricos.

Orientador

Prof. Antônio Soares Teixeira

LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL
2001

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

Schoulten, Neudi Artemio

Níveis de cálcio em dietas para frangos de corte suplementadas com fitase /
Neudi Artemio Schoulten. -- Lavras : UFLA, 2001.

79 p. : il.

Orientador: Antonio Soares Teixeira.

Dissertação (Mestrado) – UFLA.

Bibliografia.

1. Frango de corte. 2. Cálcio. 3. Fitase. 4. Fósforo. 5. Exigência nutricional. 6.
Minerais. 7. Absorção. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD-636.5085

-636.513

NEUDI ARTEMIO SCHOULTEN

**NÍVEIS DE CÁLCIO EM DIETAS PARA FRANGOS DE CORTE
SUPLEMENTADAS COM FITASE**

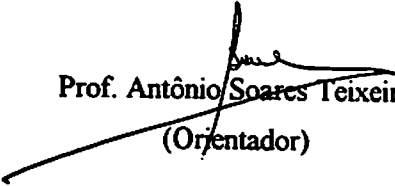
Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Zootecnia, com concentração em Nutrição de monogástricos.

APROVADA em 01 de março de 2001

Prof. Antônio Gilberto Bertechini - UFLA

Prof. Rilke Tadeu Fonseca de Freitas - UFLA

Prof. Elias Tadeu Fialho - UFLA


Prof. Antônio Soares Teixeira
(Orientador)

**LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL**

A Deus,

Por sempre iluminar o meu caminho;

E a todos que se dedicam ao estudo dos animais,

OFEREÇO

Aos meus pais, Zeno e Loni;

À minha esposa Durcelina Márcia;

Aos meus filhos Neudi Junior e Felipe;

A todos os familiares e amigos

Pelo apoio e compreensão durante esta tarefa.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Lavras pela oportunidade de realização do curso.

À Escola Agrotécnica Federal de Rio do Sul (SC), em especial ao Diretor Geral, Prof. Paulo Antonio de Souza, e ao Prof. Genuíno Negri, diretor da EAFRS/UNED/DV, pela amizade, apoio e oportunidade de realização do curso.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudo.

Ao orientador, Prof. Antônio Soares Teixeira, pela orientação, amizade, apoio e ensinamentos na realização deste trabalho.

Ao comitê orientador, professores Antônio Gilberto Bertechini, Rilke Tadeu Fonseca de Freitas pela orientação, sugestões e ensinamentos para realização deste trabalho.

À minha esposa Durcelina Márcia, meus filhos Neudi Junior e Felipe pela compreensão, paciência e presença em todos os momentos na realização deste trabalho.

Aos colegas professores e servidores da Escola Agrotécnica Federal de Rio do Sul, pelo apoio e incentivo.

Aos professores do Departamento de Zootecnia da UFLA pelos ensinamentos.

À Escola Agrotécnica Federal de Cuiabá-MT, em especial ao Diretor Geral Prof. Dimorvam Alencar Brescancim, pelo apoio para realização do experimento, e ao Prof. Ademir José Conte, pela colaboração, amizade, paciência e valiosos ensinamentos na realização deste trabalho.

À empresa BASF, especialmente ao Dr. Maciel Ricci, pela doação da enzima NATUPHOS 5000 para realização deste trabalho.

Aos funcionários do Departamento de Zootecnia da UFLA e do Laboratório de Pesquisa Animal, pela amizade e prestimosa colaboração na execução deste trabalho.

Aos funcionários da Biblioteca Central pelo auxílio e colaboração.

Aos colegas do curso pela amizade e convívio diário.

BIOGRAFIA

NEUDI ARTEMIO SCHOULTEN, filho de Zeno Schoulten e Loni Schoulten, nasceu em 15 de janeiro de 1964, em Arabutã (SC).

Cursou o primeiro grau na Escola Básica Prof. Ivonete Ribeiro, em Arabutã.

Formou-se Técnico em Agropecuária pela Escola Agrotécnica Federal de Concórdia (SC), em Dezembro de 1981.

Graduou-se em Licenciatura em Ciências Agrícolas pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (RJ), em janeiro de 1986.

Ingressou na Escola Agrotécnica Federal de Cuiabá (MT), em abril de 1986, como professor de ensino de 1º e 2º graus; em maio de 1995 transferiu-se para a Escola Agrotécnica Federal de Rio do Sul (SC). Em janeiro de 1997 foi lotado na Unidade de Ensino Descentralizada de Dois Vizinhos (PR), da Escola Agrotécnica Federal de Rio do Sul.

Em maio de 1999 iniciou seus estudos de Mestrado em Zootecnia, na Universidade Federal de Lavras, concluindo o curso em 01 de março de 2001.

SUMÁRIO

RESUMO.....	ix
ABSTRACT.....	xi
1 Introdução.....	1
2 Referencial teórico.....	3
2.1 Cálcio e seus efeitos sobre a ação da fitase.....	3
2.2 Efeito do cálcio no metabolismo do P, Zn, Mn e Mg.....	4
2.3 Fósforo na ração para aves.....	9
2.4 Fitase.....	15
2.4.1 Fitase na nutrição de aves.....	16
3 Material e métodos.....	25
3.1 Local e época de realização do experimento.....	25
3.2 Aves, instalações, equipamentos e manejo.....	25
3.3 Tratamentos e rações experimentais.....	26
3.4 Delineamento experimental e análises estatísticas.....	30
3.5. Medidas de resultados.....	31
3.5.1 Consumo de ração, ganho de peso e conversão alimentar.....	31
3.5.2 Cinzas, Ca, P, Zn, Mn, Mg, matéria seca e N das excretas.....	31
3.5.3 Cinzas, cálcio, fósforo, zinco, manganês e magnésio nas tíbias.....	32
4 Resultados e discussão.....	34
4.1 Ganho de peso, consumo de ração e conversão alimentar.....	35
4.2 Digestibilidade da matéria seca da ração e retenção de N.....	40
4.3 Absorção de cálcio, fósforo, zinco, manganês e magnésio.....	44
4.4 Cinzas, cálcio, fósforo, zinco, manganês e magnésio nas tíbias.....	53
4.5 Exigência de cálcio para frangos em rações com fitase.....	61
5 Conclusões.....	64
Referências bibliográficas.....	65
ANEXOS.....	75

RESUMO

SCHOULTEN, Neudi Artemio. Níveis de cálcio em dietas para frangos de corte suplementadas com fitase. Lavras: UFLA, 2001. 79 p. (Dissertação – Mestrado em nutrição)*

Com o objetivo de avaliar a exigência de cálcio para frangos de corte de 1 a 21 dias de idade, alimentados com ração contendo baixo teor de fósforo total e fitase, foi conduzido um experimento com 600 pintos de um dia, Hubbard-MPK, distribuídos em um delineamento inteiramente casualizado, em arranjo fatorial 5 x 2 (níveis de cálcio da dieta x sexos), com 3 repetições de 20 aves por parcela experimental. A ração basal foi balanceada para atender as exigências nutricionais das aves conforme o NRC (1994), exceto para o cálcio, cujos níveis foram 0,46; 0,67; 0,88; 1,09 e 1,30%. Sete dias antes do término do experimento, duas aves de cada parcela foram transferidas para gaiolas adaptadas para coleta de excretas e, ao final, duas aves por parcela foram abatidas para avaliação do conteúdo de minerais nas tíbias. O ganho de peso e o consumo de ração foram superiores para os machos, sendo que o ganho de peso apresentou redução linear com a elevação do nível de cálcio na ração. A digestibilidade da matéria seca foi melhor com 0,67% de cálcio na ração e a maior retenção de nitrogênio foi obtida com 0,71% de cálcio. A absorção de cálcio foi reduzida conforme se elevou o nível de cálcio da ração. Os machos absorveram mais fósforo do que as fêmeas e 0,88% de cálcio na ração propiciou a maior absorção de fósforo. A absorção de zinco foi maior com 0,80% de cálcio na ração. A elevação do nível de cálcio na ração propiciou uma redução linear na absorção de manganês. O teor de cinzas das tíbias foi maior nas fêmeas e o maior teor de cinzas nas tíbias foi obtido com 0,55% de cálcio na ração. O teor de cálcio nas tíbias das fêmeas foi superior e 0,59% de cálcio na ração proporcionou o maior teor cálcio nas tíbias. O teor mais alto de fósforo nas tíbias foi obtido com 0,75% de cálcio na ração. O teor de manganês nas tíbias reduziu-se de forma linear com a elevação do nível de cálcio na ração. Conclui-se que,

* Comitê Orientador: Professores da UFLA - Antônio Soares Teixeira - (Orientador), Antônio Gilberto Bertechini e Rilke Tadeu Fonseca de Freitas.

em frangos submetidos à ração com baixo teor de fósforo total e fitase, na fase de 1 a 21 dias de idade, a elevação dos teores de cálcio da ração afeta negativamente o ganho de peso, reduz a absorção de cálcio, fósforo, zinco e manganês e prejudica a deposição fósforo e manganês nas tibias das aves. A exigência nutricional de cálcio, para proporcionar o máximo ganho de peso, é inferior à exigência para proporcionar uma adequada mineralização óssea. Considerando a exigência média de cálcio estimada para as diferentes variáveis analisadas e as respostas biológicas das aves, sugere-se 0,62% de cálcio na ração suplementada com fitase para esta fase.

ABSTRACT

SCHOULTEN, Neudi Artemio. **Levels of calcium in broiler chicken diets supplemented with phytase.** Lavras: UFLA, 2001. 79 p. (Dissertation - Animal Nutrition)*

With the objective of evaluating the requirement of calcium for broiler chickens from 1 to 21 days old, an experiment was conducted with 600 Hubbard -MPK one-day chicks, distributed in a complete randomized design, in a factorial arrangement 5 x 2 (levels of calcium of the diet x sexe), with 3 replicates of 20 birds per experimental plot. The basal ration was balanced to meet the nutritional requirements of the birds according to NRC (1994), except for calcium, whose levels were 0.46; 0.67; 0.88; 1.09 and 1.30%. Seven days before the end of the experiment, two birds of each treatment were transferred to cages adapted for collection of the excreta and at the end; two birds per replicate were slaughtered, for evaluation of the mineral content in the tibias. Weight gain and feed intake were higher for the males, and weight gain showed a linear reduction as the level of calcium in the ration was increased. The digestibility of dry matter was better with 0.67% of calcium in the ration and the highest retention of nitrogen was obtained with 0.71% of calcium. Calcium uptake was reduced as the level of calcium of the ration was increased. The males absorbed more phosphorus than the females and 0.88% of calcium in the ration propitiated the highest phosphorus absorption. Zinc uptake was larger with 0.80% of calcium in the ration. The increase of the level of calcium in the ration shown a linear reduction in manganese uptake. Ash content of the tibias was higher in the females and the largest level of ashes in the tibias was obtained with 0.55% of calcium in the ration. The content of calcium in the females' tibias was higher and 0.59% of calcium in the ration provided the largest calcium content in the tibias. The highest phosphorus content in the tibias was obtained with 0.75% of calcium in the ration. Manganese content in the tibias was linearly reduced with increasing level of calcium in the ration. In conclusion broiler chickens

* Guidance Committee: Professors of the UFLA - Antônio Soares Teixeira (Major Professor), Antônio Gilberto Bertechini and Rilke Tadeu Fonseca de Freitas.

submitted to low total phosphorus and phytase-supplemented ration in the phase of 1 to 21 days of age, the increase of the calcium levels of the ration shown negative effects on performance, reduces the uptake of calcium, phosphorus, zinc and manganese and impairs phosphorus and manganese deposition into the birds' tibias. The nutritional requirement of calcium to provide the maximum weight gain is lower than the requirement to provide appropriate bone mineralization. Considering the average requirement for calcium estimated for the different variables analyzed and birds' biological responses; 0.62% of calcium in the phytase-supplemented ration should be recommended for broiler chickens from 1 to 21 days old.

1 INTRODUÇÃO

Um dos componentes que mais onera o custo de produção de frangos de corte nos sistemas de criação intensiva é a ração, que representa em torno de 70% nos custos de produção. As fontes de energia e proteínas são os ingredientes mais onerosos, seguidos pelo fósforo, que é o ingrediente de origem mineral mais caro e representa de 2 a 3% do custo total da ração.

A ração de frangos de corte é baseada em alimentos de origem vegetal, que apresentam de 45 a 75% do seu fósforo complexados na molécula de fitato, impedindo a sua utilização pelos animais monogástricos. As aves não sintetizam a enzima fitase em quantidades suficientes para hidrolisar este complexo.

A molécula de fitato, além do fósforo, contém em sua constituição outros minerais, mono e divalentes, como o cálcio, zinco, cobre, ferro, potássio, magnésio e manganês. Em virtude dessa complexação, estes minerais, indispensáveis para os animais monogástricos, não podem ser absorvidos sem o uso de enzimas exógenas para hidrolisar o complexo.

Assim, o fitato é um fator antinutricional de grande importância, presente nos alimentos de origem vegetal utilizados nas rações avícolas, pois afeta diretamente a disponibilidade do fósforo e cálcio, além de outros minerais e, possivelmente, nutrientes como os aminoácidos. Este fator antinutricional, além de elevar sensivelmente o custo das rações, aumenta a concentração daqueles minerais nas fezes, causando poluição ambiental e contaminação do solo e das águas subterrâneas.

Na busca de melhores índices de produtividade e da redução dos custos de produção, o uso de enzimas exógenas na avicultura vem sendo exaustivamente pesquisado nos últimos anos e tem se mostrado uma alternativa bastante promissora. Já está comprovado que a adição de enzimas às rações

permite o uso de alimentos alternativos de custo menor e melhora o aproveitamento dos nutrientes de alimentos convencionais.

A fitase é comprovadamente uma das enzimas exógenas que possibilita a formulação de rações com menores inclusões de fósforo inorgânico. Os efeitos dos níveis de fósforo total na ração para aves, quando se usa a fitase, já são bastante conhecidos, porém o mesmo não ocorre com os níveis de outros minerais, principalmente do cálcio. Na literatura encontram-se poucos trabalhos que procuraram estabelecer os níveis adequados de cálcio na ração quando se utiliza a fitase e, especificamente no Brasil, não encontramos nenhum trabalho neste sentido.

Para aproveitar os benefícios que o uso da fitase pode trazer para a avicultura, torna-se necessária a revisão dos níveis de inclusão de nutrientes que são sabidamente afetados com o uso da fitase; entre eles, um de grande importância é o cálcio.

Os objetivos do presente trabalho foram:

- 1) Avaliação da exigência de cálcio para frangos de corte, alimentados com rações contendo baixo teor de fósforo total e suplementada com fitase;
- 2) Verificar os efeitos dos níveis de cálcio em rações contendo fitase sobre a absorção de cálcio, fósforo, zinco, manganês e magnésio, e sobre o conteúdo de cinzas, cálcio, fósforo, zinco, manganês e magnésio nas tibias das aves;
- 3) Avaliar os efeitos dos níveis de cálcio da ração contendo fitase sobre a digestibilidade da matéria seca e retenção de nitrogênio.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Cálcio e seus efeitos sobre a ação da fitase

As principais fontes de cálcio para as aves são as farinhas de peixe, carne e ossos e/ou suplementos minerais, que participam com 80 a 85% do cálcio na ração. Grãos e subprodutos de sementes oleaginosas suprem o restante (Shafey, 1993).

A elevação da proporção de cálcio para fósforo em uma ração tem demonstrado reduzir significativamente o desempenho de frangos de corte arraçoados com uma ração de milho e soja, mesmo com suplementação de fitase. Estes dados mostram que os níveis de ambos os minerais precisam ser reduzidos quando a fitase for empregada durante a formulação, para que não ocorra uma redução acentuada do efeito da fitase (Leeson, 1999).

Segundo Lantzasch, citado por McKnight (1997), níveis de cálcio acima de 0,70% em pH 6,0 permitem a reação do cálcio e ácido fítico, formando o fitato de cálcio, o qual precipita e não pode ser atacado pela fitase. Assim, para o desarranjo máximo do fitato, é necessário manter os níveis de fósforo e cálcio inorgânicos nos limites mínimos necessários na dieta.

O cálcio parece ser o fator chave influenciando a atividade da fitase na mucosa intestinal de frangos (Wise, 1983). Cálcio acima da necessidade se liga ao fitato formando complexos insolúveis, inacessíveis à fitase, e o provável efeito mais importante é a repressão direta da atividade da fitase, pela competição do cálcio pelos sítios ativos da enzima (Wise, 1983).

Tanto o nível de cálcio como o de fósforo na ração para frangos influenciam a utilização do fósforo fítico (Edwards Jr. e Veltmann, 1983; Ballam, Nelson e Kirby, 1984). Aves consumindo rações com baixos níveis de

CL
fósforo e cálcio inorgânico possuem maior capacidade para hidrolisar o fitato do que aquelas que recebem níveis altos (Denbow et al., 1995). Qian, Kornegay e Denbow (1997), em experimento com frangos de corte de 1 a 21 dias de idade, mostraram que a relação cálcio/fósforo da ração influencia a atividade da fitase, que se reduz com a elevação do nível de cálcio da ração. Em rações práticas para frangos de corte, suplementadas com fitase, a relação cálcio/fósforo parece mais crítica do que a quantidade de cálcio ou fósforo sozinhos (Qian, Kornegay e Denbow, 1997).

Segundo Sebastian et al. (1997), nível normal de cálcio e baixo fósforo, em rações de frangos suplementadas com fitase, reduz o ganho de peso comparado à ração com fósforo e cálcio normal. Já com 0,6% de cálcio na ração com fitase os resultados foram similares aos da ração com cálcio e fósforo normal. A digestibilidade de aminoácidos foi melhor para a ração com 0,35% de fósforo disponível, 0,6% de cálcio e suplementada com 600 FTU/kg de ração.

Segundo Edwards Jr. e Veltmann (1983), Ballam, Nelson e Kirby (1984), Michell e Edwards Jr. (1996b), níveis elevados de cálcio e fósforo afetam negativamente a utilização do fósforo fitico, em rações suplementadas com fitase.

Sebastian et al. (1996b) estudaram três níveis de cálcio na ração (0,60, 1 e 1,25%) suplementada com 600 FTU/kg de ração em frangos de corte de 1 a 21 dias, e concluíram que 0,66% de cálcio na ração promoveu ótimo desempenho.

2.2 Efeito do cálcio no metabolismo do fósforo, zinco, manganês e magnésio

O suprimento adequado de cálcio em uma ração, para suportar a máxima taxa de crescimento, foi documentado primeiramente na década de 30 por Sherman e Campbel (1936). Estudos como os de Simco e Stepherson (1961) não encontraram efeito no crescimento de aves alimentadas com rações com cálcio

entre 0,5 e 1%. Gardiner (1971) observou redução na taxa de crescimento em pintinhos de corte machos, alimentados com rações com 0,4% de cálcio. Em estudo com aves, Shafey, McDonald e Pim (1990) observaram um aumento na taxa de crescimento quando o nível de cálcio na ração foi elevado a 1% e uma depressão no crescimento quando o nível de cálcio na ração foi aumentado além de 2%.

Após a alimentação de frangos com ração com alto nível de cálcio (acima de 1,53%), 70 a 92% do cálcio do conteúdo gastrintestinal estavam na forma insolúvel (Shafey, McDonald e Dingle, 1991). Os autores também notaram que a alta concentração de cálcio na ração eleva o pH no conteúdo do papo e íleo, mas não influencia o pH dos demais segmentos do trato gastrintestinal de frangos. A solubilidade dos minerais diminui e o tamanho dos complexos minerais solúveis aumenta conforme a digesta se move do duodeno e jejuno para o íleo. A centrifugação do conteúdo do trato gastrintestinal mostrou que a maior parte (70 a 92%) do cálcio, ferro, magnésio e zinco estava na forma insolúvel. Shafey, McDonald e Dingle (1991) sugerem que a elevação do pH intestinal, em função da elevação do nível de cálcio da ração, reduz a fração solúvel de minerais da ração, reduzindo a sua disponibilidade para a absorção.

Certamente, minerais associados com complexos pequenos têm maior chance de ser absorvidos, pois apresentam uma superfície de contato maior para a troca de minerais. A depressão do ganho de peso de frangos alimentados com alto nível de cálcio pode, parcialmente, ser causada pela redução na disponibilidade de minerais (Shafey, McDonald e Dingle, 1991).

Devido ao mecanismo pelo qual os hormônios PTH, calcitonina e $1,25-(OH)_2D_3$ interagem para a regulação do cálcio plasmático, envolvendo osso, rins e intestinos em operação simultânea, cálcio plasmático não é um índice fidedigno da deficiência de cálcio (Hurwitz, citado por Shafey, 1993).

Conforme o NRC (1994), a exigência de cálcio para frangos é de 1% de 1 a 21 dias e 0,90% de 22 a 42 dias, para rações com 3200 kcal/kg. Porém, Karunajeewa (1976) concluiu que 0,60% de cálcio e 0,57% de fósforo, respectivamente, são suficientes para a adequada taxa de crescimento e formação óssea, quando os minerais estão presentes em formas altamente disponíveis.

