

EVANDRO FERREIRA CARDOSO

**FÓSFORO DISPONÍVEL EM RAÇÕES PARA FRANGOS DE CORTE DOS 22
AOS 42 DIAS DE IDADE, EM DIFERENTES AMBIENTES TÉRMICOS,
MANTENDO OU NÃO A RELAÇÃO CÁLCIO E FÓSFORO DISPONÍVEL DAS
RAÇÕES**

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

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2015

Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Câmpus Viçosa

T

C268f
2015

Cardoso, Evandro Ferreira, 1982-

Fósforo disponível em rações para frangos de corte dos 22
aos 42 dias de idade, em diferentes ambientes térmicos,
mantendo ou não a relação cálcio e fósforo disponível das rações
/ Evandro Ferreira Cardoso. – Viçosa, MG, 2015.
xiv, 62f. ; 29 cm.

Inclui anexo.

Orientador: Juarez Lopes Donzele.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.

Inclui bibliografia.

1. Frango de corte. 2. Minerais na nutrição animal.
3. Fósforo na nutrição animal. 4. Cálcio na nutrição animal.
5. Ambiente térmico. 6. Temperatura atmosférica - Efeito
fisiológico. 7. Desempenho. I. Universidade Federal de Viçosa.
Departamento de Zootecnia. Doutorado em Zootecnia. II. Título.

CDD 22. ed. 636.08527

EVANDRO FERREIRA CARDOSO

**FÓSFORO DISPONÍVEL EM RAÇÕES PARA FRANGOS DE CORTE DOS 22
AOS 42 DIAS DE IDADE, EM DIFERENTES AMBIENTES TÉRMICOS,
MANTENDO OU NÃO A RELAÇÃO CÁLCIO E FÓSFORO DISPONÍVEL DAS
RAÇÕES**

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

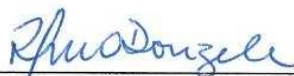
APROVADA: 17 de agosto de 2015.



Marcelo Dias da Silva



Rogério Pinto



Rita Flávia M. Oliveira Donzele
(Coorientadora)



Luiz Fernando Teixeira Albino
(Coorientador)



Juarez Lopes Donzele
(Orientador)

A Deus,

Aos meus pais, Ana Maria Mattos Molluna e Fernando Molluna, pelo suporte e apoio incondicional.

Ao meu irmão Leandro Ferreira Cardoso, grande amigo que, apesar da distância, permaneceu sempre presente.

À minha noiva Bruna Leite Sufiate, pessoa maravilhosa e companheira para todas as horas, que contribuiu e muito para a conclusão de mais esta etapa.

Aos meus avós Jeovah Miranda Ferreira e Altair Mattos Ferreira (in memoriam), exemplos de vida e participação imprescindível na formação do meu caráter.

Dedico!

"É muito melhor arriscar coisas grandiosas, alcançar triunfos e glórias, mesmo expondo-se à derrota, do que formar fila com os pobres de espírito que nem gozam muito nem sofrem muito, porque vivem nessa penumbra cinzenta que não conhece vitória nem derrota..."

Theodore Roosevelt

AGRADECIMENTOS

A Deus, por todas as oportunidades concedidas e pela força para alcançar meus sonhos.

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

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), pela concessão da bolsa de estudos, financiamento do projeto e concessão da bolsa de doutorado sanduíche na University of Maryland.

Ao meu orientador, professor Juarez Lopes Donzele, pela oportunidade concedida, pela orientação, pela amizade, pelos ensinamentos e pelos sermões de casamento.

À professora Rita Flávia Miranda de Oliveira Donzele, pela amizade e participação ativa em minha formação profissional.

À professora Clara Roselina Angel, por demonstrar um prazer sem igual na busca por conhecimento e pela orientação profissional.

Ao professor Luiz Fernando Teixeira Albino (UFV), pela amizade, pelos conselhos e pela participação na banca examinadora.

Aos professores Rogério Pinto (Univiçosa) e Marcelo Dias da Silva (Univiçosa), pela participação na banca examinadora.

Aos funcionários do Setor de Avicultura do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa, pelo apoio durante a condução dos experimentos. Em especial aos amigos Adriano, José Lino e Elísio, pela amizade, colaboração e agradável convivência.

Ao Mauro Jarbas, divisão de produção, pela amizade e ajuda inestimável na realização deste trabalho.

Ao José Antônio, pela dedicação na manutenção das câmaras climáticas e pela amizade.

Ao Departamento de Ciência Animal da University of Maryland por custear a participação no The International Production & Processing Expo 2014 e 2014 PSA Annual Meeting.

A todos os professores, colegas de pós-graduação e funcionários do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa que muito contribuíram para que esse objetivo fosse alcançado.

A todos aqueles que não estão nominalmente citados e que fizeram ou fazem parte da minha vida.

Muito obrigado por tudo!

BIOGRAFIA

EVANDRO FERREIRA CARDOSO, filho de Evandro Luiz Cardoso e Ana Maria Mattos Ferreira Molluna, nasceu em Vitória, Espírito Santo, em 4 de janeiro de 1982.

Em março de 2000, iniciou o curso de graduação em Administração, com ênfase em Comércio Exterior, no Instituto de Ensino Superior Prof. Nelson Abel de Almeida, concluindo-o em dezembro de 2003.

Em março de 2005, iniciou o curso de graduação em Zootecnia no Centro Universitário Vila Velha, concluindo-o em dezembro de 2008.

Em agosto de 2009, iniciou o Programa de Pós-Graduação, em nível de Mestrado em Zootecnia (área de Nutrição de Monogástricos) da Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa, MG, concluindo-o em julho de 2011.

Em março de 2012, também na Universidade Federal de Viçosa, ingressou no no Programa de Pós-Graduação, em nível de Doutorado em Zootecnia (área de Nutrição de Monogástricos), submetendo-se à defesa da dissertação no dia 17 de Agosto de 2015.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	ix
RESUMO.....	xi
ABSTRACT.....	xiii
INTRODUÇÃO GERAL.....	01
REVISÃO DE LITERATURA.....	03
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	09

CAPÍTULO 1

FÓSFORO DISPONÍVEL EM RAÇÕES PARA FRANGOS DE CORTE DOS 22 AOS 42 DIAS DE IDADE, EM AMBIENTE TERMONEUTRO, MANTENDO OU NÃO A RELAÇÃO CÁLCIO E FÓSFORO DISPONÍVEL DAS RAÇÕES.....	15
Resumo.....	15
Abstract.....	17
Introdução.....	18
Material e métodos.....	20
Resultados e discussão.....	26
Conclusão.....	35
Referências bibliográficas.....	36

CAPÍTULO 2

FÓSFORO DISPONÍVEL EM RAÇÕES PARA FRANGOS DE CORTE DOS 22 AOS 42 DIAS DE IDADE, EM AMBIENTE DE ALTA TEMPERATURA, MANTENDO OU NÃO A RELAÇÃO CÁLCIO E FÓSFORO DISPONÍVEL DAS RAÇÕES.....	41
Resumo.....	41

Abstract.....	43
Introdução.....	44
Material e métodos.....	46
Resultados e discussão.....	52
Conclusão.....	59
Referências bibliográficas.....	60
CONCLUSÕES GERAIS.....	63
ANEXO I	64