Para Hurwitz et al. (1995), a determinação adequada das exigências de cálcio pode ser obtida a partir dos dados de ganho de peso e cinzas no osso, por modelos de regressão quadrática ou Linear Response Plateau (LRP) e observaram que pintinhos apresentaram um evidente retardamento no crescimento com 0,4% de cálcio na ração. A indução de hipercalcemia e hipofosfatemia ocorre quando o cálcio na ração é elevado de 1,1 a 2,25%. Este efeito se reduz com a elevação do fósforo na ração de 0,69 a 1,2%. O aumento de fósforo na ração resulta na mudança da curva de ganho de peso e cinza no osso, causando um aumento na exigência de cálcio na ração. Este trabalho indica claramente que o metabolismo do cálcio e fósforo está estreitamente inter-relacionado. Níveis de cálcio na ração acima das exigências nutricionais elevam as exigências de fósforo e vice-versa.

A literatura mostrando a redução de desempenho de frangos submetidos a níveis elevados de cálcio na ração é bastante vasta. Em revisão feita por Shafey (1993), são citados trabalhos como o de Davis, McDonald e Solvyns, e Kondos e McClymont, que encontraram depressão no ganho de peso em rações com 1,3 a 1,4% de Cálcio; Johnson e Karunajeewa, que acharam redução no ganho de peso com rações contendo 1,7% de cálcio; e Bryden e Balnave, que observaram redução no ganho de peso e eficiência alimentar quando a ração continha 2,6% de cálcio. Porém existe uma grande discrepância quanto à tolerância máxima do nível de cálcio, nos trabalhos acima citados. Em contraste, nesta mesma revisão, Shafey (1993) cita autores como Connor e Neil, Roglar e

Parker, que não acharam depressão no crescimento das aves, com níveis de cálcio de 1,70% e 1,68%, respectivamente. Hussein, Cantor e Johnson (1986) não verificaram diminuição no ganho de peso com 1,80% de cálcio na ração. Também é citado o trabalho de Shafey relatando que ração com 2,12% de cálcio não causou efeito significativo no ganho de peso e eficiência alimentar. Da mesma forma, Smith e Kabaija (1985) relatam que ração com 3% de cálcio não causou efeito significativo no ganho de peso e eficiência alimentar.

Shafey, McDonald e Dingle (1991) observaram que níveis elevados de cálcio na ração elevam a proporção de zinco solúvel complexado com moléculas de peso molecular elevado e reduzem a proporção complexada a moléculas de baixo peso molecular. Morrison e Sarrett (1958) e Roberson e Schaible (1960) relataram que o excesso de cálcio na ração pode elevar a exigência de zinco dietético.

Qian, Kornegay e Denbow (1997), em experimento com frangos de corte de 1 a 21 dias de idade, alimentados à base de milho e farelo de soja com 0,51% de fósforo total, suplementados com 600 FTU/kg e 66 µg de vitamina D, verificaram redução na absorção do cálcio à medida que elevaram o nível de cálcio da ração de 0,56 para 1,02%.

Os níveis de cálcio e fósforo da ração afetam as exigências de manganês. Um total de 64% de pintinhos alimentados com uma ração com 3,2% de cálcio, 1,6% de fósforo e 37 ppm de manganês desenvolveram perose, porém não foi observada a perose quando a ração foi suplementada com uma pequena quantidade de manganês, mas somente com 1,20% de cálcio e 0,90% de fósforo (Schaible et al. citado por McDowell, 1992).

Níveis elevados de cálcio e fósforo afetam adversamente a absorção de magnésio. O magnésio e o cálcio competem pelos mesmos sítios de absorção ao longo do intestino delgado (Alcock e MacIntyre, citados por McDowell, 1992).

Após a alimentação de frangos com ração com alto nível de cálcio (acima de 1,53%), 70 a 92% do magnésio do conteúdo gastrintestinal estavam na forma insolúvel (Shafey, McDonald e Dingle, 1991). Estes autores também relatam que a elevação do nível de cálcio na ração reduz a fração de magnésio solúvel complexado com moléculas de baixo peso molecular e eleva a porção complexada com moléculas grandes. Nugara e Edwards (1963) relatam que alto nível de cálcio na ração eleva a exigência de magnésio para o máximo ganho de peso.

Sebastian et al. (1996b) estudaram o efeito de três níveis de cálcio na ração (0,60, 1 e 1,25%) suplementada com 600 FTU/kg, em frangos de corte de 1 a 21 dias. Observaram que a retenção de fósforo foi maior com 1% de cálcio, em comparação a 0,60 e 1,25% de cálcio. A retenção de cálcio diminuiu com a elevação do nível de cálcio e a absorção de nitrogênio e magnésio aumentou com a elevação do nível de cálcio. O efeito do nível de cálcio somente foi significativo para a absorção do cálcio.

A mineralização óssea de frangos de corte de 1 a 21 dias de idade, submetidos à ração à base de milho e farelo de soja, com 0,51% de fósforo total, suplementada com 66 µg de vitamina D e 600 FTU/kg de ração, foi afetada pelos níveis de cálcio da ração com resposta quadrática, com redução dos teores de cinza dos ossos à medida que o nível de cálcio foi elevado de 0,56 para 1,02% (Qian, Kornegay e Denbow, 1997).

OK Normalmente, os nutricionistas não se preocupam com o excesso de cálcio na ração devido à baixa toxicidade e ao baixo custo que o mesmo representa. No entanto, trabalhos de pesquisa mostram que o desempenho de frangos de corte é adversamente afetado pelo excesso de cálcio na ração, que provoca um desequilíbrio com outros minerais da ração, principalmente o fósforo, elevando a sua exigência.

Tendo em vista que a grande maioria dos trabalhos é feita somente para fase inicial, Michell e Edwards Jr. (1996b) afirmam que mais estudos necessitam ser conduzidos para aves com idade acima de 21 dias para avaliar se os efeitos da fitase e níveis de cálcio na ração podem ser generalizados para todas as idades.

2.3 Fósforo na ração para aves

Na criação comercial de aves, o fósforo é o suplemento mineral mais dispendioso da ração. Adicionalmente, suplementação acima das necessidades resulta em excreção de níveis elevados, poluindo fluxos de água e rios. Por essas razões, em muitos países existem, atualmente, sérias preocupações a respeito da presença do fósforo nas excretas e do impacto que isto causa no ambiente.

Os frangos de corte obtêm o fósforo necessário a partir dos alimentos que consomem e de compostos inorgânicos de origem geológica ou industrial, que são adicionados às rações para completar a exigência. As fontes de fósforo inorgânico para a alimentação animal são os ortofosfatos produzidos pela indústria química a partir do ácido ortofosfórico. Uma das fontes mais empregadas para a suplementação das rações para animais é o fosfato bicálcio, que tem um custo elevado, 2,5 a 3% do custo total de uma ração (Borges, 1997). A suplementação de fósforo representa o terceiro maior custo nas rações de frangos, ficando atrás apenas da proteína e energia (Teichmann, López e López, 1998).

A biodisponibilidade relativa do monoamônio fosfato, em relação ao fósforo do fosfato bicálcio comercial, para frangos de corte de 1 a 21 dias de idade, segundo Gomes (1993), é de 80,77%.

Borges et al. (1997) concluíram que fosfato bicálcio, monoamônio e diamônio fosfato e farinha de osso calcinada são fontes adequadas de fósforo para frangos de corte.

O melhor critério de resposta para avaliar a disponibilidade biológica de fósforo para frangos é o ganho de peso corporal e a porcentagem de cinzas do osso do dedo do pé, que é tão ou mais sensível que as cinzas do osso da tíbia (Ravindran et al., 1995).

A disponibilidade do fósforo contido nos vegetais depende do teor de ácido fítico presente. Vegetais contêm quantidades variáveis de ácido fítico, variando, portanto, a disponibilidade do fósforo presente, que normalmente é baixa, em média 30% (NRC, 1994). O teor de fósforo fítico pode variar de 45 a 86% do fósforo total do alimento (Rostagno, 1998).

Os animais monogástricos não são capazes de hidrolisar os grupos ortofosfatos da molécula do fitato, pois não possuem a enzima fitase (Peeler, 1972). Assim, considera-se que todo o fósforo ligado à molécula de fitato é indisponível, embora haja citações de que os animais monogástricos e os próprios vegetais produzem pequena quantidade de fitase, e que uma pequena quantidade de fósforo fítico possa ser hidrolisada. No entanto, essa atividade fitásica é muito pequena e limitada, tornando-se insignificante (Nelson, 1967; Simons e Versteegh, 1990).

O ácido fítico ocorre naturalmente em complexos orgânicos de plantas (Sebastian, Touchburn e Chavez, 1998). Constitui a maior parte do fósforo total, por volta de dois terços em ingredientes de origem vegetal (Simons e Versteegh, 1990). Nos grãos está presente fundamentalmente sob a forma de fitatos (Nelson, 1967).

A concentração de fitato varia em função da espécie, idade e estágio de maturação, cultivar, clima, disponibilidade de água, grau de processamento, quantidade de fósforo no solo, o qual a planta absorve e armazena, complexando-o com o inositol para formar o ácido fítico.

Segundo Sebastian, Touchburn e Chavez (1998), a estrutura do hexafosfato de inositol ($C_6H_{18}O_{24}P_6$), proposta por Anderson, e do ácido fítico

quelatado com alguns minerais, proposta por Erdman (Figura 01), são bem aceitas atualmente.

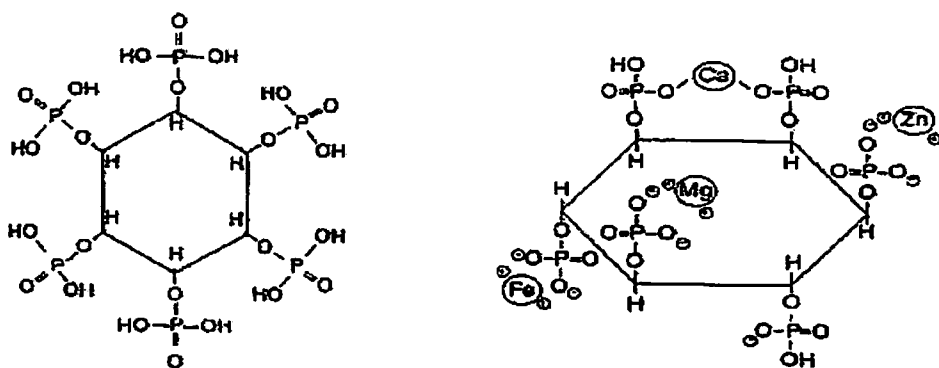


Figura 01. Estrutura do ácido fítico e do ácido fítico quelatado com Zinco, Cálcio, Ferro e Magnésio

O ácido fítico é formado por seis grupos fosfato ligados a uma molécula de seis carbonos com baixo peso molecular. A estrutura do ácido fítico que ocorre naturalmente em muitas sementes foi tópicamente controversa. Com base na estrutura proposta por Anderson, citado por Sebastian, Touchburn e Chavez (1998), o nome sistemático do ácido fítico é mio-inositol-1-2-3-4-5-6-hexa (dihidrogênio fosfato). Em pH neutro, cada grupo fosfato apresenta um ou dois átomos de oxigênio carregados negativamente; conseqüentemente, vários cátions podem ser fortemente quelatados entre dois grupos fosfatos ou fracamente com um grupo fosfato.

O inositol é um hexitol presente em fosfolípidios. Há nove isômeros possíveis de inositol, dos quais um é o mio-inositol, que é o mais importante na natureza. O hexafosfato de inositol, dependendo do complexo formado, pode originar uma grande variedade de compostos. Os sais de ácido fítico são denominados fitato.

A determinação das constantes de dissociação do hexafosfato de inositol demonstrou que, dos seus doze prótons intercambiáveis, seis estão fortemente dissociados em pH fisiológico. Isso demonstrou que o composto apresenta um enorme potencial de complexar proteínas carregadas positivamente e cátions inorgânicos em ampla faixa de pH, tornando os minerais indisponíveis para absorção (Domene, 1996).

O mecanismo pelo qual o fitato afeta a nutrição mineral ainda não está claramente entendido (Sebastian, Touchburn e Chavez, 1998). O cálcio, embora apresente a menor afinidade de fixação ao fitato, sofre grande impacto na sua biodisponibilidade, igual ao do fósforo, o que foi verificado em trabalho de Nelson et al. (1968).

Existem evidências de que algumas fontes de fibra influenciam na utilização do fitato, conforme relato de Ballam, Nelson e Kirby (1984) no entanto, mais pesquisas são necessárias para estabelecer claramente a influência da fibra do alimento na utilização do fósforo fitico. O tratamento da ração por peletização a vapor e extrusão não tem efeito significativo na utilização do fitato natural para pintinhos (Edwards Jr. et al., 1999).

O ácido fitico, quando presente nos alimentos dos animais, reduz a absorção de fósforo, cálcio, zinco, ferro e outros nutrientes. A utilização do fitato depende da espécie, tipo e idade do animal, concentração de fitase, cálcio e fósforo inorgânico na ração, vitamina D₃, ingredientes da ração e processamento dos alimentos (Sebastian, Touchburn e Chavez, 1998). Na ausência de fitato na ração de frangos, a exigência de cálcio é de 0,50%, enquanto esta sobe para 0,95% quando há presença de 1,25% de fitato na ração (Nelson et al., 1968).

Segundo Biehl, Baker e Deluca (1995), Kornegay, Denbow e Yi (1996), o fitato, em seu estado nativo, pode complexar com vários cátions (Ca, Mg, Zn, Mn), proteínas e lipídeos. Também pode complexar com o amido (Thompson e Yoon, 1984). Para Champagne, citado por Baker (1998), o fitato pode fixar

algumas proteínas como as da canola, soja, trigo, mas não com outras, como as de farelo de arroz, germe de milho e algodão.

A molécula de ácido fítico possui seis resíduos de fósforo fítico e estes podem apresentar uma alta afinidade para vários cátions. Um mol de ácido fítico pode ligar de 3 a 6 moles de cálcio. O fitato de cálcio e magnésio é um complexo insolúvel no pH do intestino, tornando indisponíveis, para a ave, tanto o fósforo como o cálcio. Sob certas condições, vários aminoácidos também podem estar ligados ao fitato, formando complexos insolúveis (Leeson, 1999). Os complexos fitato-proteína podem ser formados no intestino após a ingestão (Jongbloed et al., 1997).

Por um lado, o fitato é reconhecido como nutriente devido ao seu conteúdo de fósforo, e por outro lado é considerado tóxico devido à fixação de vários elementos essenciais, reduzindo a sua disponibilidade. O fitato também é conhecido como inibidor de um grande número de enzimas digestivas, como pepsina, α -amilase, e tripsina. Essa inibição pode ser resultante da quelação das enzimas ou dos substratos com os íons de cálcio (Sebastian, Touchburn e Chavez, 1998).

Revisando a literatura, Leske e Coon (1999) notaram uma grande diferença entre os dados de fósforo de origem vegetal disponível para aves. Esta grande diferença foi atribuída a muitos fatores que podem influenciar a disponibilidade do fósforo do fitato, como a fonte de fitato, idade das aves, nível de cálcio na ração e diferenças no protocolo experimental.

O fósforo e o cálcio estão intimamente associados no metabolismo, ocorrendo combinados entre si na maioria das vezes, sendo que a carência de um ou outro limita o valor nutritivo de ambos (Munaro, 1993).

Em rações à base de milho e farelo de soja para frangos, Qian, Kornegay e Denbow (1997) obtiveram os melhores resultados quando a ração foi suplementada com 600 a 900 FTU/kg, relação Ca:P total de 1,1:1 a 1,4 : 1 e 660

μg de vitamina D_3/kg , o que confirma que a nutrição adequada de fósforo depende de três fatores: ingestão suficiente de fósforo e cálcio; proporção racional entre ambos e presença de vitamina D, estando estes fatores inter-relacionados.

A vitamina D_3 é efetiva no aumento da utilização do fósforo fitico por pintos de corte (Edwards Jr. e Veltmann, 1993 e Biehl, Baker e Deluca, 1995). Em rações à base de milho e farelo de soja, há ação sinérgica entre a vitamina D_3 e a fitase, aumentando a habilidade das aves em utilizar o fósforo do fitato. A fitase ou $1,25\text{-(OH)}_2\text{D}_3$, em dose elevada, pode liberar cerca de 0,10% do fósforo dietético, e quando os dois são combinados, a liberação do fósforo da ração é ao redor de 0,20% (Mitchell e Edwards Jr., 1996a e 1996b).

Qian, Kornegay e Denbow (1997), em experimento com frangos de corte de 1 a 21 dias de idade, submetidos à ração à base de milho e farelo de soja com 0,51% de fósforo, suplementada com 600 FTU e 660 μg de vitamina D, observaram uma redução na absorção do fósforo quando elevaram o nível de cálcio de 0,51 para 1,02%. Provavelmente, o principal responsável pela redução do desempenho de frangos de corte, em rações suplementadas com fitase, é a redução na absorção de fósforo e outros minerais, provocada pela redução da atividade da fitase no intestino, em função de uma larga relação cálcio/fósforo.

A exigência de fósforo para aves é expressa em fósforo disponível, considerado pelo NRC (1994) como o fósforo não fitico. Nos alimentos de origem vegetal, a média de fósforo disponível é em torno de 33%. Segundo o NRC (1994), a exigência de fósforo disponível para frangos de corte é de 0,45% até a 3ª semana e de 0,35% da 3ª à 6ª semana, para rações de 3200 kcal/kg. Em trabalho recente, Runho (1998) estimou exigência de fósforo disponível para frangos de corte em 0,45%, tanto para machos como para fêmeas.

2.4 Fitase

As enzimas usadas nas rações avícolas podem melhorar a digestão e absorção de ingredientes convencionais, reduzir os efeitos antinutricionais ou fornecer à ave uma nova capacidade de digerir certos componentes da ração (Leeson, 1999). O uso de enzimas na criação de animais é mais uma tecnologia à disposição dos criadores, na busca da melhoria de resultados econômicos e financeiros.

A estrutura molecular da enzima é bastante frágil e, conseqüentemente, pode ser desnaturada por calor, ácidos, álcalis, metais pesados e outros agentes oxidantes, pressão e proteases (Graham e Inborr, 1993). As enzimas devem ser capazes de suportar as variações de pH ao longo do sistema digestivo do animal. Segundo Chesson (1987), no caso das aves, o baixo pH no proventrículo e da moela, em média 2,7, poderiam levar à inativação da enzima. No entanto, a rápida passagem da digesta nestes compartimentos não chega a provocar a desnaturação enzimática. A enzima exógena também está exposta a uma variedade de enzimas proteolíticas, presentes no proventrículo e intestino delgado das aves.

Mio-inositol hexafosfato fosfotransferase (EC3.1.3.8) é nome sistemático da fitase. A fitase é produzida por muitos fungos, bactérias e leveduras e catalisa a clivagem hidrolítica dos ésteres de ácido fosfórico do inositol, liberando fósforo, que pode, então, ser absorvido pelas aves. Assim, outros minerais e aminoácidos que também estão ligados podem tornar-se disponíveis para absorção. Em escala comercial, a fitase é produzida por microorganismos, principalmente fungos do gênero *Aspergillus* (*Aspergillus niger* e *Aspergillus ficuum*).

A fitase tem sido usada com sucesso nas rações de suínos e aves para liberar parte do fósforo, cálcio e outros minerais complexados na forma de fitato. Também já há vários relatos de pesquisa que mostram que a fitase pode

OK melhorar a digestão de proteínas e carboidratos das dietas, embora os resultados ainda sejam bastante controversos e não conclusivos.

A fitase presente no trato digestivo dos animais pode ser originada de diferentes fontes, como: fitase das secreções do intestino, fitase produzida por microorganismos residentes no trato digestivo, fitase endógena presente no alimento e fitase exógena produzida por microorganismos. Em aves, há controvérsia quanto à capacidade de produção da fitase endógena. Alguns trabalhos citam que as aves possuem pequena capacidade para produzir fitase, já outros não confirmam esta hipótese. Os dados disponíveis sugerem que a presença de fitase endógena nas secreções intestinais de aves não é conclusiva e sua concentração é extremamente baixa, principalmente em aves jovens (Sebastian, Touchburn e Chavez, 1998).

N-D A fitase microbiana é muito mais potente e estável em uma faixa de pH muito maior do que a fitase que ocorre nas plantas, sendo a sua atividade expressa em unidades de fitase (FTU). Segundo Engelen et al. (1994), uma unidade de fitase é definida como sendo a quantidade de enzima que libera 1 μmol de ortofosfato inorgânico por minuto a partir de 5,1 μmol de fitato de sódio em pH 5,5 a 37°C.

N-D Para Campbell e Bedford (1992), pesquisas mostram que rações suplementadas com fitase são uma alternativa ao uso de fontes de fósforo inorgânico em regiões com densas populações e intensiva produção de animais domésticos.