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1

Tabela 1 – Composição das rações experimentais (Cálcio fixo – CaF).....	21
Tabela 2 – Composição das rações experimentais (Cálcio variando – CaV).....	22
Tabela 3 – Efeitos do aumento nos níveis de fósforo disponível (Pd) sobre o desempenho de frangos de corte dos 22 aos 42 dias de idade, mantendo ou não a relação Ca:Pd das rações, em ambiente termoneutro (22 °C).....	28
Tabela 4 – Efeitos do aumento nos níveis de fósforo disponível (Pd) sobre as características ósseas de frangos de corte dos 22 aos 42 dias de idade, mantendo ou não a relação Ca:Pd das rações, em ambiente termoneutro (22 °C).....	29
Tabela 5 – Efeitos do aumento dos níveis de fósforo disponível (Pd) sobre o peso absoluto (g) e relativo (%) da carcaça e dos cortes nobres de frangos de corte machos aos 42 dias de idade, mantendo ou não a sua relação com o cálcio das rações, em ambiente termoneutro (22°C).....	33
Tabela 6. Equações e exigências das variáveis analisadas para frangos de corte machos dos 22 aos 42 dias de idade alimentados com níveis crescentes de fósforo disponível (Pd), mantendo ou não a sua relação com o cálcio das rações, expostas a condições termoneutras (22°C).....	34

CAPÍTULO 2

Tabela 1 – Composição das rações experimentais (Cálcio fixo – CaF).....	47
--	----

Tabela 2 – Composição das rações experimentais (Cálcio variando – CaV).....	48
Tabela 3 – Efeitos do aumento nos níveis de fósforo disponível (Pd) sobre o desempenho de frangos de corte dos 22 aos 42 dias de idade, mantendo ou não a relação Ca:Pd das rações, em ambiente de alta temperatura (32 °C).....	53
Tabela 4 – Efeitos do aumento nos níveis de fósforo disponível (Pd) sobre as características ósseas de frangos de corte dos 22 aos 42 dias de idade, mantendo ou não a relação Ca:Pd das rações, em ambiente de alta temperatura (32 °C).....	54
Tabela 5 – Efeitos do aumento dos níveis de fósforo disponível (Pd) sobre o peso absoluto (g) e relativo (%) da carcaça e cortes nobres de frangos de corte machos aos 42 dias de idade, mantendo ou não relação Ca:Pd, em ambiente de alta temperatura (32 °C).....	56
Tabela 6. Equações e exigências das variáveis analisadas para frangos de corte machos dos 22 aos 42 dias de idade alimentados com níveis crescentes de fósforo disponível (Pd), mantendo ou não a sua relação com o cálcio das rações, expostas a condições de alta temperatura (32°C).....	58

RESUMO

CARDOSO, Evandro Ferreira, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, agosto de 2015. **Fósforo disponível em rações para frangos de corte dos 22 aos 42 dias de idade, em diferentes ambientes térmicos, mantendo ou não a relação cálcio e fósforo disponível das rações.** Orientador: Juarez Lopes Donzele. Coorientadores: Rita Flávia Miranda de Oliveira Donzele e Luiz Fernando Teixeira Albino.

Dois experimentos foram conduzidos para determinar a exigência nutricional de fósforo disponível (**Pd**) para frangos de corte machos de 22 a 42 dias de idade, em ambiente termoneutro, com temperatura média de $21,8 \pm 1,0^{\circ}\text{C}$ e umidade relativa de $68,8 \pm 8,5\%$, correspondendo a um ITGU calculado de $67,3 \pm 10,6$, e alta temperatura, com média de $31,9 \pm 0,6^{\circ}\text{C}$ e umidade relativa de $60,8 \pm 4,4\%$, correspondendo a um ITGU calculado de $81,5 \pm 0,7$, mantendo-se ou não a relação entre cálcio (Ca) e fósforo disponível (Pd) das das rações. As aves foram distribuídas para ambos experimentos em delineamento experimental inteiramente casualizado, em esquema fatorial 4×2 , com 4 níveis de Pd: 0,25; 0,35; 0,45 e 0,55%, e 2 estratégias de fornecimento do Ca: Fixando-o em 0,90%, independentemente do nível de Pd (**CaF**), ou variando os níveis de Ca e Pd, a fim de manter a relação Ca: Pd de 2:1 (**CaV**), com seis repetições compostas por sete aves / repetição. Em ambiente termoneutro os níveis de Pd testados afetaram significativamente o consumo de ração (**CR**) de frangos de corte que receberam a ração com CaF, que aumentou de forma quadrática até o nível estimado de 0,35%, e a conversão alimentar (**CA**) aumentando e diminuindo até os níveis estimados de 0,35 e 0,40% Pd, respectivamente, para as rações CaF e CaV. Em ambiente de alta temperatura, independente da estratégia de fornecimento de Ca utilizada, os níveis de Pd não apresentaram efeito significativo sobre o consumo de ração (**CR**) e a conversão alimentar (**CA**). Independente do ambiente térmico e da estratégia de fornecimento de Ca utilizada,

os níveis de Pd não afetaram significativamente o ganho de peso (**GP**) e a taxa de deposição de proteína (**TDP**) e gordura (**TDG**) de frangos de corte, no entanto, afetaram linearmente a ingestão de Pd (**CPd**). Com relação as variáveis ósseas, quando em ambiente termoneutro, a concentração de fósforo na tíbia (**TibP**), o teor de cinzas na tíbia (**TibCZ**) e relação Ca:P depositada na tíbia (**TibCa:TibP**) aumentaram de forma quadrática até os níveis estimados de, respectivamente, 0,41, 0,39 e 0,49% Pd com a ração CAF, enquanto que, com a ração CaV, a concentração de cálcio na tíbia (**TibCa**) e TibCa:TibP aumentaram linearmente e, quando em ambiente de alta temperatura, independente da estratégia de fornecimento de Ca, não foi identificado efeito dos níveis de Pd das rações sobre a concentração de TibCa e teor de cinzas na tíbia TibCZ. Quanto ao TibP, foi observado efeito significativo apenas quando a ração CaV foi fornecido, aumentando de forma linear. Os níveis de Pd testados afetaram significativamente TibCa:TibP quando as aves receberam a ração CaF, aumentando de forma quadrática até o nível estimado de 0,43% Pd. O peso absoluto (g) e relativo (%) da carcaça e cortes nobres não foi afetado pelos níveis de Pd testados, independente do ambiente térmico e da técnica de fornecimento do Ca, para todas as variáveis testadas, com exceção do rendimento de peito que aumentou de forma quadrática até o nível estimado de 0,35% Pd com a ração CaF quando em ambiente termoneutro. Para o período de 22 a 42 dias de idade, os níveis de Pd que proporcionaram melhores resultados de desempenho e mineralização óssea foram, respectivamente, 0,25 e 0,41% com a ração CaF e 0,40 e 0,55%, respectivamente, com a ração CaV, quando em ambiente termoneutro. Quando em ambiente de alta temperatura, os níveis de Pd foram de 0,25% com a ração CAF e 0,25 e 0,55%, respectivamente, com a ração CaV.

ABSTRACT

CARDOSO, Evandro Ferreira, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, August, 2015. **Available phosphorus on diets for broilers from 22 to 42 days of age, under different thermal environments, keeping or not the calcium to available phosphorus ratio of diets.** Adviser: Juarez Lopes Donzele. Co-Advisers: Rita Flávia Miranda de Oliveira Donzele and Luiz Fernando Teixeira Albino.

Two experiments were conducted to access the available phosphorus nutritional requirement (**aP**) for male broilers from 22 to 42 days old, on thermoneutral environment, with an average temperature of 21.8 ± 1.0 °C and relative air humidity of $68.8 \pm 8.5\%$, corresponding to a calculated BGTH of 67.3 ± 10.6 , and high temperature environment, with an average of 31.9 ± 0.6 °C and relative air humidity of $60.8 \pm 4\%$, corresponding to a calculated BGTH of 81.5 ± 0.7 , keeping or not the calcium (**Ca**) to aP ratio of diets. The broiler chicks were distributed for both experiments in a completely randomized 4 x 2 factorial design with 4 aP levels: 0.25; 0.35; 0.45 and 0.55%, and 2 Ca supply strategies: Fixing Ca 0.90% regardless of the aP level (**CaF**) or varying the levels of Ca and aP in order to maintain a 2:1 Ca:aP ratio (**CaV**), with six replication of seven birds / rep. In thermoneutral environment, the aP levels tested significantly affected feed intake (**FI**) of broilers fed diet with CaF, which increased quadratically up to the estimated level of 0.35%, and the feed conversion ratio (**FCR**) which increased and decreased to the estimated levels of 0.35 and 0.40% aP, respectively, for the diets with CaF and CaV. In high temperature environment, independently of the Ca supply strategy used, the aP levels showed no significantly effect on FI and FCR. Regardless of the thermal environment and Ca supply strategy used, the aP levels showed no effect on body weight gain (**BWG**) and protein (**TDP**) and fat (**TDG**) deposition rate of broilers, however, linearly affected aP intake (**aPin**). Regarding bone variables, when in thermoneutral environment, the

concentration of tibia phosphorus (**TibP**), tibia ash (**TibAsh**) and Ca:P ratio deposited in the tibia (**TibCa:TibP**) increased quadratically to the estimated levels of, respectively, 0.41, 0.39 and 0.49% aP with CaF diet, while with CaV diet, the tibia calcium concentration (**TibCa**) and TibCa:TibP linearly increased and, when in high temperature environment, regardless of the Ca supply strategy, it was not identified any effect of the aP levels on TibCa and TibAsh concentration. As for the TibP, there was a significant effect only when the CaV diet was provided, increasing linearly. The aP levels tested significantly affected TibCa:TibP when birds received the CaF diet, quadratically increasing up to the estimated level 0.43% aP. The carcass and noble cuts absolute (g) and relative (%) weight was not effected by the aP levels tested, regardless of the thermal environment and the Ca supply technique adopted, for all tested variables, except for the breast yield that increased quadratically up to the estimated level of 0.35% aP with CaF diet in thermoneutral environment. For the period from 22 to 42 d of age, the aP levels that provided the best results for performance and bone mineralization were, respectively, 0.25 and 0.41% with CaF diet and 0.40 and 0.55% with CaV diet, when in thermoneutral environment. When in high temperature environment, the aP levels were 0.25% with CaF diet and 0.25 and 0.55%, respectively, with CaV diet.

INTRODUÇÃO GERAL

O fósforo (P) é um mineral de extrema importância na nutrição de frangos de corte a fim de se alcançar um crescimento e desenvolvimento normais. Depois do cálcio, é o segundo mineral mais abundante no corpo e tem um papel importante no metabolismo de carboidratos, aminoácidos, lípidos, e energia (Ankra-Badu et al., 2010). Além disso, o fósforo é o terceiro componente mais caro da ração de frangos de corte (Woyengo e Nyachoti, 2011).

Cálcio (Ca) e P são importantes para o desenvolvimento e para a manutenção do sistema esquelético em frangos de corte e deficiências na quantidade ou a imprópria relação entre esses dois minerais geralmente leva a maior incidência de problemas de perna (Xie et al., 2009).

Aproximadamente dois terços do fósforo encontrado nos alimentos de origem vegetal está sob a forma de fósforo fítico (PP) que pode ser apenas parcialmente digerido devido à incapacidade em produzir enzima fitase suficiente para clivar o fósforo a partir do PP e torná-lo disponível para absorção (Bedford, 2000).

A fim de superar a baixa digestibilidade do PP e, em parte, porque as necessidades de P para frangos de corte não são completamente compreendidas, historicamente, vem sendo adicionado excesso de P às dietas de aves visando fornecer P disponível, bem como uma margem de segurança (Dhandu e Angel, 2003), criando uma importante ameaça ao meio ambiente quando as excretas contendo P residual são aplicadas ao solo (Ankra-Badu et al., 2010). Em alguns países a excreção de fósforo tem causado preocupações devido ao excesso desse mineral no ambiente, podendo acarretar problemas como a contaminação do solo e de lençóis freáticos (Runho et al., 2001). O fósforo lixiviado do solo estimula o rápido crescimento de algas e reduz os níveis de oxigênio, comprometendo a vida aquática (Silva et al., 2008).

Até recentemente, as exigências de Ca ou de P eram determinadas independentemente a um nível constante do outro mineral (Ca ou P). No entanto, as exigências desses dois minerais são interdependentes. Desta forma, interações entre Ca e P digestível existem e relações Ca:P impróprias prejudicam o desempenho de frangos de corte (Rama Rao et al. 2006; Xie et al. 2009).

Também deve-se ter em mente que o estresse térmico constitui um problema em várias regiões do mundo, especialmente no Brasil, influenciando negativamente o desempenho de frangos de corte. Estudos recentes demonstram que animais expostos a estresse térmico crônico apresentam uma redução na exigência de fósforo disponível (Pd) devido ao crescimento limitado (Pérsia et al, 2003). Além disso, considerando que os níveis dos nutrientes são expressos em porcentagem e a temperatura ambiente elevada reduz o consumo de alimento, a ingestão de nutrientes é comprometida.

Portanto, este estudo foi desenvolvido para avaliar o impacto da relação Ca:Pd sobre a exigência nutricional de Pd para frangos de corte de 22 a 42 dias de idade em diferentes ambientes térmicos.

Esta tese foi elaborada na forma de artigo de acordo com as normas determinadas pela Universidade Federal de Viçosa (UFV), e adaptada aos padrões da Revista Brasileira de Zootecnia.

REVISÃO DE LITERATURA

O fósforo (P) é um mineral de grande importância por desempenhar papel principal em inúmeras reações bioquímicas e na manutenção do sistema esquelético juntamente com o cálcio (Ca) (Bougouin et al., 2014; Karimi et al., 2011). Após o Ca, é o segundo mineral mais abundante no corpo, além de ser de extrema importância para frangos de corte visando um crescimento e desenvolvimento normal e desempenhar um papel fundamental no metabolismo de carboidratos, aminoácidos e energia (Ankra-Badu et al., 2010).

Para que as demandas metabólicas sejam atendidas, aves de cada espécie e idades necessitam de quantidades específicas deste mineral prontamente disponíveis para absorção e utilização (Ankra-Badu et al., 2004). O fósforo representa de 0,7 a 1,2% do peso corporal do animal, sendo que aproximadamente 80% deste se encontra armazenado no esqueleto e 20% nos tecidos moles do corpo, principalmente nas hemácias, no tecido muscular e nervoso (Auman, 2003; Lemos, 2006).

Segundo Angel et al. (2002) e Ankra-Badu et al. (2010) as rações para frangos de corte são constituídas principalmente por ingredientes de origem vegetal que, em sua maioria, são armazenados na forma de fósforo fítico (PP), composto pouco disponível para frangos de corte. Sua concentração na maioria dos ingredientes de origem vegetal varia de 1 a 2%, no entanto, quantidades elevadas como de 3 a 6% foram relatadas em algumas variedades destes ingredientes (Cheryan & Rachis, 1980), representando de 60 a 90% do fósforo total (Bolling et al., 2000; EL-Sherbiny et al., 2010; Iyayi et al., 2013).

Estas fontes apresentam concentrações de P relativamente baixas quando comparadas às fontes de origem animal, podem contribuir significativamente no aporte final de fósforo da ração, devido aos grandes níveis de inclusão nas formulações (Cardoso

Júnior, 2008). O grande empecilho, no entanto, está relacionado à forma orgânica (não disponível) do fósforo presente nas fontes de fósforo de origem vegetal.