2.4.1 Fitase na nutrição de aves

A adição de fitase nas rações para aves certamente melhora a utilização do fósforo fítico e diminui a quantidade de fósforo e nitrogênio excretado, portanto tem um impacto positivo também no aspecto ambiental. Pesquisas recentes vêm mostrando seu efeito positivo também na disponibilidade de

aminoácidos e energia dos alimentos. Vários trabalhos in vitro documentam que o fitato é capaz de fixar proteínas, inclusive enzimas endógenas e aminoácidos livres. A suplementação com fitase pode reduzir estas propriedades do fitato e acelerar o desdobramento de complexos fitato-proteína.

Nelson et al. (1968) foram os primeiros a adicionar fitase produzida por uma cultura de *Aspergillus ficuum* a uma ração líquida à base de soja. As aves tratadas com esta ração mostraram considerável aumento na porcentagem de cinzas nos ossos. Daí a conclusão de que as aves conseguiram utilizar o fósforo do fitato tão bem quanto o fósforo inorgânico suplementado.

São inúmeros os trabalhos de pesquisa que relatam que a fitase melhora marcadamente a biodisponibilidade do fósforo dos vegetais e o ganho de peso das aves, diminuindo a excreção de fósforo, como os de Nelson et al. (1971), Simons e Versteegh (1990), Perney et al. (1993), Broz et al. (1994), Roberson e Edwards Jr. (1994), Denbow et al. (1995), Biehl, Baker e DeLuca (1995), Kornegay, Denbow e Yi (1996), Sebastian et al. (1996a), Munaro et al. (1996b), Huff et al. (1998) e Leske e Coon (1999).

A eficácia da fitase microbiana é afetada por fatores como a temperatura, pH, umidade e conteúdo de cálcio e fósforo no alimento. O início de sua atividade ocorre no Inglúvio, após a ingestão do alimento, e ainda mantém atividade no fundo do estômago, mesmo em pH abaixo de 3,0. Sua atividade máxima, segundo Jongbloed, Mroz e Kemme (1992), ocorre no estômago e na porção inicial do intestino delgado.

A adição de 600 FTU na ração de frangos de corte aumenta a hidrólise do fitato do milho de 30,80% para 59% e do farelo de soja de 34,90 para 72,40%, e a retenção total de fósforo de 34,80 para 40,90% no milho e de 27 para 58% no farelo de soja (Leske e Coon, 1999).

Em rações para frangos contendo níveis reduzidos de fósforo não fitico e cálcio (0,325% e 0,75%), a adição de 300 a 600 FTU/kg de ração pode prevenir

a deficiência destes minerais (Sohail e Roland, 1999), e aumentar em até 60% a retenção de cálcio e fósforo e diminuir em cerca de 50% a quantidade do fósforo excretado nas fezes (Simons e Versteegh, 1990).

As características histológicas dos ossos de frangos são afetadas pela adição de fitase à ração (Qian et al., 1996). Ração com baixo fósforo não fitico, suplementada com fitase, proporciona desenvolvimento ósseo similar aos obtidos com a ração suplementada com fósforo inorgânico.

A fitase possibilita a formulação de ração com baixo fósforo total, ao redor de 40% do recomendado, quando são incluídos de 10 a 15% de farelo de arroz integral ou desengordurado, conforme foi demonstrado em trabalhos de pesquisa realizados por Munaro et al. (1996a), Munaro et al. (1996c), López, López e Teichmann (1998), Teichmann, López e López (1998) e Conte et al. (1999). Isto se deve ao alto teor de fitato presente no farelo de arroz, matéria prima que tem grande disponibilidade no Brasil.

• Aumentos da utilização dos aminoácidos em rações com fitase foram observados em experimentos conduzidos por Sebastian et al. (1997), Ravindran et al. (1999), Namkung e Leeson (1999). Este efeito, provavelmente, se deve à capacidade do ácido fitico de se ligar a moléculas em um ampla faixa de pH. Em ambiente altamente ácido, como no estômago, os aminoácidos, especialmente lisina, metionina, arginina e histidina, são fixados diretamente ao fósforo do fitato, formando complexos de proteína-fitato praticamente insolúveis. Já em ambiente menos ácido, como no intestino, cátions de minerais com múltiplas ligações (Ca, Mg, Zn, Fe) atuam como ponte entre o fitato e proteína, conduzindo à formação de complexos fitato-mineral-proteína.

• Namkung e Leeson (1999) observaram que a energia metabolizável foi elevada de 2839,7 para 2906,7 Kcal/kg em uma dieta típica de milho e farelo de soja, com 1200 FTU/kg, para frangos.

Sebastian et al. (1996a) afirmam que a fitase não somente reduz a necessidade de fósforo na ração, mas também de outros minerais, indicando que é necessária uma reavaliação das exigências de minerais, em rações para aves, quando suplementadas com fitase.

Variáveis como ganho de peso, consumo de ração, cinzas dos dedos, taxa de retenção aparente de cálcio e fósforo, retenção total de matéria seca, cálcio e fósforo e excreção de fósforo são critérios sensíveis para a determinação da eficiência da fitase (Kornegay, Denbow e Yi, 1996).

Em trabalho de avaliação do efeito da fitase na nutrição de frangos, Ravindran et al. (2000) utilizaram variáveis como energia metabolizável, digestibilidade e retenção de nutrientes, além das variáveis normalmente adotadas, como desempenho e mineralização óssea.

Em poedeiras, a utilização do cálcio e fósforo aumenta em 54% com adição de fitase. Neste aumento, 32% foram associados a outros fatores que não a liberação do fósforo fitico. Estes fatores são desconhecidos, mas é improvável que a hidrólise da molécula de fitato possa fornecer cálcio suficiente, para ser diretamente responsável por este aumento. São necessárias mais pesquisas para identificar os fatores específicos envolvidos no aumento da utilização do cálcio. As evidências foram suficientes para afirmar que rações deficientes em cálcio e suplementadas com fitase mostraram um aumento significativo na utilização do cálcio (Gordon e Roland Sr., 1998).

Ração à base de milho e farelo de soja para pintinhos, com 0,60% de cálcio e suplementada com 600 FTU/kg, proporcionou maior ganho de peso, menor consumo de ração, melhor conversão alimentar e maior teor de cinzas nos ossos (Sebastian et al., 1996b).

Segundo Rodehutseord et al., citados por Piquer (1996), o efeito da fitase é maior em alimentos que apresentam menor atividade fitásica. A digestibilidade do fósforo fitico do milho sem uso de fitase exógena é de 18% , do trigo 62% e

do triticales 52%; com fitase é de 56% para o milho, 74% para o trigo e 67% para o triticales. A atividade fitásica do milho é menor que 100 U/kg, enquanto a do trigo é a do 750 U/kg e no triticales é de 840 U/kg.

Até os primeiros anos da década de 90, poucas pesquisas com o uso da fitase foram desenvolvidas devido à dificuldade de obtenção de grandes quantidades da enzima e o alto custo envolvido na sua produção. Hoje isso não é mais limitante devido ao desenvolvimento da engenharia genética, que resultou em isolamento de microorganismos capazes de produzir grandes quantidades de fitase (Sebastian, Touchburn e Chavez, 1998).

Atualmente, existem dois problemas com a utilização da fitase em rações comerciais, que são o alto custo e a degradação devido, à peletização. Em muitos países ainda é econômico usar fosfatos em vez de fitase, entretanto essa situação pode mudar, no futuro, à medida que os custos da fitase sejam reduzidos, ou quando existirem incentivos econômicos para a redução dos níveis de fósforo nas excretas (Leeson, 1999).

Segundo William (1999), a análise econômica do uso da fitase incorporada à ração ainda apresenta-se desfavorável, pois representa um acréscimo no custo da ração em relação ao preço dos fosfatos adicionados aos alimentos, limitando, assim, a sua utilização. No entanto, segundo o mesmo autor, este quadro pode mudar em breve, pois resultados de pesquisas têm mostrado que a fitase, além de aumentar a disponibilidade de minerais, melhora significativamente a digestibilidade de outros nutrientes, como os aminoácidos, vitaminas e nutrientes energéticos, tomado, assim, a adição de fitase economicamente justificável e favorável.

Uma grande expectativa e atenção estão voltadas aos estudos do efeito da fitase sobre nutrientes outros que não o fósforo. Caso sejam confirmados os indícios de melhora na digestibilidade de nutrientes como os aminoácidos, e até mesmo dos carboidratos e lipídeos, a fitase poderá representar um excelente

recurso tecnológico para aumentar a produtividade de frangos, com custos menores, aumentando, assim, ainda mais a competitividade do setor avícola. No entanto, mais pesquisas são necessárias para identificar mais claramente quais são os fatores que afetam o efeito da fitase.


Uma das maiores mudanças a serem impostas, a indústria avícola é o manejo de excretas para a redução dos prejuízos causados ao meio ambiente. A adição de fitase é uma estratégia efetiva na redução do impacto negativo que o fósforo das excretas causa; foi utilizada inicialmente na Europa e agora também está sendo utilizada em outros países. Segundo Khan (1996), somente os EUA produzem, anualmente, quase dois milhões de toneladas de fósforo nas excretas de animais domésticos, o que é percebido pelo público como sendo prejudicial ao meio ambiente.

Países como Holanda e Singapura já tomaram medidas enérgicas, inclusive de proibir ou limitar a criação de aves e suínos em determinadas regiões, para reduzir a contaminação ambiental com fósforo.

Atualmente, na Europa, uma legislação rígida controla a quantidade de fósforo que pode ser aplicado ao solo. Os EUA estão adotando regulamentações similares, como é o caso da Península de Delmarva, onde há grande produção de frangos, com excessiva produção de excretas (Boling et al., 2000).

No Brasil, com uma de produção em 2000 de 3,2 bilhões de pintos de corte e com 27,4 milhões de cabeças de matrizes de corte alojadas (Anuário..., 2001), estima-se que somente no segmento de corte é gerado um volume aproximado de seis milhões de toneladas por ano de excretas e cama.

Segundo Yi et al. (1996), diferentes variáveis utilizadas para estimar a equivalência da fitase podem levar a valores de equivalência diferentes. Em seus estudos, verificaram que os indicadores mais sensíveis e consistentes, com altos valores de R^2 nas equações, para os níveis estudados, foram: ganho de peso, consumo de ração, porcentagem de cinza no osso e excreção de fósforo.



Diversos autores estimaram a equivalência da fitase com cálcio e fósforo na ração; no entanto, valores bastante discrepantes foram obtidos, como mostrado na Tabela 01. Estas diferenças se devem a diversos fatores, como os ingredientes utilizados na ração, níveis de cálcio e fósforo na ração, idade das aves, variável utilizada para a estimativa, padrão de fósforo para a comparação e metodologia de pesquisa.

Denbow et al. (1995), trabalhando com farelo de soja e fitase, mostraram que a eficiência diminui com o aumento da quantidade de fitase por kg de ração. Os autores também notaram que níveis mais elevados de fósforo não fitico reduzem o efeito da fitase. A equivalência de 1 g de fósforo foi liberada por 614 FTU/kg na ração com 0,20% de fósforo não fitico, enquanto foram necessários 1128 FTU/kg para a ração com 0,27% de fósforo não fitico. Estes dados sugerem que a utilização do fósforo fitico é deixada em segundo plano quando há disponibilidade de uma fonte de fósforo mais disponível.

Denbow et al. (1995) comentam que há necessidade de pesquisa com vários níveis de fósforo não fitico e diferentes rações, especialmente rações comerciais para frangos, a fim de estimar a equivalência da fitase com o fósforo inorgânico. Também há necessidade de mais estudos para a determinação do nível ótimo de cálcio em rações suplementadas com fitase para frangos de corte (Qian, Kornegay e Denbow, 1997).

TABELA 01. Quantidade de fitase equivalente a 1g de fósforo inorgânico da ração para frangos de corte, segundo a variável, ingredientes da ração, idade das aves, fósforo total, cálcio da dieta e fonte.

FTU/kg	VARIÁVEL	RAÇÃO	IDADE DIAS	Pt %	CÁLCIO %	FONTE
500	GDP, PO, PP	MFS	49	0,45	1	Munaro et al. (1996b)
500	Corresponde de 0,35 a 0,56 g Ca/kg					Sebastian et al (1998)
570	GDP	MFS	14	0,45	0,6	Schoner et al. (1993)
600	Aumenta em 12,2% a disponibilidade de Ca					Sebastián et al. (1996a)
600	Reduz a exigência de Pt em 0,1% - MFS					Mitchell e Edwards (1996a)
600	Reduz exigência de Ca de 1 para 0,9% - MFS					Mitchell e Edwards (1996a)
600	0,6% Ca na ração melhores resultados - MFS					Sebastian et al. (1996a)
614	GDP e CO	FSP	21	0,45	0,9	Denbow et al. (1995)
700	RP	MFS	14	0,45	0,6	Schoner et al. (1993)
750	Disponibiliza 54% do P fítico do farelo de soja					Denbow et al. (1995)
762	CC	MFS	14	0,45	0,6	Schoner et al. (1993)
785	GDP e CO	MFS	21	0,51	1-1,5	Yi et al. (1996)
850	GDP e RP	MFS	40	0,35	0,6	Schoner et al. (1993)
939	GDP e CO	MFS	21	0,47	0,88	Kornegay et al. (1996)
1000	Aumenta P disponível para mais de 60%					Simons e Versteegh (1990)
1050	RP	MFS	14	0,35	0,6	Schoner et al. (1993)
1128	GDP e CO	FSP	21	0,52	1,04	Denbow et al. (1995)
1146	GDP e CO	FSP	21	0,45	0,9-1,44	Yi et al. (1996)

CC - cinza corporal; MFS - milho e farelo de soja; RP - retenção de fósforo; GDP - ganho de peso; CO - cinza no osso; FSP - farelo de soja semipurificado; PP - fósforo no plasma; PO - fósforo no osso.

Os dados de trabalhos de pesquisa relatadas até o momento, confirmam claramente que a utilização da fitase é eficiente na hidrólise do fitato e conseqüentemente na sua utilização pelas aves, permitindo a formulação de rações com menores teores de fósforo inorgânico. No entanto outros minerais também são afetados pela utilização da fitase na ração, alterando a sua

disponibilidade, o que deve ser avaliado, para que a sua inclusão nas rações seja ajustadas as reais necessidades das aves. Um outro aspecto muito importante é que a elevação do nível de cálcio da dieta afeta adversamente a eficiência da fitase, podendo até, dependendo do nível de cálcio na ração, anular o efeito da fitase e, em consequência, causar deficiência de fósforo em dietas formuladas com suplementação de fitase.

Também é importante lembrar que cada vez mais os técnicos envolvidos com a produção avícola devem ter preocupação com a preservação do meio ambiente, aspecto em que a fitase é uma opção que possibilita a redução da excreção de fósforo e nitrogênio, elementos com grande potencial poluente, quando lançados indiscriminadamente na natureza, no solo e em mananciais de água.

A suplementação da ração com fitase para aves, no Brasil, pode ser justificada pelos altos custos envolvidos com a suplementação de rações com fosfatos inorgânicos e pela sua capacidade de redução da poluição ambiental. No entanto, há necessidade de estabelecer o nível ótimo de inclusão de fitase, fosfatos e outros minerais para cada categoria animal, visando a redução dos custos de produção e a otimização da produtividade. Também o nível de cálcio para rações suplementadas com fitase precisa ser estudado e estabelecido de forma a não comprometer o desempenho dos frangos e nem reduzir os benefícios que podem ser propiciados pela fitase.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local e época de realização do experimento

O experimento foi conduzido na Unidade Experimental do Setor de Avicultura da Escola Agrotécnica Federal de Cuiabá (EAFC-MT), no período de 28 de dezembro de 1999 a 17 de janeiro de 2000.

A temperatura média, mínima e máxima diária e a umidade relativa do ar diária, registradas na estação meteorológica do Ministério da Agricultura, localizada na Escola Agrotécnica Federal de Cuiabá, estão na Tabela 1A do anexo.

3.2 Aves, instalações, equipamentos e manejo

Foram utilizados 600 pintos de um dia, da linhagem Hubbard-MPK, metade machos e a outra metade fêmeas, alojados em um galpão de alvenaria, contendo 36 boxes de quatro m² cada, construído na orientação leste-oeste, coberto com telha de cerâmica, com pé-direito de 2,8 m, piso em concreto, paredes laterais com muretas de 60 cm de altura e o restante fechado com tela, equipado com cortinas laterais. O aquecimento foi feito por meio de lâmpadas infravermelho de 250 watts, colocadas uma em cada box.

Durante a primeira semana do experimento, foram utilizados bebedouros infantis, tipo copo de pressão, e comedouros infantis tipo bandeja. Após, os bebedouros e comedouros infantis foram substituídos gradualmente por bebedouros automáticos pendulares e por comedouros semi-automáticos tubulares. A água e ração foram fornecidas à vontade. Foi mantido um programa de 24 horas de luz natural mais artificial. Foi utilizada como cama a

casca de arroz, numa espessura de seis cm, sendo que durante os três primeiros dias a mesma foi coberta com jornal.

Sete dias antes do final do experimento, duas aves de cada parcela experimental foram transferidas para gaiolas adaptadas, para coleta de excretas, durante os últimos quatro dias do experimento, pelo método tradicional de coleta total de excretas, realizada diariamente, conforme descrito no item 3.5.2.

Aos 21 dias de idade, duas aves por parcela experimental foram abatidas para retirada da tibia esquerda para análises, conforme descrito no item 3.5.3.

3.3 Tratamentos e rações experimentais

Os tratamentos foram constituídos de cinco rações com níveis crescentes de cálcio na ração, as quais foram fornecidas a machos e fêmeas, esquematizados conforme a Tabela 02.

TABELA 02. Tratamentos experimentais segundo os experimentos.

TRATAMENTO	SEXO	NÍVEL CÁLCIO NA RAÇÃO (%)
1		0,46
2		0,67
3	Machos	0,88
4		1,09
5		1,30
6		0,46
7		0,67
8	Fêmeas	0,88
9		1,09
10		1,30

As rações experimentais utilizadas eram fareladas, misturadas na fábrica de rações da Unidade Educativa de Avicultura da Escola Agrotécnica Federal de Cuiabá (MT). A composição dos ingredientes das rações e dos suplementos de minerais e vitaminas nas Tabelas 03, 05 e 06. Foi formulada uma ração basal, isonutritiva, obedecendo às recomendações do NRC (1994), com exceção do

cálcio em estudo (Tabela 04). A ração basal foi formulada à base de milho e farelo de soja, com adição de 600 FTU/kg, suplementada com minerais e vitaminas, para fornecer nível de 0,46 de cálcio. Os níveis crescentes de cálcio das rações foram obtidos pela substituição do caulim por calcário, para obtenção dos níveis de cálcio, conforme mostrado na Tabela 02.

TABELA 03 - Composição dos ingredientes utilizados nas rações.

INGREDIENTE	E.M. (kcal/kg)	P.B. (%)	Met (%)	Met+Cis (%)	Lis (%)	P_i (%)	Ca (%)
Milho grão	3416	7,76	0,17	0,35	0,23	0,24	0,01
Farelo de soja	2283	45,87	0,65	1,34	2,87	0,65	0,24
Óleo de soja	8786	--	--	--	--	--	--
Monoamônio fosfato	--	--	--	--	--	24,18	0,45
Calcário calcítico	--	--	--	--	--	--	37,82

* Tabela de Rostagno et al. (1994); os demais foram determinados no laboratório de Pesquisa Animal do DZO-UFLA.

A suplementação de cálcio foi feita com calcário calcítico, o fósforo foi suplementado com monoamônio fosfato e a fitase utilizada foi a NATUPHOS® 5000, fornecida pela BASF.

Para o cálculo do balanceamento do fósforo da ração, a disponibilidade de fósforo dos ingredientes vegetais foi considerada como 2/3 do fósforo total. Este parâmetro foi utilizado tendo em vista a adição de 600 FTU/kg de ração, que libera, em média, 1/3 do fósforo presente nos vegetais, além de 1/3 que normalmente já está disponível, em ração à base de milho e farelo de soja, segundo Leske e Coon (1999).

TABELA 04 - Composição da ração utilizada no experimento.

INGREDIENTE	QUANTIDADE
Milho triturado	534,71
Farelo de soja	373,02
Óleo de soja	36,63
Sal comum	3,50
Premix mineral	0,50
Premix vitamínico	4,00
Monoamônio fosfato (MAP)	7,73
Fitase	0,12
Calcário calcítico	8,41
Caulim	31,38
TOTAL	1000,00
COMPOSIÇÃO NUTRITIVA	
Energia Metabolizável (Kcal/kg)	3000
Proteína bruta (%)	21,56
Proteína bruta (%)*	21,38
Cálcio (%)	0,46
Cálcio (%)*	0,48
Fósforo total (%)	0,54
Fósforo total (%)*	0,59
Fósforo disponível (%)	0,42
Metionina (%)	0,45
Metionina+Cistina (%)	0,69
Lisina (%)	1,19
Triptofano (%)	0,29
Treonina (%)	0,85

* Determinado no Laboratório de Pesquisa Animal do DZO-UFLA, os demais calculados segundo a tabela de Rostagno et al. (1994).

TABELA 05 - Composição do premix mineral utilizado no experimento e enriquecimento por kg de ração.

INGREDIENTES	UNID.	QUANTIDADE/KG DE PREMIX	ENRIQUECIMENTO POR Kg DE RAÇÃO
Manganês	mg	150.000	75,00
Zinco	mg	100.000	50,00
Ferro	mg	100.000	50,00
Cobre	mg	16.000	8,00
Iodo	mg	1.500	0,75

TABELA 06. Composição do premix vitamínico utilizado no experimento e enriquecimento por kg de ração.

INGREDIENTE	UND.	QUANTIDADE POR Kg DE PREMEX	ENRIQUECIMENTO POR Kg DE RAÇÃO
Vitamina A	UI	2.000.000	8.000
Vitamina D ₃	UI	500.000	2.000
Vitamina E	UI	3.750	15
Vitamina K	mg	450	1,8
Vitamina B ₁	mg	450	1,8
Vitamina B ₂	mg	1.500	6
Vitamina B ₆	mg	700	2,8
Vitamina B ₁₂	µg	3.000	12
Niacina	mg	10.000	40
Ácido fólico	mg	250	1
Ácido pantotênico	mg	3.750	15
Biotina	µg	1500	60
Selênio	mg	75	0,3
Colina	mg	100.000	400
Metionina	g	300	1,2
Agente Anticoccidiano	g	25	0,1
Promotor de crescimento	g	15	0,06
Antioxidante	g	7,5	0,03

As análises das amostras dos alimentos, das rações e dos tecidos coletados das aves foram realizadas no Laboratório de Pesquisa Animal do DZO-UFLA, segundo metodologia da AOAC (1990). A solução mineral para a determinação de fósforo e cálcio foi obtida das cinzas por via seca, sendo que a determinação do fósforo foi realizada pelo método de fotometria e a do cálcio, por permanganatometria. Para determinação do zinco, manganês e magnésio, a solução mineral foi obtida por via úmida e a determinação feita pelo método de espectrofotometria de absorção atômica. Os valores de nitrogênio total e proteína bruta foram determinados pelo método Kjeldahl.

3.4 Delineamento experimental e análises estatísticas

O experimento foi conduzido em um delineamento experimental inteiramente casualizado, em um esquema fatorial 5 x 2 (níveis de cálcio na ração x sexos), totalizando 10 tratamentos com 20 aves por parcela experimental, três repetições por tratamento, num total de 30 parcelas experimentais.

As análises estatísticas dos resultados obtidos foram realizadas de acordo com o programa SISVAR 4.1 (Sistema para Análises de variância de dados balanceados), desenvolvido por Ferreira (2000). As estimativas de exigências de cálcio foram feitas mediante o uso dos modelos de regressão linear, quadrática e Linear Response Plateau (LRP), descrito por Braga (1983), conforme o ajustamento dos dados obtidos para cada variável, interpretando-se as respostas biológicas das aves. As equações do modelo LRP foram obtidas através do pacote computacional SAEG (Euclides, 1993). O ajustamento do modelo foi verificado pela soma de quadrados dos desvios, sendo escolhido aquele que apresentou a menor soma de quadrados de desvios de modelo.

A seguir é descrito o modelo estatístico utilizado:

$$Y_{ijk} = \mu + N_i + S_j + NS_{ij} + e_{ijk}$$

Onde:

Y_{ijk} - valor observado na unidade experimental k , do nível de cálcio i , do sexo j ;

μ - uma constante associada a todas as observações;

N_i - o efeito do nível de cálcio, com $i = 1, 2, 3, 4$ e 5 ;

S_j - o efeito do sexo, com $j = 1$ e 2 ;

NS_{ij} - o efeito da interação do nível de cálcio e do sexo;

e_{ijk} - erro experimental associado a Y_{ijk} que por suposição tem distribuição normal com média zero e variância σ^2 .

3.5 Medidas de resultados

Para avaliar os efeitos dos níveis de cálcio da ração experimental, foi avaliado o desempenho dos frangos, a deposição de minerais nas tíbias das aves; a digestibilidade da matéria seca, a retenção de nitrogênio e a absorção de minerais pelas aves.

3.5.1 Consumo de ração, ganho de peso e conversão alimentar

O consumo de ração foi medido pela diferença entre o peso de ração fornecida no início e a sobra no comedouro ao final do experimento, em cada parcela experimental. O consumo de ração foi corrigido para a mortalidade estimando-se o consumo das aves mortas, e descontando-o do consumo total. A estimativa do consumo de ração das aves mortas foi feita com base no consumo tabelado para a marca em função da idade.

O ganho de peso foi controlado pela pesagem semanal do grupo de animais de cada parcela experimental, e foi calculado o ganho de peso médio por ave aos 21 dias de idade.

A conversão alimentar foi calculada ao final do experimento, utilizando-se o consumo de ração e o ganho de peso das unidades experimentais.

3.5.2 Cinzas, cálcio, fósforo, zinco, manganês, magnésio, matéria seca e nitrogênio das excretas

As excretas foram coletadas em bandejas coletoras instaladas sob as gaiolas e forradas com plástico resistente. O material coletado foi acondicionado em sacos plásticos, pesado e armazenado em congelador até o final do período de coleta. No final do período de coleta, as excretas foram descongeladas, devidamente reunidas por repetição, homogeneizadas e retiradas alíquotas de 300 a 400 g para secagem em estufas ventiladas a 58 °C, por 72 horas, quando então foram moídas e acondicionadas para posteriores análises.

Com o objetivo de calcular a digestibilidade verdadeira da matéria seca, a retenção verdadeira de nitrogênio e a taxa de absorção real dos minerais em estudo, foi realizada a coleta das excretas durante 48 horas, em duas aves por parcela experimental, submetidas ao jejum de 24 horas, para a determinação da excreção endógena de nutrientes.

A absorção verdadeira de minerais, retenção de nitrogênio e digestibilidade da matéria seca da ração foram calculadas pela seguinte fórmula geral:

$$AN = \frac{(IR \times NR/100) - [(E \times NE/100) - (EE \times NEE/100)]}{(IR \times NR/100)} \times 100 = \%$$

Onde:

AN - Absorção do nutriente (%);

IR - Ingestão de ração/ave/dia (g);

NR - Nutriente na ração (%);

E - Excretas/ave/dia (g);

NE - Nutriente nas excretas (%);

EE - Excretas endógenas/dia/ave (g);

NEE - Nutriente nas excretas endógenas (%).

3.5.3 Cinzas, cálcio, fósforo, zinco, manganês e magnésio nas tíbias

Os resultados para cinzas, cálcio e fósforo nas tíbias estão apresentados em %; os demais em ppm com base na matéria seca desengordurada dos ossos.

As tíbias retiradas, após o abate das aves, foram identificadas com placas de alumínio numeradas e fixadas com arame, descarnadas e fervidas em uma panela alumínio até amolecerem os resíduos de carne. Em seguida, foram

lavadas em água fria e retirados os resíduos de carne, cartilagem proximal e fíbula. Depois de secas em estufa ventilada a 68°C, por aproximadamente 72 horas, foram desengorduradas com éter etílico, utilizando frascos de vidro de boca larga com tampa hermética, trocando-se o éter do frasco até não se observarem mais resíduos de gordura no éter. Após a evaporação do éter, foi feita uma nova secagem em estufa a 105 °C por 24 horas. Após esfriarem em dessecador, as tíbias foram pesadas individualmente em balança de precisão, as placas de identificação retiradas e seu número escrito no próprio osso, usando um lápis comum. Após, foram incineradas em forno de mufla a 550° C por 12 horas e pesadas após esfriamento. A solubilização foi feita adicionando 10 mL HCl e aquecendo-as. Após, a solução foi filtrada e diluída com água destilada para obter a solução mineral.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As condições ambientais foram normais durante a realização do experimento, com temperatura média mínima de 20,2°C e a média máxima de 28,4°C. A temperatura ambiente mínima no período foi de 17,6 °C e a máxima, de 30,3°C (Tabela 1A). Houve pouca variação nas amplitudes térmicas, favorecendo o desempenho das aves (Figura 02). A umidade relativa média do ar no período foi bastante elevada, dificultando assim principalmente o manejo da cama, exigindo revolvimento constante para a manutenção da umidade da cama em boas condições.

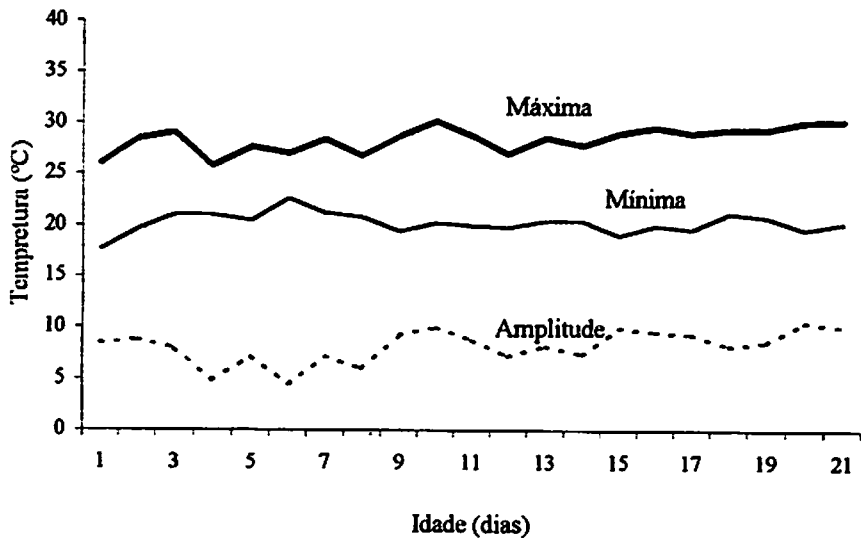


FIGURA 02. Temperatura máxima, mínima e amplitude térmica registradas na estação meteorológica da EAFC-MT, no período de 28/12/99 a 17/01/00.

Considerando que as análises das variâncias não indicaram interações significativas ($P>0,05$) entre os níveis de cálcio da ração e sexos, em todas as

variáveis analisadas, os resultados serão apresentados como médias dos dois sexos. A independência dos resultados entre sexos e os níveis de cálcio na ração indicam que a exigência dietética de cálcio para a maximização dos resultados é similar para os machos e fêmeas.

Os quadrados médios das análises de variâncias das variáveis estudadas são mostrados no anexo (Tabelas 2A, 3A, 4A, 5A, 6A e 7A).

4.1 Ganho de peso, consumo de ração e conversão alimentar

Os valores médios de consumo de ração, ganho de peso e conversão alimentar dos frangos, de 1 a 21 dias de idade, são apresentados na Tabela 07.

TABELA 07. Médias do consumo de ração, ganho de peso e conversão alimentar dos frangos de 1 a 21 dias de idade (g).

FATORES ANALISADOS	CONSUMO DE RAÇÃO	GANHO DE PESO	CONVERSÃO ALIMENTAR
Níveis de cálcio (%)	ns	**	ns
0,46	893,7	679,2	1,3160
0,67	912,2	688,5	1,3252
0,88	860,0	657,8	1,3076
1,09	875,7	648,5	1,3488
1,30	879,8	631,3	1,3922
Fêmeas	857,8 a	644,1 a	1,3316 a
Machos	910,7 b	678,0 b	1,3449 a
Média geral	884,3	661,0	1,3380
CV (%)	6,78	2,78	5,44

Médias com letras diferentes na coluna diferem significativamente ($P < 0,05$) pelo teste F.

**Efeito linear ($P < 0,01$)

ns – Efeito não significativo ($P > 0,05$)

O consumo de ração foi significativamente diferente entre os sexos ($P < 0,05$), sendo que os machos consumiram 6,17% a mais de ração do que as fêmeas. Ao comparar o consumo de ração das aves com a tabela de

desenvolvimento para a linhagem, nota-se que os resultados obtidos são os que normalmente ocorrem. Nelson, Harris e Johnson (1990), Cabral (1999) e Pizzolante (2000) também observaram que machos consumiram mais ração do que as fêmeas.

1206
06

Não houve efeito significativo dos níveis de cálcio sobre o consumo de ração ($P > 0,05$). Ao contrário dos resultados obtidos neste trabalho, Edwards Jr. (1993), Sebastian et al. (1996b), Qian, Kornegay e Denbow, (1997) e Sebastian et al. (1997) notaram redução no consumo de ração de frangos ao aumentarem o nível de cálcio da ração. Em experimento com níveis de cálcio variando de 0,93 a 1,23%, e 0,45% de fósforo disponível, Cabral (1999) verificou redução do consumo de ração frangos, de 1 a 21 dias, quando o nível de cálcio foi elevado na ração.

Para o ganho de peso houve diferença significativa entre os sexos ($P < 0,01$). Os machos apresentaram ganho de peso 5,26% maior do que as fêmeas, de 1 a 21 dias de idade, o que era esperado e está de acordo com a tabela de desenvolvimento. Também Cabral (1999) e Pizzolante (2000) verificaram maior ganho de peso dos machos em seus experimentos.

Conforme citado por Teixeira (1994), o maior ganho de peso dos machos pode ser explicado pelo efeito ativador da testosterona sobre a síntese de RNA-polimerase, que favorece o crescimento ósseo e o desenvolvimento da musculatura. Teixeira (1994) também cita que a RNA-polimerase possui efeito anabólico protéico superior aos demais esteróides naturais.

Houve efeito significativo dos níveis de cálcio da ração ($P < 0,01$) sobre o ganho de peso dos frangos de 1 a 21 dias de idade. Conforme os níveis de cálcio na ração foram aumentados, ocorreu uma redução no ganho de peso dos frangos.

Pelos valores apresentados na Tabela 07, observa-se que o melhor desempenho, de 1 a 21 dias de idade, foi observado nas aves submetidas à ração com 0,67% de cálcio na ração. No entanto, pela estimativa do modelo linear,

0,46% de cálcio foi suficiente para atender às exigências para o ganho de peso. Níveis mais elevados de cálcio na ração reduzem o ganho de peso, mostrando claramente que o excesso de cálcio prejudica o desempenho de frangos alimentados com baixo fósforo total e fitase (Figura 03). Isto nos indica que em ração com fitase, a redução da suplementação com fósforo inorgânico deveria ser acompanhada por uma redução proporcional do teor de cálcio, mantendo-se, assim, a adequada relação cálcio e fósforo.

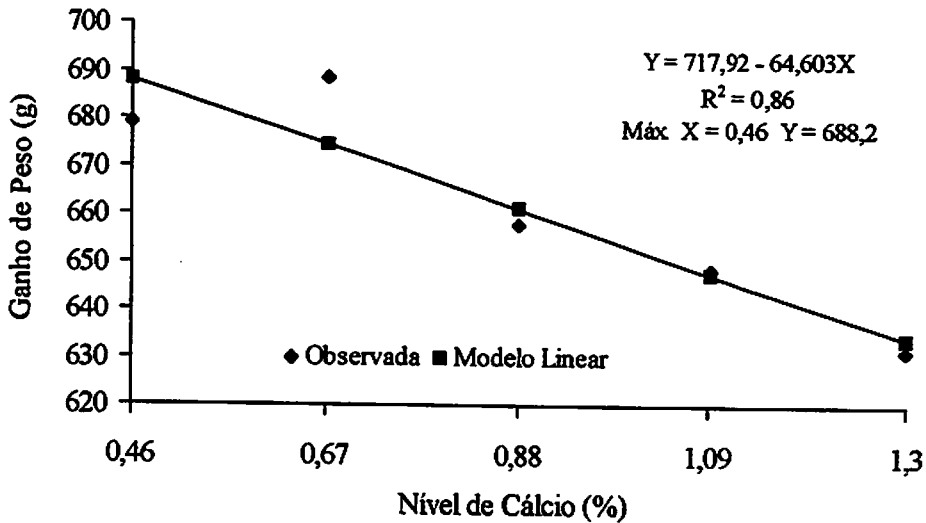


FIGURA 03. Efeito dos níveis de cálcio na ração sobre o ganho de peso dos frangos de 1 a 21 dias de idade.

Resultados semelhantes aos deste experimento foram obtidos por Qian, Komegay e Denbow (1997), que observaram que a elevação do nível de cálcio na ração, de 0,56 para 1,02%, causou redução linear no ganho de peso dos frangos na fase inicial. A ração basal era constituída de milho e farelo de soja, com 0,51% de fósforo total, e suplementada com 600 FTU/kg. Relataram ainda que a magnitude de resposta para a fitase foi maior para os menores níveis de cálcio na ração. Esta diferença na magnitude de resposta sugere que em rações

com fitase, além da redução do nível de fósforo, o nível de cálcio também deve ser reduzido.

Simons e Versteegh (1990) testaram o efeito do nível de cálcio e fósforo na ração com e sem fitase e verificaram que 0,60% de cálcio e 0,45% de fósforo total, em uma ração suplementada com 750 FTU/kg, proporcionaram ganho de peso equivalente ao ganho de peso do tratamento com 0,90% de cálcio e 0,75% de fósforo total, sem suplementação com fitase. Resultados similares foram verificados por Sebastian et al. (1996a e 1997), que notaram redução no ganho de peso de frangos na fase inicial ao aumentarem o nível de cálcio da ração de 0,60 para 1% e 0,66 para 1,25%, respectivamente, em ração com baixo fósforo total e 600 FTU/kg.

Em experimento com níveis de cálcio variando de 0,93 a 1,23%, Cabral (1999) verificou redução do ganho de peso dos frangos de 1 a 21 dias, assim que elevou o nível de cálcio na ração. Observa-se, pelos resultados deste experimento e dos de Cabral (1999), que os menores teores de cálcio da ração proporcionaram o melhor ganho de peso. No entanto, há uma grande diferença entre os níveis de cálcio testados. Estes resultados sugerem que, no intervalo dos níveis utilizados nestes experimentos, independente dos níveis de cálcio testados, a resposta é similar, com redução do ganho de peso mediante a elevação do nível de cálcio na ração.

A redução no ganho de peso de frangos de corte, em virtude da elevação do nível de cálcio da ração, provavelmente se deve ao efeito negativo que o excesso de cálcio da ração causa sobre a absorção de minerais e a atividade da fitase. A depressão da atividade fitásica reduz a disponibilidade dos minerais, o que leva à redução da absorção do fósforo e outros minerais complexados com o fitato, e que são nutricionalmente importantes (Shafey, McDonald e Dingle, 1991). A redução da atividade da fitase, em função da elevação do nível de

cálcio da ração, também foi comprovada em experimento de Qian, Komegay e Denbow (1997).

Shafey, McDonald e Dingle (1991) sugerem que a redução da disponibilidade de minerais, pela elevação do teor de cálcio da ração, ocorre em função da redução da quantidade de pequenos complexos minerais solúveis no trato gastrintestinal. Isto pode prejudicar o desempenho e aumentar a necessidade de suplementação mineral da ração de frangos. Esta sugestão está de acordo com Morrison e Sarrett (1958) e Roberson e Schaible (1960), que relataram que o excesso de cálcio na ração pode aumentar a exigência de zinco. Nugara e Edwards (1963) verificaram que a exigência de magnésio, para o máximo crescimento, é aumentada com a elevação do cálcio ou fósforo da ração.

Mitchell e Edwards Jr. (1996b) não verificaram diferença significativa no ganho de peso, em frangos de 1 a 21 dias de idade submetidos a rações de 0,63 a 0,99% de cálcio, 600 FTU/kg e 0,60% de fósforo total. Possivelmente estes autores não observaram diferença no resultado devido à pequena redução do teor de fósforo na ração testada. No entanto, o ganho de peso dos frangos alimentados com 0,90% de cálcio e fitase foi semelhante a àqueles da ração com 0,70% de fósforo total e 0,99% de cálcio sem fitase. A redução de 10% da exigência de cálcio foi proporcional à redução do fósforo total da ração. Isto mostra que os melhores resultados são obtidos quando a relação cálcio fósforo total é mantida próxima a 1,5:1, confirmando, assim, a estreita relação entre o cálcio e fósforo no metabolismo.

Pizzolante (2000) não encontrou diferenças para o ganho de peso em frangos, com níveis de cálcio da ração de 0,70 a 1% e fitase. Reid e Weber (1976), ao contrário dos dados deste experimento, afirmam que o ganho de peso de frangos se eleva com a elevação dos níveis de cálcio.

Não houve efeitos significativos para sexo na variável conversão alimentar ($P>0,05$). Ao contrário dos resultados deste experimento, Cabral

(1999) e Pizzolante (2000) notaram que as fêmeas apresentaram conversão alimentar inferior aos machos, de 1 a 21 dias de idade.