Essa baixa disponibilidade do P gera um problema tanto econômico quanto ambiental. Do ponto de vista econômico, o P representa o terceiro componente mais oneroso em rações para frangos de corte, ficando atrás somente da energia e aminoácidos (Bolling et al., 2000). Portanto, existe a necessidade de otimizar o uso do P a fim de reduzir os custos com alimentação (Woyengo & Nyachoti, 2011). Já do ponto de vista ambiental, grandes quantidades do P consumido é excretado nas fezes devido à sua elevada indisponibilidade (Bougouin et al., 2014).

Há evidências de que aves domésticas são capazes de utilizar, pelo menos, parcialmente o PP dietético, apesar de haver grande variação nas disponibilidades relatadas (Bougouin et al., 2014). Segundo Bedford (2000), Cardoso Júnior (2008) e Woyengo & Nyachoti (2010), animais monogástricos não sintetizam fitase endógena em quantidade suficiente para degradar todo o ácido fítico ou fitato das fontes de origem vegetal e, portanto, observa-se uma baixa eficiência no aproveitamento desse fósforo, sendo este limitado a valores entre 25 e 30%.

Essa baixa capacidade digestiva do PP por animais monogástricos, somada à sua variabilidade digestiva dentro de um mesmo ingrediente e entre ingredientes distintos, faz com que o P proveniente de fontes inorgânicas, tal como o fosfato bicálcico, seja adicionado à dieta a fim de atender às exigências nutricionais e, conseqüentemente, elevar as concentrações de P total e, simultaneamente, o custo com alimentação (Angel et al., 2002; Bougouin et al., 2014; Selle & Ravindran, 2007).

A designação química correta do ácido fítico é 1,2,3,4,5,6-hexaquis(dihidrogenofosfato)-mio-inositol (IP6) (Oberleas, 1971) e possui 12 locus de dissociação de prótons. Desse total, seis são muito ácidos apresentando um valor de pKa aproximado de 1,5, três locus são ligeiramente ácidos com valores de pKa entre 5,7 e 7,6, e os três locus restantes são pouco ácidos, com valores de pKa maiores que 10 (Maenz, 2001).

Em dissociação total, os seis grupos fosfato apresentam 12 cargas negativas o que, em condições de pH levemente ácido a neutro, pode atrair moléculas carregadas positivamente, e, assim, confere ao ácido fítico uma elevada capacidade de quelação de cátions multivalentes, proteínas (Dersjant et al., 2014; Kies et al., 2006), e energia (Adeola & Sands, 2003; Angel et al., 2002; Pallauf & Rimbach, 1997), o que lhe confere suas propriedades anti-nutricionais (Selle & Ravindran, 2007).

A estrutura, forma, e local de ocorrência da fitina em grãos e sementes de leguminosas podem determinar a extensão da interação com outros nutrientes, e portanto pode ser um fator importante na digestibilidade e utilização do fitato por monogástricos (Adeola & Sands, 2003; Onyango et al., 2008).

Na literatura três terminologias são empregadas para descrever o substrato da enzima fitase, são estes: fitato, fitina e ácido fítico. O termo mais comumente utilizado, fitato, refere-se ao sal misto de ácido fítico (mio-inositol hexafosfato). O termo fitina refere-se especificamente ao complexo depositado de ácido fítico (IP6) com potássio, magnésio e cálcio, como ocorre em plantas, enquanto que o ácido fítico é a forma livre do IP6 (Selle & Ravindran, 2007).

Diante da incompreensão das exigências nutricionais de P para frangos de corte e a sua concentração e disponibilidade variável entre os diversos ingredientes somadas ao fato de que a incapacidade de fornecer quantidades satisfatórias deste mineral na ração pode conduzir ao desenvolvimento do esqueleto deformado, diminuição no desempenho e mortalidade excessiva (Waldroup, 1999), nutricionistas rotineiramente incluem uma margem de segurança para o P quando formulando dietas para frangos de corte (Jiang et al., 2010; Van der Klis & Versteegh, 1996). Este excesso irá eventualmente atravessar o trato digestório e ser excretado nas fezes, criando preocupações quanto à contaminação ambiental (Abudabos, 2012) uma vez que esses resíduos podem causar a eutrofização das águas de superfície (Bougouin et al., 2014).

Dessa forma, é necessário proporcionar concentrações adequadas de fósforo em rações para frangos de corte com uma margem de segurança suficiente para reduzir a poluição ambiental, juntamente com um desempenho ideal (Yan et al., 2003).

A recente ênfase no impacto da pecuária sobre o ambiente renovou o interesse na redução da excreção de nutrientes. Nesse sentido, interesse especial tem sido dado ao P e, conseqüentemente, várias estratégias tem sido desenvolvidas com o objetivo de reduzir a excreção deste mineral por frangos de corte (Angel et al., 2005).

Entre essas estratégias desenvolvidas, as mais importantes são: 1) determinar as exigências de P para o frango de corte moderno sob práticas de manejo atuais (Dhandu & Angel, 2003) de forma que as rações possam ser formuladas para atender essa exigência; 2) uso correto de aditivos alimentares que proporcionam aumento na disponibilidade do P contido nos alimentos de origem vegetal (Angel et al., 2005) e 3) reduzir geneticamente o teor de fitato dos grãos de cereais e oleaginosas, melhorando, assim, a disponibilidade de P pela planta (Li et al., 2000).

Quanto à determinação precisa das exigências nutricionais de P para frangos de corte, estudos recentes demonstram que a utilização do PP é variável e que fatores dietéticos tais como o nível de Ca e P, a disponibilidade do P, a relação Ca:P, interação com a fitase, vitamina D₃, metabólitos da vitamina D₃ e temperatura ambiente, bem como o método de processamento e o tamanho das partículas da ração ou dos ingredientes nela incorporados podem influenciar a hidrólise do PP no TGI (Angel et al., 2007; Delezie et al., 2012; Driver et al., 2005a; Létourneau-Montminy et al., 2008, 2010; Maia et al., 2009; Mello, 2010).

A preocupação quanto à influência do Ca sobre o metabolismo do P em sua maior parte está focada nos efeitos deletérios do excesso de Ca. Segundo Mello et al. (2012), isto ocorre porque as rações para frangos de corte tem sido formuladas com elevados níveis de Ca, e recentemente, nutricionistas consideraram esta prática um problema. Portanto, os esforços atuais concentram-se em reduzir os níveis de Ca das rações sem que haja o comprometimento do desempenho de frangos de corte pela concentração insuficiente de Ca ou relação Ca:P inadequada.

A digestibilidade do P em frangos de corte é afetada diretamente pela quantidade de Ca e P e a relação desses minerais na dieta (Driver et al., 2005; Selle et al., 2009) devido à relação antagonista entre eles no intestino (Liu et al., 2013).

A concentração dietética de Ca exerce um grande impacto sobre a disponibilidade de P em frangos de corte. Sua redução, por exemplo, resulta em um aumento na digestibilidade do P através da melhora na digestibilidade do P fítico, provavelmente via aumento na persistência da solubilidade do fitato no intestino delgado (Li et al., 2014).

Em estudo realizado por Wilkinson et al. (2013) foi constatado que a digestibilidade aparente de P aumentou de 0,27 para 0,37% quando o cálcio dietético foi reduzido de 1,0 para 0,25%.

Rama Rao et al. (2006) indicaram que ambos Ca e P coexistem em muitas funções biológicas e a exigência nutricional desses minerais é interdependente. Um excesso de Ca na dieta reduz a absorção de P pela formação de complexos insolúveis no lumen intestinal. Por outro lado, níveis muito baixos de cálcio são insuficientes para a mineralização óssea, levando a aumentos na excreção de fósforo. Portanto, em vez de considerar apenas os níveis absolutos, a relação Ca:P nas rações também deveria ser considerada.