De 1 a 21 dias de idade, não se observaram efeitos significativos dos níveis de cálcio da ração para a conversão alimentar ($P > 0,05$). Estes resultados estão de acordo com os obtidos por Mitchell e Edwards Jr. (1996b), que não verificaram diferença significativa entre os níveis de cálcio na ração (0,63 a 0,99%) sobre a conversão alimentar em frangos de 1 a 21 dias, com 600 FTU/kg de ração e 0,60% de fósforo total. Qian, Kornegay e Denbow (1997) e Pizzolante (2000) também não observaram efeito na conversão alimentar com a elevação do nível de cálcio da ração, nesta fase.

Ao comparar o efeito de 0,60; 1 e 1,25% de cálcio em ração com 600 FTU/kg de ração no desempenho de frangos de corte, Sebastian et al. (1996b) verificaram que a conversão alimentar piorou para o nível de 1,25% de cálcio na ração; da mesma forma, Sebastian et al. (1997) notaram piora na conversão alimentar de frangos ao aumentarem o nível de cálcio da ração de 0,6 para 1%, em ração com 0,48% de fósforo total e suplementada com 600 FTU/kg. Cabral (1999), em trabalho com diferentes níveis de cálcio na ração e 0,45% de fósforo disponível, encontrou diferenças significativas na conversão alimentar de frangos de 1 a 21 dias, com piora da conversão de forma linear com a elevação dos teores de cálcio da ração, de 0,93 a 1,23% de cálcio.

4.2 Digestibilidade da matéria seca da ração e retenção de nitrogênio

Os valores médios da digestibilidade da matéria seca da ração e da retenção de nitrogênio, de 18 a 21 dias de idade das aves, são apresentados na Tabela 08.

TABELA 08. Digestibilidade da matéria seca da ração e retenção de nitrogênio de 18 a 21 dias de idade (%).

FATORES ANALISADOS	DIGESTIBILIDADE DA MATERIA SECA DA RAÇÃO	RETENÇÃO DE NITROGÊNIO
Níveis de cálcio (%)	**	**
0,46	69,3	57,3
0,67	72,3	62,7
0,88	72,8	64,5
1,09	71,7	62,9
1,30	71,3	63,6
Fêmeas	71,7	61,6
Machos	71,3	62,8
Média geral	71,5	62,2
CV (%)	1,81	4,54

**Efeito quadrático ($P < 0,01$)

Não foi verificada diferença significativa entre os sexos para a digestibilidade da matéria seca da ração ($P > 0,05$).

Os níveis de cálcio da ração afetaram significativamente a digestibilidade da matéria seca da ração ($P < 0,01$). Os níveis mais baixos de cálcio na ração prejudicaram a digestibilidade da matéria seca da ração. O menor nível de cálcio na ração foi o que afetou de forma mais severa a digestibilidade. De 1 a 21 dias de idade, 0,67% de cálcio na ração foi suficiente para atingir a digestibilidade máxima da matéria seca da ração, estimada em 71,5%, segundo o modelo Linear Response Plateu (LRP) (Figura 04). Embora ambos os modelos, quadrático e LRP, tenham se ajustado adequadamente aos dados observados para a digestibilidade da matéria seca, optou-se pelo modelo LRP, pois o mesmo explica melhor os resultados sob o ponto de vista biológico.

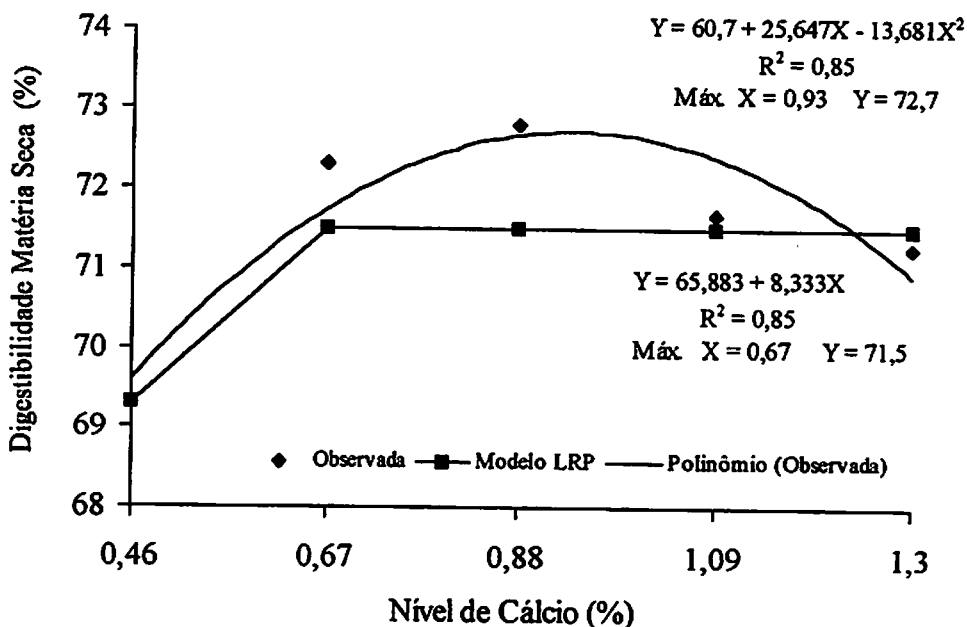


FIGURA 04. Efeito dos níveis de cálcio da ração sobre a digestibilidade da matéria seca da ração de 18 a 21 dias de idade.

Rostagno et al. (2000), em experimento com frangos de 10 a 19 dias de idade, verificaram que a digestibilidade aparente da matéria seca foi de 68,74% para os frangos alimentados com ração à base de milho e farelo de soja, com cálcio e fósforo normal e fitase; e de 70,02% para aqueles submetidos à ração com baixo cálcio e fósforo suplementada com fitase (0,7 % de Cálcio e 0,56% de Fósforo total); portanto, houve melhora na digestibilidade da matéria seca, para níveis menores de cálcio e fósforo da ração, resultados semelhantes aos obtidos neste experimento.

A retenção relativa de nitrogênio (% do ingerido) não foi diferente entre os sexos (P>0,05). Os níveis de cálcio da ração afetaram a retenção de nitrogênio (P<0,01), com efeito quadrático; no entanto, devido ao melhor ajuste, optou-se pelo modelo LRP. Os níveis mais baixos de cálcio da ração foram os

que de forma mais severa reduziram a retenção de nitrogênio. Pela estimativa do LRP, de 1 a 21 dias de idade, 0,71% de cálcio na ração foi suficiente para maximizar a retenção de nitrogênio da ração, com 63,7% de retenção (Figura 05).

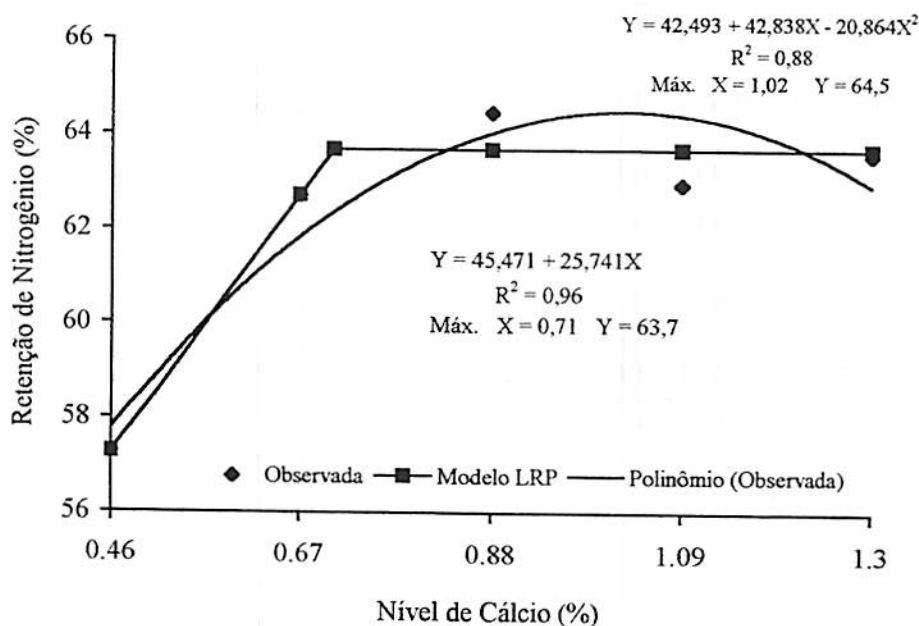


FIGURA 05. Efeito dos níveis de cálcio da ração sobre a retenção de nitrogênio de 18 a 21 dias de idade.

Sebastian et al. (1996b) não verificaram efeito do nível de cálcio da ração na retenção de nitrogênio, em frangos de corte de 1 a 21 dias de idade, quando aumentaram o nível de cálcio na ração de 0,66 a 1,25%, suplementada com 600 FTU/kg. Já Sebastian et al. (1997) notaram que a digestibilidade da proteína bruta sofreu redução de 81,8 para 79,85% ao aumentarem o nível de cálcio da ração de frangos de corte de 0,6 para 1%, em ração com 0,48% de fósforo total e suplementada com 600 FTU/kg.

Em frangos de 10 a 19 dias de idade submetidos à ração à base de milho e farelo de soja, com adição de fitase e um complexo de enzimas (Vegpro), com cálcio e fósforo normal, a digestibilidade ileal da proteína bruta foi de 79,27% já com a redução do cálcio e fósforo da ração para 0,68 e 0,56%, respectivamente, a digestibilidade da proteína elevou-se para 81,45% (Rostagno et al., 2000).

4.3 Absorção de cálcio, fósforo, zinco, manganês e magnésio

Os valores médios de absorção de cálcio e fósforo, de 18 a 21 dias de idade, são apresentados na Tabela 09.

TABELA 09. Absorção de cálcio e fósforo de 18 a 21 dias de idade.

FATORES ANALISADOS	CÁLCIO (%)	CÁLCIO (g)	FÓSFORO (%)
Níveis de cálcio (%)	**	*	**
0,46	79,2	0,397	73,1
0,67	51,6	0,358	76,9
0,88	39,4	0,367	80,6
1,09	28,1	0,307	75,9
1,30	20,0	0,277	73,8
Fêmeas	42,4	0,323	73,6 b
Machos	44,9	0,359	78,5 a
Média geral	43,6	0,341	76,1
CV (%)	14,20	15,91	5,39

Médias com letras diferentes na coluna diferem significativamente ($P < 0,05$) pelo teste F.

*Efeito linear ($P < 0,01$)

**Efeito quadrático ($P < 0,01$)

A absorção de cálcio não diferiu significativamente entre os sexos ($P > 0,05$). Os níveis de cálcio da ração afetaram significativamente a absorção de cálcio ($P < 0,01$). A resposta foi quadrática de 1 a 21 dias de idade. A absorção de cálcio foi reduzida conforme foram elevados os níveis de cálcio da ração, como pode ser verificado na Figura 06. A absorção do cálcio foi reduzida de 79,2 para

20%, à medida que o nível de cálcio da ração foi elevado de 0,46 para 1,3%, como pode ser observado na Tabela 09. O modelo quadrático (Figura 06) mostra claramente que quanto menor é a disponibilidade do nutriente na ração e quanto maior é a necessidade do nutriente, maior é a eficiência de absorção do mesmo.

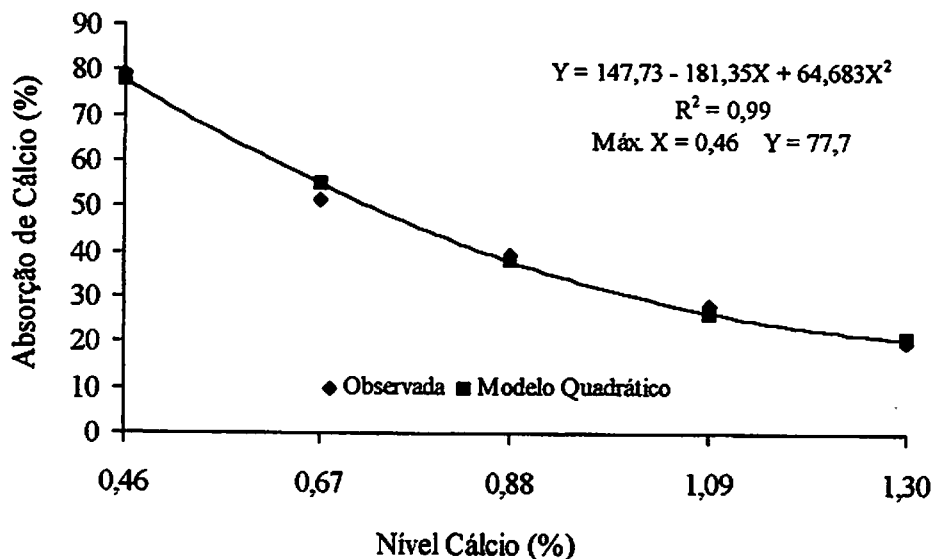


FIGURA 06. Efeito dos níveis de cálcio da ração sobre a absorção relativa de cálcio (%) de 18 a 21 dias de idade.

A absorção de cálcio em gramas pelos frangos de 18 a 21 dias foi afetada pelo nível de cálcio da ração ($P < 0,01$), com efeito linear, como é mostrado na Figura 07, com redução das quantidades absorvidas de 0,397 a 0,277 g/dia/ave, com a elevação dos níveis de cálcio de 0,46% para 1,3% na ração (Tabela 09). Estes dados reforçam ainda mais a observação de que quanto maior é deficiência de cálcio da ração, mais eficientemente o nutriente é absorvido, levando até a uma absorção acima das necessidades; e quando há sobra de cálcio na ração, este simplesmente passa pelo trato digestivo sem ser absorvido.

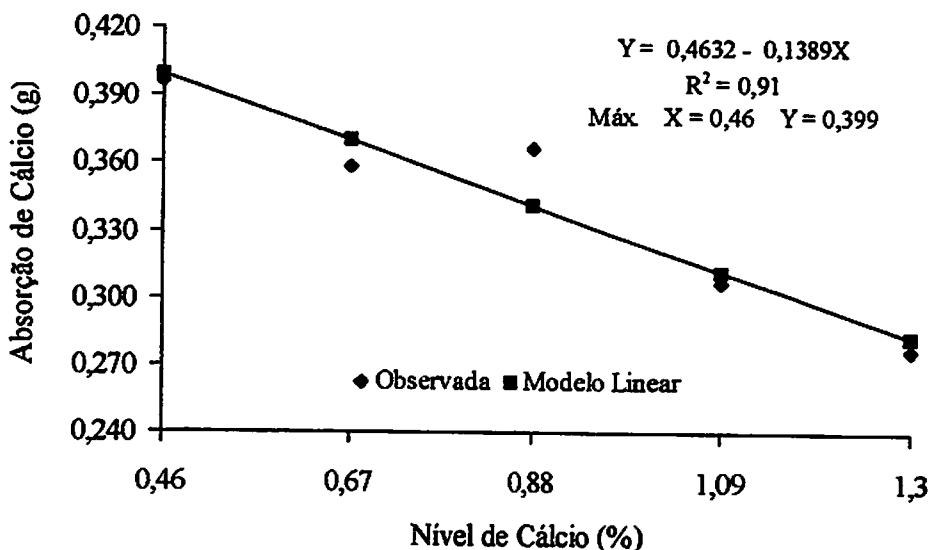


FIGURA 07. Efeito dos níveis de cálcio da ração sobre a absorção de cálcio (g/dia) de 18 a 21 dias de idade.

Resultados semelhantes aos deste experimento foram obtidos por Sebastian et al. (1996b), que verificaram redução da retenção relativa de cálcio, em frangos de corte de 1 a 21 dias de idade, quando aumentaram o nível de cálcio da ração de 0,60 a 1,25%, em ração suplementada com 600 FTU/kg. Em estudo com frangos de 1 a 21 dias submetidos à ração com 600 FTU/kg e com 0,55% de fósforo total, Mitchell e Edwards Jr. (1996b) verificaram que a absorção de cálcio foi reduzida de 64 para 49%, ao elevarem os níveis de cálcio na ração de 0,63 para 0,99%.

Esta resposta na absorção do cálcio pode ser explicada pelo eficiente mecanismo de controle da homeostase de cálcio no organismo, controlado por hormônios que são capazes de induzir a um aumento drástico na absorção de cálcio nos intestinos e reduzir sua excreção pelos rins em resposta à deficiência na ração. Por outro lado, quando há excesso de cálcio na ração, reduz a absorção

e aumenta a excreção, além da redução na absorção devido à formação de complexos insolúveis no trato digestivo.

Shafey, McDonald e Dingle (1991) mostraram que em rações de frangos de corte com 1,53 a 2,26% de cálcio, a maior parte do cálcio (70 a 92%) se encontra na forma insolúvel. Ao redor de 40% do cálcio estão complexados em moléculas de grande peso molecular, e apenas 25% com moléculas de pequeno peso molecular. Esta observação sugere que além do mecanismo de regulação da homeostase do cálcio, outros fatores estão envolvidos na diminuição da absorção do cálcio em rações com elevado teor de cálcio.

Alta concentração de cálcio na ração elevou significativamente o pH no papo e íleo, mas não afetou significativamente o pH no pró-ventrículo ou moela, o que levou Shafey, McDonald e Dingle (1991) a concluir que o pH da digesta influencia na quantidade de ácidos secretados pelo pró-ventrículo. Porém, se cálcio da ração está diretamente envolvido com a secreção ácida, então a taxa de secreção pode estar relacionada com a concentração de cálcio, mas faltam estudos quantitativos *in vitro* para quantificar e confirmar esta hipótese.

Farner (1942) sugere que a tendência para a elevação do pH intestinal, no duodeno e jejuno, em resposta à alta concentração de cálcio na ração é neutralizado pela redução na secreção de componentes alcalinos nos sucos gástricos.

Embora possa ocorrer uma pequena alteração do pH intestinal em virtude dos níveis de cálcio na ração, esta alteração não deve ser responsável pela redução na absorção de minerais.

Rostagno et al. (2000) verificaram aumento da absorção de cálcio de 54,12% para 66,10% em frangos de 10 a 19 dias, alimentados com ração à base de milho e farelo de soja, suplementada com fitase e um complexo de enzimas

(Vegpro), quando reduziram o cálcio da ração de 1 para 0,68% e o fósforo, de 0,70 a 0,56%.

A absorção de fósforo foi influenciada significativamente pelos sexos ($P < 0,01$), sendo que a absorção nos machos foi 6,2% superior ao das fêmeas.

Houve efeito significativo dos níveis de cálcio da ração ($P < 0,05$) sobre a absorção de fósforo, com efeito quadrático ($P < 0,01$) no período de 1 a 21 dias de idade, conforme dados constantes da Tabela 09, em que são mostradas as médias de absorção do fósforo de 18 a 21 dias de idade.

Como podemos observar na Figura 08, tanto os níveis mais altos como os níveis mais baixos de cálcio da ração influenciaram negativamente a absorção relativa de fósforo. A absorção foi máxima (78,9%) com o nível de 0,88% de cálcio na ração. Os resultados do experimento concordam com a observação de Qian, Kornegay e Denbow (1997), que verificaram efeito na retenção de fósforo em frangos de corte de 1 a 21 dias, com efeito quadrático, com o aumento do teor de cálcio de 0,56 para 1,02% em uma ração à base de milho e farelo de soja com 0,51% de fósforo e 66 µg de vitamina D e 600 FTU/kg de ração.

Também Mitchell e Edwards Jr. (1996b) verificaram que a elevação do nível de cálcio na ração com 0,55% de fósforo total e 600 FTU/kg de ração, em frangos de 1 a 21 dias, afetou a absorção de fósforo. Com 0,63% de cálcio na ração, o menor nível testado, a absorção foi de 55%. Quando o nível de cálcio foi elevado para 0,75%, a absorção de fósforo aumentou para 58%; já com a elevação do nível de cálcio para 0,87 e 0,99% na ração, a absorção do fósforo diminuiu para 50 e 40%, respectivamente.

Contrariamente aos resultados deste experimento, Sebastian et al. (1996b) não verificaram influência significativa do nível de cálcio da ração na retenção relativa de fósforo em ração com fitase, porém observaram que a retenção de fósforo foi maior com 1 % de cálcio na ração, quando comparado com 0,66 e 1,25% de cálcio.

Rostagno et al. (2000) verificaram aumento da absorção de fósforo de 65,17 % para 66,69% em frangos de 10 a 19 dias, alimentados com ração à base de milho e farelo de soja, suplementada com fitase e um complexo de enzimas (Vegpro), quando reduziram o cálcio da ração de 1 para 0,68% e o fósforo, de 0,70 para 0,56%.

A redução da absorção de fósforo, quando o nível de cálcio na ração é muito baixo, provavelmente se deve ao desequilíbrio da relação cálcio fósforo total da ração. Estes resultados sugerem que a redução do fósforo total da ração, em virtude da adição da fitase, deve ser acompanhada por uma redução proporcional de cálcio para manter a relação Ca:P adequada. Por outro lado, níveis elevados de cálcio na ração inibem o efeito da fitase sobre o aproveitamento do fitato.