Estes mesmos autores também citam que o conteúdo de cinzas na tíbia foi máximo e a excreção de P mínima quando a relação entre estes minerais foi mantida em 2:1 na ração, independente dos níveis desses minerais na dieta.

Segundo Mello et al (2012), é possível que o nível de Ca usado nos experimentos em que buscou-se determinar a exigência nutricional de P esteja acima da exigência dos animais, resultando em níveis elevados de exigência de P. Portanto, para determinar as exigências nutricionais de fósforo disponível (Pd), é importante considerar as mesmas relações Ca:Pd para todos os experimentos, evitando, assim, conclusões equivocadas.

É importante considerar também a temperatura ambiente em que as aves são mantidas, pois estas podem interferir nas exigências nutricionais de P através de alterações no metabolismo das aves (Maia et al., 2009). Segundo Abioka et al. (2012), os frangos de corte comerciais de desempenho superior são mais sensíveis à temperatura elevada durante as fases de crescimento e terminação. Sendo assim, a temperatura ambiental tem sido um fator limitante na produção de carne em climas quentes, especialmente em países em desenvolvimento onde os produtores não possuem recursos necessários para arcar com os elevados custos de climatização dos aviários (Deeb & Cahaner, 2002).

O estresse térmico resulta de um saldo negativo entre o valor líquido da energia que flui do corpo do animal para o ambiente circundante e a quantidade de energia térmica produzida pelo animal. Este desequilíbrio pode ser provocado por variações de uma combinação de fatores ambientais e as características do animal (Lara & Rostagno, 2013).

Dentre os fatores ambientais, a umidade relativa (UR) é raramente incluída como variável experimental, mesmo para fins informativos, e o fato de que aumentos em sua escala possam agravar o estresse pelo calor é negligenciado (Laganá, 2005). Além disso, considerando que o principal mecanismo de dissipação de calor pelas aves, em temperaturas elevadas, é a evaporação respiratória, é certo que a capacidade da ave de suportar o calor é inversamente proporcional ao teor de umidade relativa do ar (Medeiros, 2001).

Desta forma, a temperatura do ar, isoladamente, tem sido considerada insuficiente para caracterizar o ambiente no qual os animais se encontram, uma vez que ela pode modificar e ser modificada por diversos fatores climáticos. A caracterização do ambiente térmico em um único valor e este representando o impacto total das variáveis que interferem no equilíbrio térmico do animal seria de grande valia (Siqueira et al., 2007).

Dentre os diversos índices bioclimáticos, o Índice de Temperatura de Globo e Umidade (ITGU), proposto por Buffington et al. (1981), é considerado o mais adequado para avaliar o conforto térmico nas condições em que os animais são expostos à radiação solar (condições tropicais), uma vez que combina os efeitos da temperatura do ar,

umidade relativa, velocidade do ar e radiação em um único valor (Silva, 2002), sendo representado pela equação:

$$ITGU = T_{gn} + 0,36 T_{po} - 330,08$$

em que:

T_{gn} = temperatura de globo negro (K); e

T_{po} = temperatura do ponto de orvalho (K).

Nesse contexto, o cálculo do ITGU é uma ferramenta eficiente para diagnosticar a condição ambiental em que o animal está inserido. De acordo com Silva (2002), valores de ITGU variando de 65 a 77 são adequados para frangos de corte de 22 a 42 dias de idade, não comprometendo o desempenho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abioja, M. O.; Ogundimu, K. B.; Akibo, T. E.; Odukoya, K. E.; Ajiboye, O. O.; Abiona, J. A.; Williams, T. J.; Oke, E. O.; e Osinowo, O. A. 2012. Growth, mineral deposition, and physiological responses of broiler chickens offered honey in drinkingwater during hot-dry season. **International Journal of Zoology Article** ID 403502. doi:10.1155/2012/403502.
- Abudabos, A. M. 2012. Optimal dietary phosphorus for broiler performance, bone integrity and reduction of phosphorus excretion. **Asian Journal of Animal and Veterinary Advances** 7(4):288-298.
- Adeola, O.; Sands, J. S. 2003. Does supplemental dietary microbial phytase improve amino acid utilization? A perspective that it does not. **Journal of Animal Science** 81(E. Suppl. 2):E78–E85.
- Angel, R. 2007. Metabolic disorders: limitations to growth of and mineral deposition into the broiler skeleton after hatch and potential implications for leg problems. **Journal Apply Poultry Research** 16:138-149.
- Angel, R.; Saylor, W. W.; Dhandu, A. S.; Powers, W.; e Applegates, T. J. 2005. Effects of dietary phosphorus, phytase, and 25-hydroxycholecalciferol on performance of broiler chickens grown in floor pens. **Poultry Science** 84:1031-1044.
- Angel, R; Tamim, N. M.; Applegate, T. J.; Dhandu, A. S.; e Ellestad, L. E. 2002. Phytic acid chemistry: influence on phytin-phosphorus availability and phytase efficacy. **Journal Apply Poultry Research** 11:471-480.
- Ankra-Badu, G. A.; Pesti, G. M.; e Aggrey, S. E. 2010. Genetic interrelationships among phosphorus, nitrogen, calcium, and energy bioavailability in a growing chicken population. **Poultry Science** 89:2351-2355.
- Ankra-Badu, G. A.; Aggrey, S. E.; Pesti, G. M.; Bakalli, R. I.; e Edwards, Jr, H. M. 2004. Modeling of parameters affecting phytate phosphorus bioavailability in growing birds. **Poultry Science** 83:1083-1088.
- Auman, S. K. 2003. **Increasing dietary phosphorus retention and decreasing fecal phosphate excretion in modern commercial broilers**. Tese (D.Sc.). North Carolina State University, Raleigh, NC, EUA.
- Bedford, M. R. 2000. Exogenous enzymes in monogastric nutrition - their current value and future benefits. **Animal Feed Science and Technology** 86:1-13.

- Boling, S. D.; Douglas, M. W.; Johnson, M. L.; Wang, X.; Parsons, C. M.; Koelkebeck, K. W.; e Zimmerman, R. A. 2000. The effects of dietary available phosphorus levels and phytase on performance of young and older laying hens. **Poultry Science** 79:224-230.
- Bougouin, A.; Appuhamy, J. A. D. R. N.; Kebreab, E.; Dijkstra, J.; Kwakkel, R. P.; e France, J. 2014. Effects of phytase supplementation on phosphorus retention in broilers and layers: A meta-analysis. **Poultry Science** 93:1-12.
- Buffington, D. E.; Colazzo-Arocho, A.; Canton, G. H.; Pitt, D.; Thatcher, W. W. and Collier, R. J. 1981. Black globe-humidity index (BGHI) as comfort equation for dairy cows. **American Society of Agricultural Engineers** 24:711-714.
- Cardoso, Jr, A. 2008. **Níveis de fósforo disponível e cálcio em rações com fitase para frangos de corte de oito a 35 dias de idade**. Dissertação (M.Sc.). Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, Brasil.
- De Basilio, V.; Vilariño, M.; Yahav, S.; e Picard, M. 2001. Early age thermal conditioning and a dual feeding program for male broilers challenged by heat stress. **Poultry Science** 80:29-36.
- Deeb, N.; e Cahaner, A. 2002. Genotype-by-environment interaction with broiler genotypes differing in growth rate. 3. Growth rate and water consumption of broiler progeny from weight-selected versus nonselected parents under normal and high ambient temperatures. **Poultry Science** 81:293-301.
- Dersjant-Li, Y.; Awati, A.; Schulze, H.; Partridge, G. 2014. Phytase in non-ruminant animal nutrition: a critical review on phytase activities in the gastrointestinal tract and influencing factors. **Journal of the Science of Food and Agriculture** 95.
- Dhandu, A. S.; e Angel, R. 2003. Broiler nonphytin phosphorus requirement in the finisher and withdrawal phases of a commercial four-phase feeding system. **Poultry Science** 82:1257-1265.
- Driver, J. P.; Pesti, G. M.; Bakalli, R. I.; e Edwards, H. M. 2005. Effects of calcium and nonphytate phosphorus concentrations on phytase efficacy in broiler chicks. **Poultry Science** 84:1406-1417.
- EL-Sherbiny, A. E.; Hassan, H. M. A.; Abd-Elsamee, M. O.; Samy, A.; e Mohamed, M. A. 2010. Performance, bone parameters and phosphorus excretion of broilers fed low phosphorus diets supplemented with phytase from 23 to 40 days of age. **International Journal of Poultry Science** 9(10):972-977.

- Iyayi, E. A.; Fru-Nji, F.; e Adeola, O. 2013. True phosphorus digestibility of black-eyed pea and peanut flour without or with phytase supplementation in broiler chickens. **Poultry Science** 92:1595-1603.
- Jiang, S.; Jiang, Z.; Zhou, G.; Chen, Z.; e Li, D. 2010. Non-phytate phosphorus requirements and efficacy of a genetically engineered yeast phytase in male lingnan yellow broilers from 1 to 21 days of age. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition** 95:47-55.
- Karimi, A.; Bedford, M. R.; Sadeghi, G. H.; e Ghobadi, Z. 2011. Influence of dietary non-phytate phosphorous levels and phytase supplementation on the performance and bone characteristics of broilers. **Revista Brasileira de Ciência Avícola** 13(1):43-51.
- Kies, A. K.; De Jonge, L. H.; Kemme, P. A.; Jongbloed, A. W. 2006. Interaction between Protein, Phytate, and Microbial Phytase. In Vitro Studies. **Journal of Agricultural and Food Chemistry** 54:1753-1758.
- Laganá, C. 2005. **Otimização da produção de frangos de corte em condições de estresse por calor**. Tese (D.Sc.). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil.
- Lara, L. J.; e Rostagno, M. H. 2013. Impact of heat stress on poultry production. **Animals** 3:356-369.
- Lemos, G. C. 2006. **Desempenho de bovinos nelore suplementados com fontes alternativas de fósforo**. Dissertação (M.Sc.). Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Odontologia e Curso de Medicina Veterinária, Araçatuba, SP, Brasil.
- Li, W.; Angel, R.; Kim, S.-W.; Jiménez-Moreno, E.; Proszkowiec-Weglarz, M.; Iglesias, B. F.; Wilkinson, S. J.; e Cowieson, A. J. 2014. Assessment of postcrumble addition of limestone and calcium-specific appetite in broilers during the starter phase. **Poultry Science** 93:2578-2591.
- Li, Y. C.; Ledoux, D. R.; Veum, T. L.; Raboy, V.; e Ertl, D. S. 2000. Effects of low phytic acid corn on phosphorus utilization, performance, and bone mineralization in broiler chicks. **Poultry Science** 79:1444-1450.
- Liu, J. B.; Chen, D. W.; e Adeola, O. 2013. Phosphorus digestibility response of broiler chickens to dietary calcium-to-phosphorus ratios. **Poultry Science** 92:1572-1578.
- Maenz, D. D. 2001. Enzymatic characteristics of phytases as they relate to their use in animal feeds. Páginas 61–84 em **Enzymes in Farm Animal Nutrition**. Bedford, M.R. & Partridge, G.G., ed. CABI Publishing, New York, NY.

- Maia, A.P.A.; Antunes, M.V.L.; Campos, P.H.R.F.; Souza, M. F.; Balbino, E. M.; Oliveira, R. F. M.; e Donzele, J. L. Níveis de fósforo disponível para frangos de corte machos dos 8 aos 21 dias de idade submetidos a ambiente de alta temperatura e termoneutralidade. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE ZOOTECNIA, 11.;CONGRESSO NACIONAL DE ZOOTECNIA, 19., 2009, Águas de Lindoia. **Anais...** Águas de Lindoia, SP: ZOOTECH, 2009.
- Medeiros, C. M. 2001. **Ajuste de modelos e determinação de índice térmico ambiental de produtividade para frangos de corte.** 2001. Tese (D.Sc.). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, Brasil.
- Mello, H. H. C.; Gomes, P. C.; Rostagno, H. S.; Albino, L. F. T.; Oliveira, R. F. M.; Rocha, T. C.; e Ribeiro, C. L. N. 2012. Requirement of available phosphorus by female broiler chickens keeping the calcium:available phosphorus ratio at 2:1. **Revista Brasileira de Zootecnia** 41(11):2329-2335.
- Mello, H. H. C. 2010. **Exigências de fósforo disponível para frangos de corte machos e fêmeas mantendo a relação cálcio:fósforo disponível em 2:1.** Tese (D.Sc.). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, Brasil.
- Onyango, E. M.; Asem, E. K.; Adeola, O. 2008. Phytates reduce uptake of leucine and glutamate but not lysine and glucose from the intestinal lumen of chickens: short communication[#]. **Acta Veterinaria Hungarica** 56(4):511-514.
- Pallauf, J.; Rimbach, G. 1997. Nutritional significance of phytic acid and phytase. **Archiv für Tierernaehrung** 50:301-319.
- Rama Rao, S. V.; Raju, M. V. L. N.; Reddy, M. R.; e Pavani, P. 2006. Interaction between dietary calcium and non-phytate phosphorus levels on growth, bone mineralization and mineral excretion in commercial broilers. **Animal Feed Science and Technology** 131:133-148.
- Ravindran, V.; Bryden, W. L.; e Kornegay, E. T. 1995. Phytase: Occurrence, bioavailability and implications in poultry nutrition. **Avian and Poultry Biology Reviews** 6:125-143.
- Rostagno, H. S.; Albino, L. F. T.; Donzele, J. L. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais.** 2 ed. Viçosa, MG: UFV, Departamento de Zootecnia, 2005. 186p.
- Runho, R. C.; Gomes, P. C.; Rostagno, H. S.; Albino, L. F. T.; Lopes, P. S.; Pozza, P. C. 2001. Exigência de fósforo disponível para frangos de corte machos e fêmeas de 1 a 21 dias de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia** 30:187-196.