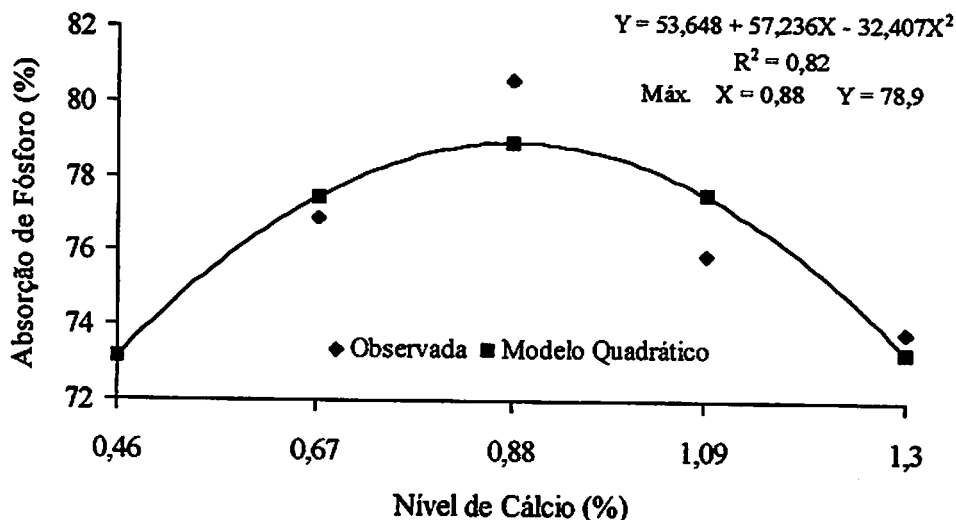


FIGURA 08. Efeito dos níveis de cálcio da ração sobre a absorção relativa de fósforo (%) de 18 a 21 dias de idade

O efeito inibitório do cálcio na hidrólise do fitato foi comprovado por Ballam, Engster e Snetzinger (1984). Estes autores observaram que a elevação

do nível de cálcio na ração à base de milho e farelo de soja reduziu a hidrólise do fitato em frangos de corte, independente do nível do fósforo disponível. As possíveis causas que levam a esta redução no aproveitamento do fósforo pela elevação do teor de cálcio da ração são: formação de complexos insolúveis de fitato de cálcio; forma insolúvel dos minerais e formação de complexos de grande peso molecular; competição do cálcio pelos sítios ativos da fitase e, talvez em menor escala, a elevação do pH no trato gastrintestinal. Um outro fator que pode estar envolvido na redução da absorção do fósforo é a redução da eficiência da fitase pelo excesso de cálcio na ração.

A Tabela 10 contém os resultados da absorção de zinco, manganês e magnésio.

TABELA 10. Absorção de zinco, manganês e magnésio de 18 a 21 dias (%).

FATORES ANALISADOS	ZINCO	MANGANÊS	MAGNÉSIO
Níveis de cálcio (%)	**	*	ns
0,46	47,1	11,7	35,5
0,67	49,2	9,5	30,4
0,88	50,3	2,7	33,8
1,09	46,7	0,2	37,3
1,30	45,3	-0,2	41,8
Fêmeas	47,0 a	3,6 a	32,9 a
Machos	48,5 a	5,9 a	38,7 a
Média geral	47,7	4,8	35,8
CV (%)	5,25	10,98	28,11

Médias com letras iguais na coluna não diferem significativamente ($P > 0,05$) pelo teste F.

*Efeito linear ($P < 0,01$)

**Efeito quadrático ($P < 0,01$)

Não foram observados efeitos significativos entre os sexos para absorção de zinco ($P > 0,05$). Os níveis de cálcio da ração afetaram significativamente a

absorção de zinco ($P < 0,05$), com efeito quadrático ($P < 0,01$), sendo que 0,67% de cálcio na ração propiciou a maior absorção de zinco (Tabela 10).

Os níveis mais baixos e mais altos de cálcio na ração provocaram uma redução na absorção de zinco, mas os níveis mais elevados mostraram um efeito negativo mais severo sobre a absorção do zinco. Segundo estimativa pelo modelo quadrático, a maior absorção de zinco foi 49,5% com 0,80% de cálcio na ração, conforme mostrado na Figura 09.

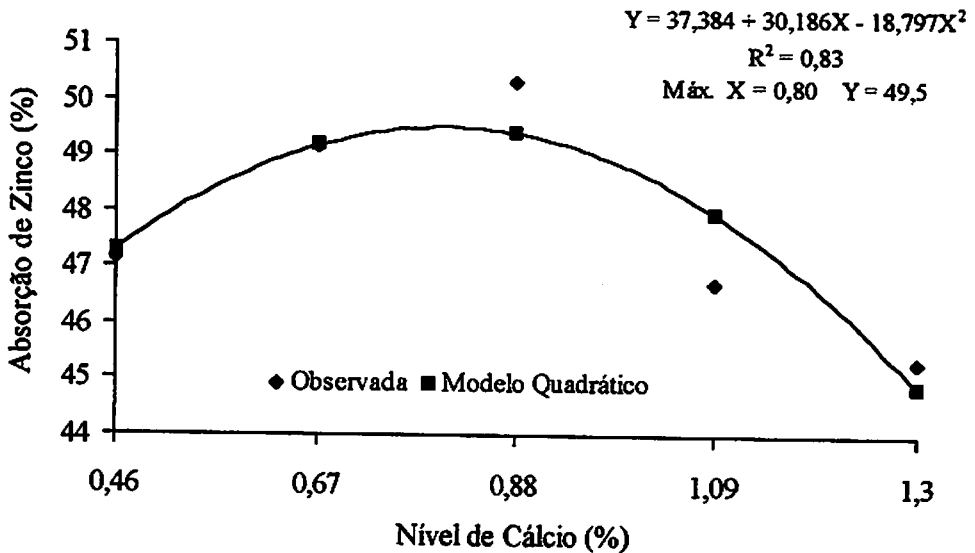


FIGURA 09. Efeito dos níveis de cálcio da ração sobre a absorção relativa de zinco de 18 a 21 dias de idade.

Sebastian et al. (1996b) não verificaram influência significativa do nível de cálcio da ração na retenção relativa de zinco, em frangos de corte de 1 a 21 dias de idade, quando aumentaram o nível de cálcio da ração de 0,66 a 1,25%, em ração suplementada com 600 FTU/kg de ração.

Alto nível de cálcio na ração de frangos (1,53 a 2,26%) mostrou que de 70 a 92% do zinco do conteúdo gastrintestinal estavam na forma insolúvel. Aumento do teor de cálcio na ração reduziu significativamente a proporção de zinco solúvel associado com complexos de baixo peso molecular (Shafey, McDonald e Dingle, 1991).

Uma das possíveis explicações para a redução na absorção do zinco, em função dos níveis elevados de cálcio na ração, é a formação de complexos insolúveis com ácido fítico, impedindo a hidrólise do mesmo pela fitase, não tornando disponível, assim, o zinco para a absorção, e também pela forma insolúvel em que o mesmo se encontra na presença de elevados teores de cálcio.

Não houve diferença significativa na absorção de manganês entre os sexos ($P > 0,05$). A absorção de manganês foi afetada de maneira linear pelos níveis de cálcio da ração ($P < 0,01$). Houve redução de forma linear da absorção em função da elevação do nível de cálcio na ração, como mostra a Figura 10.

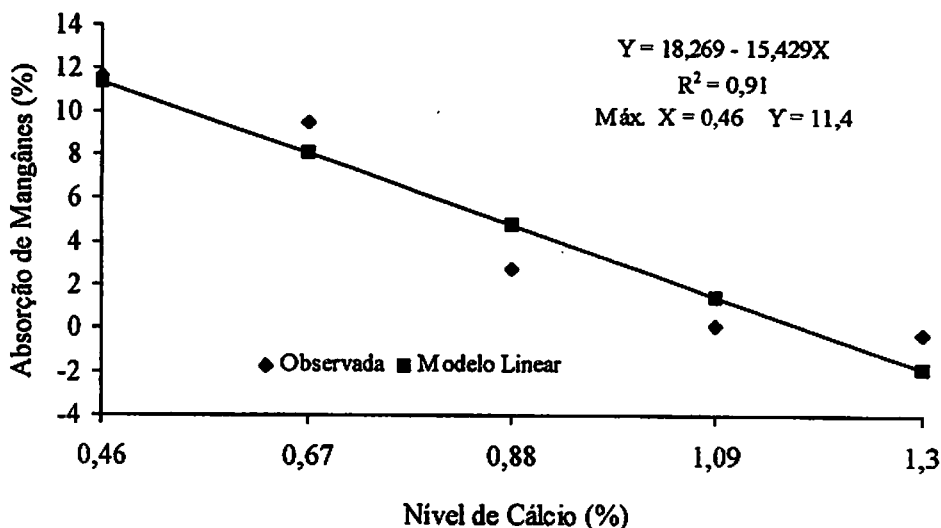


FIGURA 10. Efeito dos níveis de cálcio da ração sobre a absorção relativa de manganês (%) de 18 a 21 dias de idade

A redução da absorção de manganês, devida à elevação dos níveis de cálcio da ração, pode ser explicada pela elevação do teor de cálcio na digesta, bem como pelo conteúdo de fitato na digesta, em consequência do efeito negativo do cálcio sobre a fitase. Possivelmente ocorreu uma elevação do teor de fitato, que se deve à menor atividade da fitase, e este prejudicou a absorção do manganês de forma bastante severa, como pode ser verificado na Figura 10.

Sebastian et al. (1996b) não verificaram influência significativa do nível de cálcio da ração na retenção relativa de manganês, em frangos de corte de 1 a 21 dias de idade, quando aumentaram o nível de cálcio da ração de 0,60 a 1,25%, em ração suplementada com 600 FTU/kg.

A absorção relativa de magnésio não foi significativamente diferente entre os sexos e nem entre os níveis de cálcio da ração ($P > 0,05$). Estes resultados concordam com os obtidos por Sebastian et al. (1996b), que também não observaram efeito dos níveis de cálcio na ração suplementada com fitase, sobre a retenção de magnésio, em frangos de 1 a 21 dias.

4.4 Cinzas, cálcio, fósforo, zinco, manganês e magnésio nas tíbias

Os teores médios de cinzas, cálcio e fósforo nas tíbias secas e desengorduradas, dos frangos aos 21 dias de idade, estão na Tabela 11.

Os teores de cinzas nas tíbias dos frangos foram diferentes entre os sexos ($P < 0,05$). Os teores de cinzas das tíbias das fêmeas foram 1,68% superiores aos dos machos, aos 21 dias de idade. Estes resultados discordam dos obtidos por Cabral (1999), que não encontrou diferença entre os sexos na mineralização óssea das tíbias.

O maior teor de cinzas das tíbias das fêmeas provavelmente se deve à ação dos hormônios estrógenos, que facilitam a utilização de minerais, principalmente do fósforo e cálcio, pelas fêmeas.

TABELA 11. Teores médios de cinzas, cálcio e fósforo das tíbias dos frangos aos 21 dias de idade (%).

FATORES ANALISADOS	CINZAS	CÁLCIO	FÓSFORO
Níveis de Ca (%)	**	**	**
0,46	50,3	17,1	10,5
0,67	53,3	18,2	11,0
0,88	51,7	17,7	10,7
1,09	51,9	17,9	10,5
1,30	50,0	17,7	10,1
Fêmeas	52,1 a	17,9 a	10,6 a
Machos	51,2 b	17,5 b	10,5 a
Média geral	51,6	17,7	10,6
CV (%)	1,93	2,45	3,47

Médias com letras diferentes na coluna diferem significativamente ($P < 0,05$) pelo teste F.

**Efeito quadrático ($P < 0,01$)

Foram observados efeitos significativos para níveis de cálcio quanto aos teores de cinzas nas tíbias ($P < 0,01$). Pelo modelo Linear Response Plateu (LRP), a deposição máxima de minerais nas tíbias foi estimada em 51,5% com 0,55% de cálcio na ração, aos 21 dias de idade (Figura 11). Optou-se pelo modelo LRP para discussão dos resultados em virtude de seu melhor ajuste aos dados.

Qian, Kornegay e Denbow (1997), em trabalho com frangos de corte de 1 a 21 dias, alimentados com ração à base de milho e farelo de soja, com 0,51% de fósforo total e níveis de cálcio de 0,56; 0,71; 0,86 e 1,02%, com 66 μg de vitamina D_3 e 600 FTU/Kg de ração, observaram efeito quadrático na deposição de cinzas dos ossos. Estimaram que 0,71% de cálcio na ração resultou na maior mineralização, quando adicionaram fitase à ração.

Mitchell e Edwards Jr. (1996b) verificaram diferença significativa entre os níveis de cálcio da ração (0,63 a 0,99%) sobre o teor de cinzas da tibia em frangos de 1 a 21 dias, em rações à base de milho e farelo de soja, com 600 FTU/kg e com 0,55% de fósforo total. O teor de cinzas aumentou conforme o

nível de cálcio da ração foi elevado, sendo de 35,6% para o menor nível e de 37,8% para o nível mais alto.

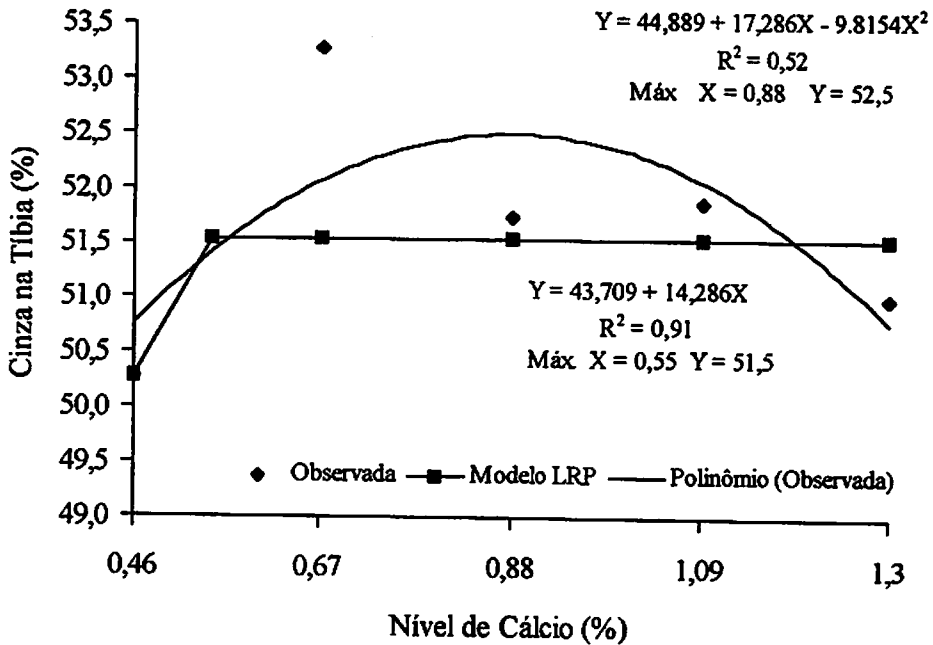


FIGURA 11. Efeito dos níveis de cálcio da ração sobre a deposição de cinzas nas tíbias dos frangos, aos 21 dias de idade.

Nelson, Harris e Johnson (1990), também observaram aumento dos teores de cinzas na tibia com a elevação dos teores de cálcio da ração, o que concorda com os resultados obtidos neste trabalho.

Aos 21 dias de idade, foram observadas diferenças significativas nos teores de cálcio nas tíbias entre os sexos ($P < 0,05$). As fêmeas apresentaram uma deposição de cálcio 2,34% superior à dos machos aos 21 dias de idade. As fêmeas atingem a maturidade sexual mais precocemente que os machos, o que pode ser atribuído aos hormônios estrógenos presentes nas fêmeas, facilitando o aproveitamento do cálcio, e assim produzindo uma calcificação mais intensa na fase inicial.

Houve efeitos significativos ($P < 0,01$) dos níveis de cálcio da ração sobre a deposição de cálcio nas tíbias aos 21 dias de idade. O teor de cálcio na tibia, no nível de 0,46% de cálcio da ração, foi inferior, indicando que o mesmo não foi suficiente para promover uma calcificação adequada, conforme indicado na Tabela 11. Os teores de cálcio nas tíbias foram crescentes conforme o nível de cálcio foi aumentado, estabilizando-se no nível de 17,8% quando a ração continha 0,59% de cálcio, segundo a estimativa obtida no modelo LRP, conforme mostrado na Figura 12. Optou-se pelo modelo LRP, considerando seu melhor ajuste, e por explicar melhor biologicamente os resultados.

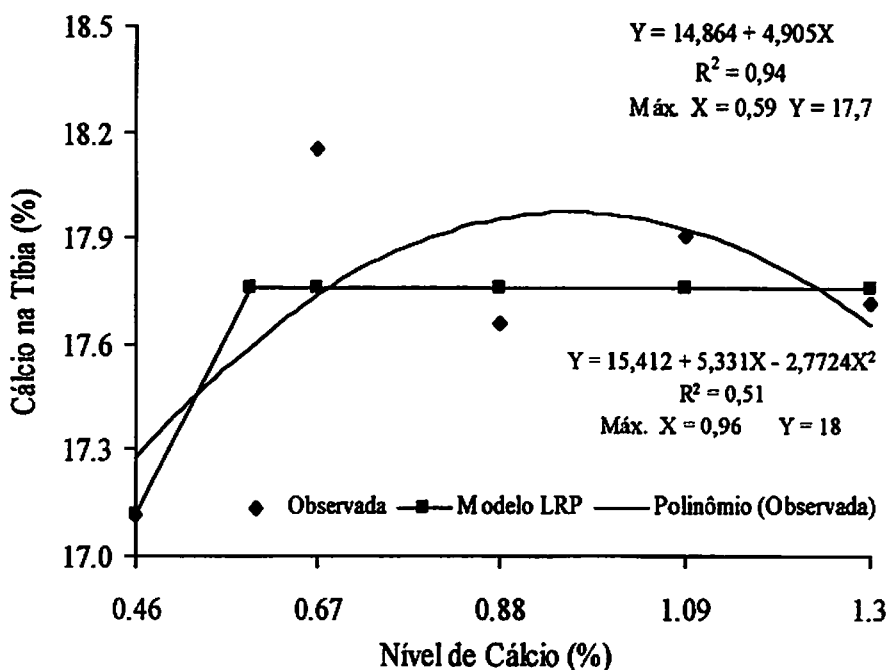


FIGURA 12. Efeito dos níveis de cálcio na ração sobre a deposição de cálcio nas tíbias dos frangos, aos 21 dias de idade.

Schoner et al. (1993), avaliando rações deficientes em fósforo contendo níveis de 0,60; 0,75 e 0,90% de cálcio, observaram aumento na deposição de cálcio e fósforo do fitato em frangos de corte quando a fitase foi suplementada,

mas os tratamentos com níveis altos de cálcio e com fitase afetaram negativamente a deposição do fósforo e cálcio.

Sebastian et al. (1996b) não verificaram influência significativa do nível de cálcio da ração na retenção de cálcio no osso, em frangos de corte de 1 a 21 dias de idade, quando aumentaram o nível de cálcio da ração de 0,66 a 1,25%, em ração suplementada com 600 FTU/kg.

A deposição de fósforo nas tíbias dos frangos não foi diferente entre os sexos ($P>0,05$). Contrariamente, Runho (1998) observou que as fêmeas possuem capacidade maior de deposição de fósforo nos ossos, embora isto não tenha resultado em aumento da resistência.

Os teores de fósforo das tíbias dos frangos aos 21 dias de idade foram afetados pelos níveis de cálcio da ração ($P<0,01$), mostrando efeito quadrático ($P<0,01$). A deposição de fósforo nas tíbias foi influenciada negativamente pelos níveis mais baixos, bem como pelos níveis mais elevados de cálcio da ração (Tabela 11).

Estes resultados sugerem que a relação Ca/P foi muito baixa para uma adequada deposição de fósforo nos níveis inferiores de cálcio da ração. Já para os níveis mais elevados, a redução da deposição de fósforo foi mais acentuada, mostrando que o excesso de cálcio na ração prejudicou o aproveitamento do fósforo, provavelmente reduzindo a utilização do fósforo fitico da ração, devido à formação de complexos insolúveis com o cálcio no trato digestivo, anulando o efeito da fitase, uma vez que a mesma não é capaz de hidrolisar estes complexos.

Pelo modelo quadrático, a deposição máxima de fósforo nas tíbias, aos 21 dias de idade, foi estimada em 10,8%, com 0,75% de cálcio na ração, como mostrado na Figura 13. Estes resultados mostram claramente que a exigência de cálcio para frangos, em rações com baixo fósforo e fitase, é inferior à exigência recomendada pelas tabelas de exigências nutricionais. Outro aspecto que pode ser observado com estes resultados é que a redução do nível de cálcio da ração

deve ser proporcional à redução do nível de fósforo total promovido em virtude da utilização da fitase, mantendo-se, desta forma, uma relação Ca/P adequada.