- Selle, P. H.; Cowieson, A. J.; e Ravindran, V. 2009. Consequences of calcium interactions with phytate and phytase for poultry and pigs. **Livestock Science** 124:126-141.
- Selle, P. H.; e Ravindran, V. 2007. Microbial phytase in poultry nutrition. **Animal Feed Science and Technology** 135:1-41.
- Silva, C. E. 2002. **Comparação de painéis evaporativos de argila expandida e celulose para sistema de resfriamento adiabático do ar em galpões avícolas com pressão negativa em modo túnel**. Dissertação (M.Sc.). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, Brazil.
- Silva, J. H. V.; Araujo, J. A.; Goulart, C. C.; Costa, F. G. P.; Sakomura, N. K.; Martins, T. D. D. 2008. Relação cálcio:fósforo disponível e níveis de fitase para poedeiras semipesadas no primeiro e segundo ciclos de postura. **Revista Brasileira de Zootecnia** 37(12):2166-2172.
- Siqueira, J. C.; Oliveira, R. F. M.; Donzele, J. L.; Cecon, P. R.; Balbino, E. M.; e Oliveira, W. P. 2007. Níveis de lisina digestível da ração e temperatura ambiente para frangos de corte em crescimento. **Revista Brasileira de Zootecnia** 36(6):2054-2062.
- Van der Klis, J. D.; e Versteegh, H. A. J. 1996. **Phosphorus nutrition of poultry**. Pages 71–83 in Proceedings of the Nottingham Feed Manufacturers Conference, Nottingham, UK.
- Waldroup, P. W. 1999. Nutritional approaches to reducing phosphorus excretion by poultry. **Poultry Science** 78:683-691.
- Wilkinson, S. J.; Selle, P. H.; Bedford, M. R.; e Cowieson, A. J. 2013. Separate feeding of calcium improves performance and ileal nutrient digestibility in broiler chicks. **Animal Production Science** 54:172-178.
- Woyengo, T. A.; e Nyachoti, C. M. 2011. Review: supplementation of phytase and carbohydrases to diets for poultry. **Canadian Journal of Animal Science** 91:177-192.
- Xie, M.; Wanga, S. X.; Houa, S. S.; Huang, W. 2009. Interaction between dietary calcium and non-phytate phosphorus on growth performance and bone ash in early White Pekin ducklings. **Animal Feed Science and Technology** 151:61-166.
- Yan, F.; Kersey, J. H.; Fritts, C. A.; Waldroup, P. W. 2003. Phosphorus requirements of broiler chicks six to nine weeks of age as influenced by phytase supplementation. **Poultry Science** 80:455-459.

CAPÍTULO I

FÓSFORO DISPONÍVEL EM RAÇÕES PARA FRANGOS DE CORTE DOS 22 AOS 42 DIAS DE IDADE, EM AMBIENTE TERMONEUTRO, MANTENDO OU NÃO A RELAÇÃO CÁLCIO E FÓSFORO DISPONÍVEL DAS RAÇÕES

RESUMO

O experimento foi conduzido para determinar a exigência nutricional de fósforo disponível (**Pd**) para frangos de corte machos, dos 22 aos 42 dias de idade, em ambiente termoneutro. As aves com um peso inicial médio de 944 ± 46 g foram distribuídas, aos 22 dias de idade, em delineamento experimental inteiramente casualizado, em esquema fatorial 4×2 , com 4 níveis de Pd: 0,25; 0,35; 0,45 e 0,55%, e 2 estratégias de fornecimento de Ca: Fixando-se o Ca em 0,90%, independentemente do nível de Pd (**CaF**), ou variando os níveis de Ca e Pd, a fim de manter a relação Ca:Pd de 2:1 (**CaV**), com seis repetições de sete aves por repetição. Os níveis de Pd afetaram o consumo de ração (**CR**) dos frangos de corte que receberam ração com CaF, aumentando de forma quadrática até o nível estimado de 0,35%. Independentemente da estratégia de fornecimento de Ca, os níveis de Pd afetaram linearmente a ingestão de Pd (**CPd**) e quadraticamente a conversão alimentar (**CA**), aumentando e diminuindo até os níveis estimados de 0,35 e 0,40% Pd, respectivamente, para a ração com CaF e com CaV. Entretanto, não foi observado qualquer efeito sobre o ganho de peso (**GP**). A deposição de proteína (**DP**) e de gordura (**DG**) não foram afetadas pelos níveis de Pd. A concentração de fósforo na tíbia (**TibP**), o teor de cinzas na tíbia (**TibCZ**) e a relação Ca:P depositada (**TibCa:TibP**) aumentaram de forma quadrática até os níveis estimados de, respectivamente, 0,41, 0,39, 0,49% Pd com a ração CaF, enquanto que, com a ração CaV, a concentração de cálcio na tíbia (**TibCa**) e TibCa:TibP aumentaram linearmente. O peso absoluto e relativo da carcaça e dos cortes nobres não foram afetados pelos níveis de Pd testados, com exceção do rendimento de peito que aumentou de forma quadrática até o nível estimado de 0,35% Pd com a ração CaF. Portanto, os níveis nutricionais de Pd para frangos de corte de 22 a 42 dias de idade, sob condições termoneutras, para melhor desempenho e para características ósseas foram, respectivamente, 0,25 e 0,41% com a ração CaF e 0,40 e 0,55%, respectivamente, com a ração CaV.

Palavras-chave: desempenho, exigência nutricional, mineralização óssea, relação Ca:Pd, termoneutralidade

**AVAILABLE PHOSPHORUS ON DIETS FOR BROILERS FROM 22 TO 42
DAYS OF AGE, UNDER THERMONEUTRAL ENVIRONMENT, KEEPING OR
NOT THE CALCIUM TO AVAILABLE PHOSPHORUS RATIO OF DIETS**

ABSTRACT

The trial was conducted to determine the nutritional available phosphorus (**aP**) requirement for male broilers, from 22 to 42 d of age, on thermoneutral environment. Birds with an average initial body weight of 944 ± 46 g were distributed in a completely randomized design, in a 4 x 2 factorial arrangement, with 4 aP levels: 0.25; 0.35; 0.45 and 0.55%, and 2 Ca inclusion strategies: Fixing Ca at 0.90% regardless of the aP level (**CaF**) or varying Ca and aP levels in order to keep a 2:1 Ca:aP ratio (**CaV**), with six replicates of seven birds each. The aP levels affected feed intake (**FI**) of broilers receiving CaF diet, which increased quadratically up to the estimated level of 0.35%. Regardless of the Ca supply strategy, the aP levels affected linearly aP intake (**aPin**) and quadratically the feed conversion rate (**FCR**), increasing and decreasing to the estimated levels of 0.35 and 0.40 aP, respectively, for CaF and CaV diets. However, there was no effect on body weight gain (**BWG**). Protein (**PD**) and fat deposition (**FD**) were not affected by the aP levels. The tibia phosphorus concentration (**TibP**), the ash content in the (**TibAsh**) and the Ca:P ratio deposited in the tibia (**TibCa:TibP**) increased quadratically up to the estimated levels of, respectively, 0.41, 0.39, 0.49% aP with CaF diet, while, with CaV diet, the tibia calcium concentration (**TibCa**) and TibCa:TibP increased linearly. The carcass and prime cuts weights and yields were not affected by the aP levels tested, with the exception to breast yield that increased quadratically up to the estimated level of 0.35% aP with CaF diet. Therefore, the aP nutritional levels for broilers from 22 to 42 d of age, under thermoneutral conditions, for better performance and bone characteristics were, respectively, 0.25 and 0.41% with CaF diet and 0.40 and 0.55% with CaV diet.

Keywords: bone mineralization, Ca:aP ratio, nutritional requirement, performance, thermoneutrality

Introdução

Entre os minerais utilizados na nutrição de frangos de corte o fósforo (P) e o cálcio (Ca) são os mais importantes, não apenas por serem indispensáveis para uma taxa de crescimento ideal, mas também devido a mineralização óssea (Gomes et al., 2004).

O fosfato constitui um recurso global não renovável. Estimativas atuais permitem inferir que as reservas globais podem se esgotar nos próximos 50-100 anos (Cordell et al., 2009) e, conseqüentemente, a oferta econômica de fósforo será seriamente comprometida (Jiang et al., 2010). Portanto, a melhora na utilização do P presente em rações para frangos de corte irá, eventualmente, reduzir a quantidade de P inorgânico necessária, reduzir a sua excreção e os custos com alimentação, bem como aumentar a sustentabilidade da produção de frangos de corte (Li et al., 2014).

Uma forma de melhorar a utilização do P e, conseqüentemente, reduzir o impacto da cama de frango sobre o meio ambiente é o fornecimento mais próximo da exigência nutricional de fósforo disponível (Pd) (Li et al., 2000; Dhandu & Angel, 2003).