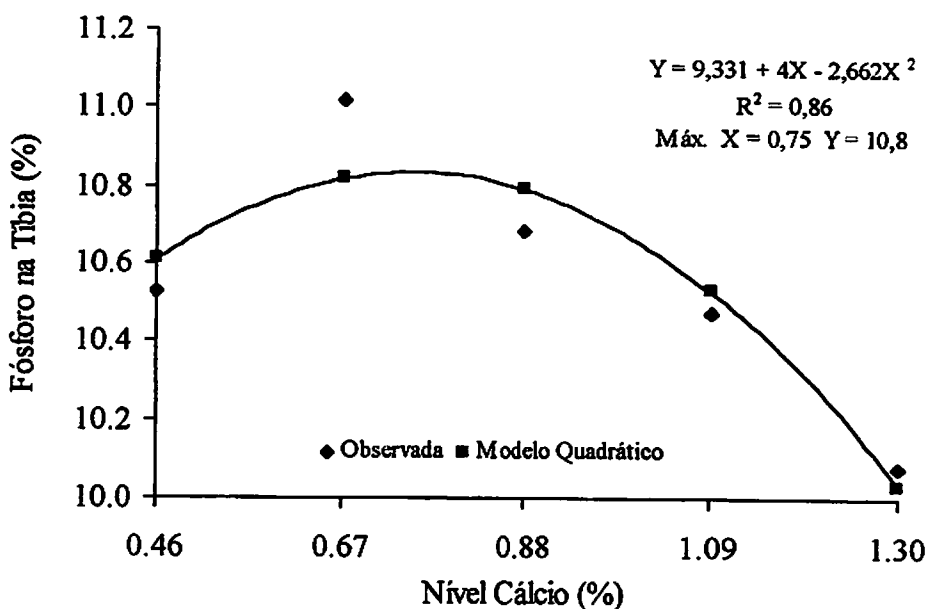


FIGURA 13. Efeitos dos níveis de cálcio da ração sobre a deposição de fósforo nas tíbias dos frangos aos 21 dias.

Sebastian et al. (1996b) verificaram influência significativa do nível de cálcio da ração sobre o teor de fósforo na tíbia, em frangos de corte de 1 a 21 dias de idade, com redução linear do teor de fósforo na cinza da tíbia quando aumentaram o nível de cálcio da ração de 0,66 a 1,25%, em ração suplementada com 600 FTU/kg de ração.

A Tabela 12 contém os teores de zinco, manganês e magnésio nas tíbias secas e desengorduradas dos frangos aos 21 dias de idade.

A concentração de zinco nas tíbias dos frangos não foi diferente entre os sexos e entre os níveis de cálcio da ração ($P > 0,05$). Sebastian et al. (1996b) verificaram influência significativa do nível de cálcio da ração sobre o teor de zinco na cinza da tíbia, em frangos de corte de 1 a 21 dias de idade, com redução

do teor de zinco na cinza da tibia quando aumentaram o nível de cálcio da ração de 0,66 a 1,25%, em ração suplementada com 600 FTU/kg de ração.

TABELA 12. Teores médios de zinco, manganês e magnésio nas tíbias dos frangos aos 21 dias de idade (ppm).

FATORES ANALISADOS	ZINCO	MANGANÊS	MAGNÉSIO
Níveis de cálcio (%)	ns	*	ns
0,46	184,8	9,8	2857,4
0,67	188,4	9,2	2824,3
0,88	188,4	9,0	2617,3
1,09	191,3	8,8	2584,0
1,30	187,7	8,8	2463,7
Fêmeas	186,7 a	9,2 a	2628,9 a
Machos	189,6 a	9,0 a	2709,8 a
Média geral	188,1	9,1	2669,4
CV (%)	4,28	5,19	15,78

Médias com letras iguais na coluna não diferem significativamente ($P > 0,05$) pelo teste F.
*Efeito linear ($P < 0,01$)

A concentração de manganês das tíbias dos frangos não foi diferente entre os sexos ($P > 0,05$). Os níveis de cálcio da ração afetaram linearmente a deposição de manganês nas tíbias aos 21 dias de idade ($P < 0,01$), com redução dos teores de manganês nas tíbias, conforme se elevaram os níveis de cálcio da ração, como mostrado na Figura 14.

Sebastian et al. (1996b) não verificaram influência significativa do nível de cálcio da ração sobre o conteúdo de manganês na cinza da tibia, em frangos de corte de 1 a 21 dias de idade, quando aumentaram o nível de cálcio da ração de 0,66 a 1,25%, em ração suplementada com 600 FTU/kg de ração.

A redução da deposição de manganês nos ossos possivelmente se deve à drástica redução da absorção do mesmo para as aves que consumiram ração com nível elevado de cálcio, como pode ser verificado na Figura 10, anteriormente mostrada.

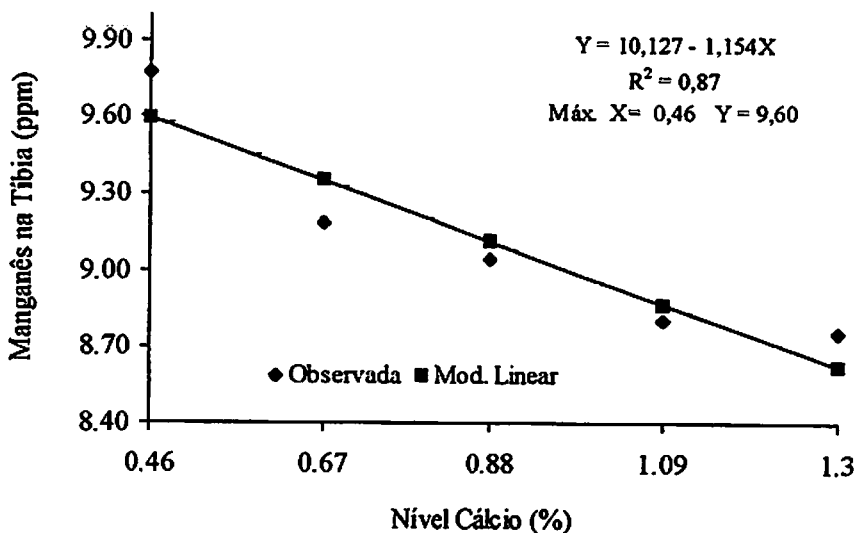


FIGURA 14. Efeito dos níveis de cálcio da ração sobre a deposição de manganês na tíbia dos frangos aos 21 dias de idade

Não foi observado efeito significativo ($P > 0,05$) dos níveis de cálcio da ração e nem dos sexos sobre a deposição de magnésio nas tíbias dos frangos. Embora as médias dos teores de magnésio (Tabela 12) tenham sido decrescentes com a elevação dos níveis de cálcio na ração, não foram significativas, provavelmente devido ao alto coeficiente de variação dos dados desta variável.

Sebastian et al. (1996b) verificaram influência significativa do nível de cálcio da ração sobre o teor de magnésio na cinza da tíbia, em frangos de corte de 1 a 21 dias de idade, com decréscimo linear do teor quando aumentaram o nível de cálcio da ração de 0,66 a 1,25%, em ração suplementada com 600 FTU/kg.

4.5 Exigência de cálcio para frangos em rações com fitase

Na Tabela 15 são apresentadas as equações para estimativa da exigência de cálcio para frangos na fase de 1 a 21 dias de idade, em ração com 0,54% de fósforo total e suplementada com fitase, com base no modelo de regressão linear, quadrático e pelo modelo Linear Response Plateau (LRP).

Tabela 15. Exigência de cálcio para frangos de corte, de 1 a 21 dias de idade, estimadas pelo modelo linear, quadrático e LRP (%).

VARIÁVEIS	EQUAÇÃO	EXIGÊNCIA DE CÁLCIO	RESPOSTA MÁXIMA	R ²
Ganho de peso (g)	$Y = 717,92 - 64,603X$	0,46	688,2	0,86
Cinza tibia (%)*	$Y = 43,709 + 14,286X$	0,55	51,53	0,91
Cálcio tibia (%)*	$Y = 14,864 + 4,905X$	0,59	17,76	0,94
Fósforo tibia (%)	$Y = 9,331 + 4X - 2,662X^2$	0,75	10,83	0,86
Mn tibia (ppm)	$Y = 10,127 - 1,154X$	0,46	9,60	0,87
Digest. MS (%)*	$Y = 65,883 + 8,33X$	0,67	71,50	0,85
Retenção N (%)*	$Y = 45,471 + 25,741X$	0,71	63,67	0,99
Absorção Ca (%)	$Y = 147,43 - 181,35X + 64,683X^2$	0,46	77,70	0,99
Absorção P (%)	$Y = 53,648 + 57,236X - 32,407X^2$	0,88	78,92	0,82
Absorção Zn (%)	$Y = 37,384 + 30,186X - 18,797X^2$	0,80	49,50	0,83
Absorção Mn (%)	$Y = 18,269 - 15,429X$	0,46	11,40	0,91
	Média	0,62		

* Modelo LRP

Como podemos observar na Tabela 15, as exigências de cálcio para frangos, estimadas para as diferentes variáveis e modelos são bastante divergentes. Como já era esperado, a exigência de cálcio para o máximo ganho de peso dos frangos é bem inferior à exigência para uma adequada deposição de minerais nos ossos.

Considerando a média de todas as variáveis estudadas, pode-se estimar em 0,62% a exigência média de cálcio para frangos de 1 a 21 dias de idade.

A Tabela 16 contém os cálculos das respostas esperadas para as variáveis com 0,62% de cálcio na ração e sua variação em relação à resposta máxima.

Tabela 16. Cálculo das respostas esperadas para as variáveis e sua variação em relação à resposta máxima para o nível de 0,62% de cálcio na ração.

VARIÁVEL	EQUAÇÃO	RESPOSTA MÁXIMA	COM 0,62% DE Ca	
			RESPOSTA	% DO MÁXIMO
Ganho de peso (g)	$Y = 717,92 - 64,603X$	688,2	677,9	98,5
Cinza tibia (%)*	$Y = 43,709 + 14,286X$	51,53	51,53	100
Cálcio tibia (%)*	$Y = 14,864 + 4,905X$	17,76	17,76	100
Fósforo tibia (%)	$Y = 9,331 + 4X - 2,662X^2$	10,83	10,79	99,6
Mn tibia (ppm)	$Y = 10,127 - 1,154X$	9,60	9,41	98,0
Digest. MS (%)*	$Y = 65,883 + 8,33X$	71,50	71,50	100
Retenção N (%)*	$Y = 45,471 + 25,741X$	63,67	62,18	100
Absorção Ca (%)	$Y = 147,43 - 181,35X + 64,683X^2$	77,70	59,86	77,0
Absorção Ca (g)	$Y = 0,4632 - 0,1389X$	0,399	0,377	94,5
Absorção P (%)	$Y = 53,648 + 57,236X - 32,407X^2$	78,92	76,68	97,2
Absorção Zn (%)	$Y = 37,384 + 30,186X - 18,797X^2$	49,50	48,87	98,7
Absorção Mn (%)	$Y = 18,269 - 15,429X$	11,40	8,70	76,3

Valor bastante similar foi encontrado por Sebastian et al. (1996b), que concluíram que 0,60% de cálcio na ração, com 0,30% de fósforo disponível e 600 FTU/kg de ração, para frangos de 1 a 21 dias, proporcionou ótimo desempenho e adequada mineralização óssea.

Observando os valores obtidos para as variáveis, segundo a estimativa em função das equações de predição (Tabela 16), nota-se que apenas a absorção relativa de cálcio fica substancialmente abaixo da resposta máxima estimada, o que, no entanto, não tem importância, já que a estimativa da quantidade de cálcio absorvida é de 0,377 mg com 0,62% de cálcio na ração, valor bastante próximo da estimativa para a resposta máxima, que foi de 0,399 mg e da

absorção observada no nível de 0,46% de cálcio (Tabela 09), que foi de 0,397mg de cálcio, o que é suficiente para propiciar ótimo desempenho.

As estimativas do ganho de peso apresentaram um pequeno decréscimo em relação à resposta máxima estimada, o qual foi muito pequeno, de apenas 1,5%, o que representa tão somente 10,3 g de ganho de peso a menos por ave. No entanto, deve-se salientar que não adianta um grande ganho de peso se à ave não apresentar estrutura óssea adequada, que permita a apanha e transporte até o abatedouro sem fraturas, as quais levam à condenação da carcaça e conseqüentemente, a prejuízos financeiros. O ganho de peso observado para o nível de 0,67% de cálcio na ração (Tabela 07) foi de 688,5 g/ave, valor praticamente igual ao estimado para o ganho máximo (Tabela 16). Portanto, espera-se que a recomendação de 0,62% de cálcio na ração, conforme exigência média obtida a partir das equações (Tabela 16), deverá proporcionar ótimo desempenho.

No que diz respeito à mineralização óssea, digestibilidade da matéria seca da ração e retenção de nitrogênio total, 0,62% de cálcio na ração, propiciam respostas similares aos valores máximos estimados para estas variáveis.

Considerando que o ganho de peso, o teor de cinzas na tibia, a absorção de cálcio e fósforo e a digestibilidade da matéria seca são variáveis que apresentam boa sensibilidade para a determinação da eficiência da fitase (Kornegay et al., 1996), podemos esperar que a exigência estimada por este experimento, de 0,62% de cálcio na ração suplementada com fitase, seja confiável.

5 CONCLUSÕES

Nas condições em que foi realizado o experimento com frangos de corte na fase de 1 a 21 dias de idade, alimentados com ração a base de milho e farelo de soja, contendo 0,54% de fósforo total, 3000 kcal de energia metabolizável e 600 FTU/kg, podemos concluir que:

A elevação dos níveis de cálcio da ração afeta negativamente o ganho de peso;

Níveis elevados de cálcio na ração prejudicam a absorção de cálcio, fósforo, zinco e manganês e níveis muito baixos reduzem a digestibilidade da matéria seca e retenção de nitrogênio;

A deposição de cinzas, fósforo e manganês nas tíbias é reduzida com a elevação dos teores de cálcio da ração;

A exigência nutricional de cálcio para proporcionar o máximo ganho de peso é inferior a exigência para proporcionar uma adequada mineralização óssea.

Considerando-se a exigência média de cálcio estimada para as diferentes variáveis analisadas e as respostas biológicas das aves, sugere-se usar 0,62% de cálcio na ração suplementada com fitase para esta fase.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANUÁRIO 2001 DA AVICULTURA INDUSTRIAL. Porto Feliz, SP., v.91, n.1085, p.xxx, dez./jan. 2000/2001.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMIST - AOAC. **Official methods of analysis: agricultural chemicals, contaminants and drugs.** 15.ed. Washington: Association of official analytical chemists, 1990. v.1, 684p.
- BAKER, D.H. Beyond phosphorus: phytase effects on protein, energy and trace-mineral utilization of swine and poultry. In: CAROLINA SWINE NUTRITION CONFERENCE: BASF technical symposium, 1998. p.48-53.
- BALLAM, G.C.; ENGSTER, H.M.; SNETZINGER, D.C. Effect of calcium level on the ability of broiler and single comb White leghorn to hydrolyze phytate phosphorus. **Poultry Science**, Atlanta, v.63, p.61, Jan. 1984. (Abst.)
- * BALLAM, G.C.; NELSON, T.S.; KIRBY, L.K. Effect of fiber and phytate source and of calcium and phosphorus level on phytate hydrolysis in the chick. **Poultry Science**, Champaign, v.63, n.2, p.333-338, Feb. 1984.
- * BIEHL, R.R.; BAKER, D.H.; DeLUCA, H.F. 1α -Hydroxylated cholecalciferol compounds act additively with microbial phytase to improve phosphorus, zinc and manganese utilization in chicks fed soy-based diets. **Journal Nutrition**, Bethesda, v.125, n.12, p.2407-2416, Dec. 1995.
- BOLING, S.D.; DOUGLAS, M.W.; JOHNSON, M.L.; WANG, X.; PARSONS, C.M.; KOELKEBECK, K.W.; ZIMMERMAN, R.A. The effects of dietary available phosphorus levels and phytase on performance of young and older laying hens. **Poultry Science**, Champaign, v.79, n.2, p.224-230, Feb. 2000.
- BORGES, F.M.O. Utilização de enzimas em dietas avícolas. **Cadernos Técnicos da Escola de Veterinária da UFMG**, Belo Horizonte, n.20, p.5-30, jun. 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.

BRAGA, J.M. **Avaliação de fertilidade do solo (ensaios de campo)**. Viçosa: UFV, 1983. p.101. (Publicação, 156).

✧ BROZ, J.; OLDALE, P.; PERIN-VOLTZ, A.H.; RYCHEN, G; SCHULZE, J.; SIMOES NUNES, C. Effects of supplemental phytase on performance and phosphorus utilization in broiler chickens fed a low phosphorus diet without addition of inorganic phosphates. **British Poultry Science**, London, v.35, n.2, p.273-280, May 1994.

CABRAL, G.H. **Níveis de cálcio em rações para frango de corte**. Viçosa: UFV, 1999. 107p. (Tese – Doutorado em Zootecnia).

CAMPBELL, G.L.; BEDFORD, M.R. Enzyme applications for monogastric feeds: a review. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v.72, n.2, p.449-466, June 1992.

CHESSON, A. Supplementary enzymes to improve the utilization of pigs and poultry diets. In: **Recent Advances in Animal Nutrition**. London: Butterworths, 1987. p.71-87.

CONTE, A.J.; TEIXEIRA, A.S.; FIGUEIREDO, A.V.; SOUZA, B.B. Efeito da fitase na disponibilidade de fósforo e no desempenho de frangos de corte alimentados com dietas contendo farelo de arroz integral. IN: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 36., 1999, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: Gnosis, 1999. 1 CD-ROM.

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

DOMENE, S. M. A. **Estudo do valor nutritivo mineral do farelo de arroz. Utilização do zinco, ferro, cobre e cálcio pelo rato em crescimento**. Campinas: UNICAMP, 1996. 104p. (Tese- Doutorado em)

EDWARDS Jr., H.M. Dietary 1,25-dihydroxycholecalciferol supplementation increases natural phytate phosphorus utilization in chickens. **Journal Nutrition**, Bethesda, v.123, n.3, p.567-577, Mar. 1993.

EDWARDS Jr., H.M.; CARLOS, A.B.; KASSIM, A.B.; TOLEDO, R. T. Effects of steam pelleting and extrusion of feed on phytate phosphorus

utilization in broiler chickens. *Poultry Science*, Champaign, v.78, n.1, p 96-101, Jan. 1999.

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

✓✂ KENGELEN, A.J.; HEEFT, F.C.V.D.; RANDOSDORP, P.H.G.; SMITH, L.C. Simple and rapid determination of phytase activity. *Journal of AOAC International*, Washington, v.77, n.3, 1994.

EUCLYDES, R.F. *Sistema de análises estatísticas e genéticas – SAEG x guia do usuário*. Central de processamento de dados. Viçosa, MG: UFV. Central de Processamento de Dados, 1993.

FARNER, D.N.S. The hydrogen ion concentration in avian digestive tracts. *Poultry Science*, Champaign, v.21, n.3, p.445-450, May 1942.

FERREIRA, D.F. *Sistema de análise estatística para dados balanceados (SISVAR)*. Lavras: UFLA/DEX, 2000.

GARDINER, E.E. Calcium requirements of breeds of chickens as influenced by levels of dietary phosphorus. *Canadian Journal of Animal Science*, Ottawa, v.51, p.445-450, 1971.

GOMES, P.C.; GOMES, M.F.M.; LIMA, G.J.M.M.; BELLAVER, C. Exigência de fósforo e sua disponibilidade nos fosfatos monoamônio e monocálcio para frangos de corte até 21 dias de idade. *Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v.22, n.5, p.755-763, set./out. 1993.

GORDON, R.W.; ROLAND Sr, D.A. Influence of supplemental phytase on calcium and phosphorus utilization in laying hens. *Poultry Science*, Champaign, v.77, n.2, p.290-294, Feb. 1998.

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

✂ HUFF, W.E.; MOORE Jr., P.A.; WALDROUP, P.W.; BALOG, J.M.; HUFF, G.R.; RATH, N.C.; DANIEL, T.C.; RABOY, V. Effect of dietary phytase and high available phosphorus corn on broiler chicken performance. *Poultry Science*, Champaign, v.77, n.12, p.1899-1904, Oct. 1998.

HURWITZ, S.; PLAVNIK, I.; SHAPIRO, A.; WAX, E.; TALPAZ, H.; BAR, A. Calcium metabolism and requirements of chickens are affected by growth. *Journal of Nutrition*, Bethesda, v.125, n.10, p.2679-2686, Oct. 1995.

HUSSEIN, A.S.; CANTOR, A.H.; JOHNSON, T.H. Relationship of dietary aluminum, phosphorus and calcium to phosphorus and calcium metabolism of broilers chicks. *Poultry Science*, Champaign, v.65, n.10, p.62, 1986. Supplement, 1.

JONGBLOED, A.W.; JONGE, L.; KEMME, P.A.; MROZ, Z.; KIES, A.K. Phytate, phytase, phosphorus, protein and performance in pigs. In: *BASF FORUM ON ANIMAL NUTRITION*, 6., 1997, Ludwigshafen, Germany. *Proceedings...* Ludwigshafen, Germany: BASF, 1997.

✱ JONGBLOED, A.W.; MROZ, Z.; KEMME, P.A. The effect of supplementary *Aspergillus Niger* phytase in diet for pigs on concentration and apparent digestibility of dry matter, total P, and phytic acid in different sections of the alimentary tract. *Journal of Animal Science*, Champaign, v.70, N.4, p.1159-1168, Apr. 1992.

KARUNAJEEWA, H. Effect of some feed additives on the performance of broiler chicks fed diets containing high levels of meat and bone meal. *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry*, Melbourne, v.16, p.685-690, 1976.

✱ KHAN, N. Tackling the phosphate burden. *Feed Mix*, Doetinchen, v.4, n.3, 1996.

✱ KORNEGAY, 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*, London, v.75, n.6, p.839-852, June 1996.

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

✱ LESKE, K.L.; COON, C.N. A Bioassay to determine the effect of phytase on phytate phosphorus hydrolysis and total phosphorus retention of feed ingredients as determined with broilers and laying hens. *Poultry Science*, Champaign, v.78, n.8, p.1151-1157, Aug. 1999.

LOPÉZ, S.E.; LOPEZ, J.; TEICHMANN, H.F. Efeito da fitase na biodisponibilidade de minerais em dietas com farelo de arroz integral para frangos de corte. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35., 1998, Botucatu. Anais... Botucatu: Gnosis, 1998. 1 CD-ROM.

McDOWELL, L.R. *Minerals in animal and human nutrition*. San Diego, California: Academic Press, 1992. 524p.

✓✱McKNIGHT, W.F. Phytase technical specifications and properties. In: SHORT COURSE ON FEED TECHNOLOGY, 7., 1997, Korea: Korean Society of Animal Nutrition and Feedstuffs, 1997.

MITCHELL, R.D.; EDWARDS Jr., H.M. Additive effects of 1,25-dihidroxicolecalciferol and phytase on phytate phosphorus utilization and related parameters in broiler chickens. *Poultry Science*, Champaign, v.75, n.1, p.111-119, Jan. 1996a.

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

MORRISON, A.B.; SARRETT, H.P. Studies of zinc deficiency in the chick. *Journal of Nutrition*, Bethesda, v.65, n.2, p.267-280, Feb. 1958.

MUNARO, F.A. Efeito da fitase na biodisponibilidade do fósforo do farelo de arroz desengordurado em rações para frangos de corte. Porto Alegre: UFRGS, 1993. 174p. (Dissertação - Mestrado em Zootecnia).

MUNARO, F.A.; LÓPEZ, J.; LÓPEZ, S.E.; RUTZ, F. Efeito da fitase na biodisponibilidade do fósforo em rações com farelo de arroz desengordurado para frangos de corte. *Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v.25, n.5, p.932-943, set./out. 1996c.

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

✱ MUNARO, F.A.; LÓPEZ, J.; TEIXEIRA, A.S.; RUTZ, F. Aumento da disponibilidade do fósforo fitico pela adição de fitase a rações para frangos

de corte. *Revista de Sociedade Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v.25, n.5, p.921-931, 1996b.

NAMKUNG, H.; LEESON, S. The 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.

✓✳ NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. Nutrient requirements of poultry. 9.ed. Washington, DC: National Academy of Science, 1994. 155p.

✓✳ NELSON, T.S. The utilization of phytate Phosphorus by poultry: a review. *Poultry Science*, Champaign, v.46, n.4, p.862-871, July 1967.

NELSON, T.S.; HARRIS, G.C.; JOHNSON, Z.B. Effect of calcium and phosphorus on the incidence of leg abnormalities in growing broilers. *Poultry Science*, Champaign, v.69, n.9, p.1496-1502, Sept. 1990.

✓✓✳ NELSON, T.S.; SHIEH, T.R.; WODZINSKI, R.J.; WARE, J.H. The availability of phytate phosphorus in soybean meal before and after treatment with a mold phytase. *Poultry Science*, Champaign, v.47, n.6, p.1842-1848, Nov. 1968.

✳ NELSON, T.S.; SHIEH, T.R.; WODZINSKI, R.J.; WARE, J.H. Effect of supplemental phytase phosphorus by chicks. *Journal of Nutrition*, Bethesda, v.101, n.9, p.1289-1294, Sept. 1971.

NUGARA, D.; EDWARDS, J.H.M. Influence of dietary Ca and P levels on the Mg requirement of the chick. *Journal of Nutrition*, Bethesda, v.80, n.1, p.181-184, Jan. 1963.

✳ PEELER, H.T. Biological availability of nutrients in feeds: availability of major mineral ions. *Journal of Animal Science*, Champaign, v.35, n.3, p.695-699, Nov. 1972.

✓✳ PERNEY, 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.

- PIQUER, F. J. Bases de la utilización de complejos enzimáticos en nutrición animal: estudio comparativo entre especies. IN: **Avances en Nutrición y Alimentación Animal**. FEDNA. Madrid, 1996, p.108-115.
- PIZZOLANTE, C.C. Estudo da atividade enzimática da fitase e sua utilização na alimentação de frangos de corte. Lavras: UFLA, 2000. 127p. (Tese - Doutorado em Zootecnia).
- ✓ * QIAN, H.; KORNEGUEY, 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.
- * QIAN, H.; VEIT, H.P.; KORNEGUEY, E.T.; RAVINDRAN, V.; DENBOW, D.M. Effects of supplemental phytase and phosphorus on histological and other tibia bone characteristics and performances of broilers fed semi-purified diets. **Poultry Science**, Champaign, v.75, n.5, p.618-626, May 1996.
- RAVINDRAN, V.S.; CABAUG, S.; RAVINDRAN, G.; BRYDEN, W.L. Influence of microbial phytase on apparent ileal amino acid digestibility of feedstuffs for broilers. **Poultry Science**, Champaign, v.78, n.4, p.699-706, Apr. 1999.
- * RAVINDRAN, V.; CABAUG, S.; RAVINDRAN, G.; SELLE, P.H.; BRYDEN, W.L. Response of broiler chickens to microbial phytase supplementation as influenced by dietary phytic acid and non-phytate phosphorus levels. II. Effects on apparent metabolizable energy, nutrient digestibility and nutrient retention. **British Poultry Science**, London, v 41, n.2, p.193-200, May 2000.
- RAVINDRAN, V.; KORNEGAY, E.T.; POTTER, L.M.; OGUNABAMERU, B.O.; WELTEN, M.K.; WILSON, J. H.; POTCHANAKORN, M. An evaluation of various response criteria in assessing biological availability of phosphorus for broilers. **Poultry Science**, Champaign, v.74, n.11, p.1820-1830, Nov. 1995.
- REID, B.L.; WEBER, C.W. Calcium availability and trace mineral composition of feed grade calcium supplements. **Poultry Science**, Champaign, v.55, n.2, p.600-605, Mar. 1976.

- * ROBERSON, K.D.; EDWARDS Jr., H.M. Effects of 1,25-dihydroxycholecalciferol and phytase on zinc utilization in broiler chicks. *Poultry Science*, Champaign, v.73, n.8, p.1312-1326, Aug. 1994.
- ROBERSON, R.H.; SCHAIBLE, P.J. The effect of elevated calcium and phosphorus levels on the zinc requirement of the chick. *Poultry Science*, Champaign, v.39, n.5, p.837-840, Sept. 1960.
- ✓ * ROSTAGNO, H.S. Exigências nutricionais e biodisponibilidade de fósforo para frangos de corte. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE NUTRIÇÃO DE AVES, 1998, Campinas. Anais... Campinas: CBNA, 1998. p.1-27.
- ROSTAGNO, H.S.; SILVA, D.J.; COSTA, P.M.A.; FONSECA, J.B.; SOARES, P.R.; PEREIRA, J.A.A.; SILVA, M.A. *Composição de alimentos e exigências nutricionais de aves e suínos (Tabelas Brasileiras)*. Viçosa: UFV, 1994. 59p.
- ROSTAGNO, H.S.; TEJEDOR, A.A.; ALBINO, L.F.T; SILVA, J.H.V. Enzyme supplementation of corn and soy bean meal diets improves ileal digestibility of nutrients in broiler chicks. *Biotechnology in the feed industry*. In: *Proceedings of Alltech's 16th Annual Symposium*. p. 175-182, 2000.
- RUNHO, R.C. *Exigência de fósforo disponível para frangos de corte machos e fêmeas*. Viçosa: UFV, 1998. 94p. (Tese - Doutorado em Zootecnia).
- SCHONER, F.P.; HOPPE, P.P.; SCHWARZ, G; WISCHE, H. Effects of microbial phytase and inorganic phosphate in broiler chickens: performance and mineral retention at various calcium levels. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, Berlin, v.69, p.235-244, 1996.
- * SEBASTIAN, S.; TOUCHBURN, S.P.; CHAVEZ, E.R.; LAGUE, P.C. The effects of supplemental microbial phytase on the performance and utilization of dietary calcium, phosphorus, copper, and zinc in broiler chickens fed corn-soybeans diets. *Poultry Science*, Champaign, v.75, n.6, p.729-736, June 1996a.
- ✓ * 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. 1996b.

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*, Champaign, v.76, n.12, p.1760-1769, Dec. 1997.

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

SHAFEY, T.M. Calcium tolerance of growing chickens: effect of ratio of dietary calcium to available phosphorus. *Word's Poultry Science Journal*, Wageningen, v.49, n.1, p.5-18, Mar. 1993.

SHAFEY, T.M.; McDONALD, M.W.; PIM, R.A. The effect of dietary calcium upon growth rate, food utilization and plasma constituents in lines of chickens selected for aspects of growth or body composition. *British Poultry Science*, London, v.31, n.3, p.577-586, Sept. 1990.

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

SHERMAN, H.C.; CAMPBELL, H.L. Effect of increasing the calcium contents of a diet in which is one of the limiting factors. *Journal of Nutrition*, Bethesda, v.8, p.363-371, 1936.

SIMCO, T.F.; STEPHERSON, E. L. Re-evaluation of the calcium-phosphorus requirements of the chick. *Poultry Science*, Champaign, v.40, n.5, p.1188-1192, Sept. 1961.

✓* SIMONS, P.C.M.; VERSTEEGH, H.A.J. Improvement of phosphorus availability by microbial phytase in broilers and pigs. *British Journal of Nutrition*, London, v.64, n.3, p.525-540, Nov. 1990.

SMITH, O.B.; KABAJA, E. Effect of high dietary Ca and wide calcium-phosphorus ratios in broiler diets. *Poultry Science*, Champaign, v.64, n.9, p.1713-1720, Sept. 1985.

✓ SOHAIL, S.S.; ROLAND, D.A. Influence of supplemental phytase on performance of broilers four to six weeks of age. *Poultry Science*, Champaign, v.78, n.3, p.550-555, Mar. 1999.

* TEICHMANN, H.F.; LÓPEZ, J.; LÓPEZ, S.E. Efeito da fitase na biodisponibilidade de fósforo em dietas com farelo de arroz integral para frangos de corte. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v.27, n.2, p.338-344, mar./abr. 1998.

TEIXEIRA, A.S. Exigências nutricionais de zinco e sua disponibilidade em sulfatos e óxidos de zinco para pintos de corte. Porto Alegre: UFRGS, 1994. 172p. (Tese – Doutorado em Zootecnia).

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.1128-1229, July/Aug. 1984.

WILLIAM, A. Phytase improves amino acids digestibility of feed ingredients. *Feedstuffs*, Minneapolis, v.71, n.24, p.15, 42, June 1999.

✓ WISE, A. Dietary factors determining the biological activities of phytate. *Nutrition Abstract Review*, Aberdeen, v.53, n.9, p.791-806, Sept. 1983.

YI, Z.; KORNEGAY, E.T.; RAVINDRAN, V.; DENBOW, D.M. Improving phytate phosphorus availability in corn and soybean meal for broilers using microbial phytase and calculation of phosphorus equivalency values for phytase. *Poultry Science*, Champaign, v.75, n.1, p.240-249, Jan. 1996.

ANEXOS A

Exemplo do cálculo da absorção de nutrientes.....	76
TABELA 1. Temperatura e umidade relativa do ar durante o experimento.....	77
TABELA 2. Quadrados médios da análise da variância para o ganho de peso, consumo de ração e conversão alimentar de 1 a 21 dias de idade.....	78
TABELA 3. Quadrados médios da análise da variância para a digestibilidade da matéria seca e retenção de nitrogênio de 18 a 21 dias de idade.....	78
TABELA 4. Quadrados médios da análise da variância para a absorção de cálcio e fósforo de 18 a 21 dias de idade.....	78
TABELA 5. Quadrados médios da análise da variância para a absorção de zinco, manganês e magnésio de 18 a 21 dias de idade.....	79
TABELA 6. Quadrados médios da análise da variância para os teores de cinzas, cálcio e fósforo das tíbias das aves aos 21 dias de idade.....	79
TABELA 7. Quadrados médios da análise da variância para os teores de zinco, manganês e magnésio das tíbias das aves aos 21 dias de idade.....	79

Exemplo de cálculo da absorção de fósforo para o tratamento com 0,46% de cálcio na ração:

Quantidade de ração ingerida = 102,5 g/ave/dia

Teor de fósforo na ração = 0,59%

Quantidade de excretas coletadas = 27,98 g/ave/dia

Teor de fósforo nas excretas = 1,05%

Quantidade de excretas endógenas coletadas = 0,68 g/ave/dia

Teor de fósforo nas excretas endógenas = 16 %

$$\text{Absorção P} = \frac{(102,5 \times 0,59/100) - [(27,98 \times 1,05) - (0,68 \times 16)]}{(102,5 \times 0,59/100)} \times 100 = 70\%$$

TABELA 1. Temperatura e umidade relativa do ar durante o experimento.

Dia	Data	Temperatura (°C)			Umidade relativa (%)		
		Máxima	Mínima	Amplitude	12 horas	18 horas	24 horas
1	28/12/99	26,0	17,6	8,4	95	74	88
2	29/12/99	28,4	19,6	8,8	84	64	83
3	30/12/99	29,0	21,0	8,0	80	81	88
4	31/12/99	25,8	21,0	4,8	80	82	96
5	01/01/00	27,6	20,4	7,2	88	75	91
6	02/01/00	27,0	22,6	4,4	91	84	91
7	03/01/00	28,4	21,2	7,2	85	76	95
8	04/01/00	26,8	20,8	6,0	98	91	95
9	05/01/00	28,7	19,4	9,3	75	63	79
10	06/01/00	30,2	20,2	10,0	74	58	83
11	07/01/00	28,8	20,0	8,8	81	71	90
12	08/01/00	27,0	19,8	7,2	93	91	93
13	09/01/00	28,6	20,4	8,2	93	70	90
14	10/01/00	27,8	20,4	7,4	90	70	93
15	11/01/00	29,0	19,0	10,0	77	67	93
16	12/01/00	29,6	20,0	9,6	84	59	94
17	13/01/00	29,0	19,6	9,4	91	66	84
18	14/01/00	29,4	21,2	8,2	77	75	92
19	15/01/00	29,4	20,8	8,6	86	66	93
20	16/01/00	30,2	19,6	10,6	82	61	71
21	17/01/00	30,3	20,2	10,1	80	57	77
Mínima		25,8	17,6	4,4	74	57	71
Média		28,4	20,2	8,2	85	71	88
Máxima		30,3	22,6	10,6	98	91	96

TABELA 2. Quadrados médios da análise da variância para o ganho de peso, consumo de ração e conversão alimentar de 1 a 21 dias de idade.

CAUSAS DE VARIACÃO	DE GL	CONSUMO DE RAÇÃO	GANHO DE PESO	CONVERSÃO ALIMENTAR
Níveis de Cálcio	4	2323,883333 ns	3198,966667 **	0,000937 ns
Sexos	1	21014,533333 *	8602,133333 **	0,001200 ns
Níveis Ca * Sexos	4	2259,783333 ns	626,133333 ns	0,004672 ns
Efeito linear	1	2470,416667 ns	11043,266667**	0,018568 ns
Efeito quadrático	1	657,440476 ns	429,761905 ns	0,006943 ns
Desvio	2	3083,838095 ns	661,419048 ns	0,001118 ns
Erro	20	3599,633333	338,866667	0,005289
CV (%)		6,78	2,78	5,44

** (P<0,01); * (P<0,05); e ns (P>0,05), pelo teste F.

TABELA 3. Quadrados médios da análise da variância para a digestibilidade da matéria seca e retenção de nitrogênio de 18 a 21 dias de idade.

CAUSAS DE VARIACÃO	GL	DIGESTIBILIDADE DA MATÉRIA SECA	RETENÇÃO DE NITROGÊNIO
Níveis de cálcio	4	10,922805 **	48,177672 **
Sexos	1	1,318803 ns	9,953280 ns
Níveis Ca * Sexos	4	1,026895 ns	20,323322 ns
Efeito linear	1	6,507627 ns	98,996415 **
Efeito quadrático	1	30,576933 **	71,116001 **
Desvio	2	3,303330 ns	11,299135 ns
Erro	20	1,673867	7,974887
CV (%)		1,81	4,54

** (P<0,01); * (P<0,05); e ns (P>0,05), pelo teste F.

TABELA 4. Quadrados médios da análise da variância para a absorção de cálcio e fósforo de 18 a 21 dias de idade.

CAUSAS DE VARIACÃO	G.L.	CÁLCIO	FÓSFORO
Níveis de cálcio	4	3213,579388 **	52,013195 *
Sexos	1	47,703630 ns	178,900920 **
Níveis Ca * Sexos	4	12,340422 ns	21,126995 ns
Efeito linear	1	12058,956202 **	0,105002 ns
Efeito quadrático	1	683,487525 **	171,571458 **
Desvio	2	55,936913 ns	18,188160 ns
Erro	20	38,376900	16,789563
CV (%)		14,20	5,39

** (P<0,01); * (P<0,05); e ns (P>0,05), pelo teste F.

TABELA 5. Quadrados médios da análise da variância para a absorção de zinco, manganês e magnésio de 18 a 21 dias de idade.

CAUSAS DE VARIACÃO	GL	ZINCO	MANGANÊS	MAGNÉSIO
Níveis de cálcio	4	23,946700 *	181,202283 **	107,237692 ns
Sexos	1	16,280333 ns	41,090403 ns	247,336653 ns
Níveis Ca * Sexos	4	4,452167 ns	16,136887 ns	105,928478 ns
Efeito linear	1	22,192002 ns	660,879282 **	230,809707 ns
Efeito quadrático	1	57,718296 **	25,774296 ns	157,495243 ns
Desvio	2	7,938251 ns	19,077778 ns	20,322909 ns
Erro	20	6,287803	14,577027	101,127253
CV (%)		5,25	10,98	28,11

** (P<0,01); * (P<0,05); e ns (P>0,05), pelo teste F.

TABELA 6. Quadrados médios da análise da variância para os teores de cinzas, cálcio e fósforo das tíbias das aves aos 21 dias de idade.

CAUSAS DE VARIACÃO	GL	CINZAS	CÁLCIO	FÓSFORO
Níveis de Cálcio	4	7,525438 **	0,878528 **	0,694047 **
Sexos	1	5,772853 *	1,273080 *	0,051253 ns
Níveis Ca * Sexos	4	1,144995 ns	0,183455 ns	0,094687 ns
Efeito linear	1	0,000327 ns	0,539602 ns	1,238407 **
Efeito quadrático	1	15,738686 **	1,255630 *	1,157376 **
Desvio	2	7,181370 **	0,859441 *	0,190202 ns
Erro	20	0,991477	0,187217	0,133887
CV (%)		1,93	2,44	3,47

** (P<0,01); * (P<0,05); e ns (P>0,05), pelo teste F.

TABELA 7. Quadrados médios da análise da variância para os teores de zinco, manganês e magnésio das tíbias das aves aos 21 dias de idade.

CAUSAS DE VARIACÃO		ZINCO	MANGANÊS	MAGNÉSIO
Níveis de Cálcio	4	31,934933 ns	1,009012 **	167443,944583 ns
Sexos	1	61,032803 ns	0,144213 ns	49167,818003 ns
Níveis Ca * Sexos	4	7,404853 ns	0,393138 ns	294552,662170 ns
Efeito linear	1	44,720667 ns	3,523527 **	633548,283527 ns
Efeito quadrático	1	55,632019 ns	0,417219 ns	0,269733 ns
Desvio	2	13,693524 ns	0,047650 ns	18113,612537 ns
Erro	20	64,863373	0,224007	177495,954580
CV (%)		4,28	5,19	15,78

** (P<0,01); * (P<0,05); e ns (P>0,05), pelo teste F.