As exigências de Ca ou Pd eram determinadas de forma independente a um nível constante do outro mineral, no entanto, suas exigências são, de fato, inter-relacionadas, sendo que ambos coexistem em muitas funções biológicas (Rama Rao et al., 2006). Para muitos autores (Tamim et al., 2004; Létourneau-Montminy et al., 2010) a diferença na concentração de cálcio das rações é considerada um dos principais fatores responsáveis pela grande variação dos níveis de Pd em frangos de corte.

Quantidades excessivas de Ca podem interferir com a utilização do fósforo em função da formação de complexos de Ca-fitato insolúveis (Sands et al., 2003; Tamin e Angel, 2003; Tamin et al., 2004), enquanto as baixas concentrações também interferem em função do desequilíbrio de Ca e Pd na ração (Schoulten et al., 2002). Além disso, uma alta relação Ca:Pd pode prejudicar a digestibilidade e absorção de formas inorgânicas solúveis de P devido ao aumento na precipitação de complexos Ca:P (Hurwitz and Bar, 1971) e, portanto, para determinar a exigência nutricional de Pd é necessário conhecer a relação Ca:Pd em que esse comprometimento é reduzido.

Portanto, este estudo foi desenvolvido para avaliar o impacto da relação Ca:Pd na exigência nutricional de Pd para frangos de corte de 22 a 42 dias de idade em condição de termoneutralidade.

Material e métodos

O protocolo utilizados neste estudo foi revisado e aprovado pelo Comitê de Ética para Uso de Animais (CEUA-UFV) da Universidade Federal de Viçosa (Minas Gerais, Brazil), processo nº 38/2015 (ANEXO I), estando de acordo com os princípios éticos da experimentação animal, estabelecido pelo Colégio Brasileiro de Experimentação Animal (COBEA, 1991), e com a legislação vigente.

O experimento foi conduzido no Laboratório de Bioclimatologia Animal localizado no Departamento de Zootecnia, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Viçosa, MG, Brasil, com o objetivo de avaliar o desempenho, as variáveis ósseas, e as características de carcaça e de cortes nobres de frangos de corte dos 22 aos 42 dias de idade.

Os machos de frango de corte Cobb 500 x Cobb 500 (Empenamento lento) com 1 dia de idade, utilizados neste estudo, foram obtidos de incubatório comercial (Rio Branco Alimentos S/A, Pará de Minas, MG, Brasil) e criados em boxes até os 21 dias de idade. Durante este período as aves receberam ração pré-inicial e inicial atendendo ou excedendo as recomendações propostas por Rostagno et al. (2011) para todos os nutrientes, no entanto, os níveis de Ca e de Pd usados de 8 a 21 dias de idade foram 0,90% e 0,45%, respectivamente.

No 22º dia de idade, os animais foram pesados e 336 frangos de corte com peso inicial de 944 ± 46 g foram transferidos para as câmaras climáticas e alojados em 48 gaiolas metálicas (L x P x A; 85.0 cm x 85.0 cm x 37,2 cm), com piso de tela e providas com 1 comedouro e 1 bebedouro de ferro galvanizado tipo calha (L x C x P; 83,0 cm x 9,4 cm x 5,5 cm). Durante o período experimental as câmaras climáticas foram ajustadas para manter a temperatura do ar em 22°C e a umidade relativa do ar entre 55 e 65%, caracterizando condição de termoneutralidade, de acordo com o Guia de gerenciamento de frangos de corte Cobb (Cobb Vantress Inc., 2012).

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado em esquema fatorial 4 x 2 constituído por quatro níveis de Pd (0,25; 0,35; 0,45 e 0,55%) e duas estratégias de fornecimento de Ca, mantendo a concentração de Ca fixa em 0,90% (Tabela 1) independentemente dos níveis de Pd ou variando a concentrações de Ca e Pd a fim de manter a relação Ca:Pd de 2:1 (Tabela 2), com 6 repetições e 7 aves por repetição. Os pesos replicados foram similares com o objetivo de minimizar as variações entre boxes e

Tabela 1. Composição das rações experimentais (Cálcio fixo – CaF)

Ingrediente (g/kg)	Níveis de fósforo disponível, %			
	0,25	0,35	0,45	0,55
Milho moído, 7,8% PB	530,0	530,0	530,0	530,0
Farelo de soja, 45% PB	364,2	364,2	364,2	364,2
Óleo de soja	59,5	59,5	59,5	59,5
Fosfato bicálcico	7,7	13,1	18,5	23,9
Calcário	14,2	10,8	7,3	3,9
Inerte ¹	13,5	11,6	9,6	7,7
Sal comum	4,8	4,8	4,8	4,8
DL–Metionina, 990 g /kg	2,2	2,2	2,2	2,2
L-Lisina HCl, 785 g/kg	0,8	0,8	0,8	0,8
L-Treonina, 980 g/kg	-	-	-	-
Suplemento mineral ²	0,5	0,5	0,5	0,5
Suplemento vitamínico ³	1,0	1,0	1,0	1,0
Coccidiostático ⁴	0,5	0,5	0,5	0,5
Cloreto de colina, 600 g/kg	1,0	1,0	1,0	1,0
Promotor de crescimento ⁵	0,1	0,1	0,1	0,1
Antioxidante ⁶	0,1	0,1	0,1	0,1
Total	1000,0	1000,0	1000,0	1000,0
Composição nutricional formulada ⁷ (Analisada) ⁸ (g/kg)				
EM, Kcal/kg	3.150	3.150	3.150	3.150
PB	210,9	210,9	210,9	210,9
Met + cist digestível	7,92	7,92	7,92	7,92
Lisina digestível	11,0	11,0	11,0	11,0
Treonina digestível	7,1	7,1	7,1	7,1
Triptofano digestível	2,4	2,4	2,4	2,4
Sódio	2,1	2,1	2,1	2,1
Cálcio	8,4 (6,8)	8,4 (8,5)	8,4 (8,1)	8,4 (7,9)
Fósforo total	4,6 (5,0)	5,6 (6,4)	6,6 (7,3)	7,6 (8,1)
Fósforo fítico	2,1 (2,1)	2,1 (2,1)	2,1 (2,1)	2,1 (1,9)
Fósforo disponível	2,5 (2,9)	3,5 (4,3)	4,5 (5,2)	5,5 (6,2)
Relação Ca:Pd	3,4 (2,3)	2,4 (2,0)	1,9 (1,6)	1,5 (1,3)

¹ Caulim.² Fornecido por kg de ração: 75 mg de Mn (como MnSO₄), 70 mg de Zn (como ZnSO₄), 50 mg de Fe (como FeSO₄), 8 mg de Cu (como Cu SO₄), e 0,75 mg de I (como Ca(IO₃)₂).³ Fornecido por kg de ração: acetato de retinol, 5600 UI; colecalciferol, 1200 UI; DL- α -acetato de tocoferol, 10 UI; tiamina, 1,55 mg; riboflavina, 4,00 mg; piridoxina, 2,08 mg; ácido pantotênico, 10,40 mg; menadiona bissulfito de sódio, 1,20 mg; ácido fólico, 0,65 mg; niacina, 28,00 mg; cianocobalamina, 8 μ g; selênio, 300 μ g; e antioxidante, 0,50 mg.⁴ Coxistac® 12% Granular (Phibro Animal Health Corporation, Guarulhos, São Paulo, Brazil).

Fornecido por kg de ração: Salinomicina, 60 mg; Carbonato de cálcio, 0,40g.

⁵ SURMAX 100 (Elanco Saúde Animal, Greenfield, Indiana, EUA). Fornecido por kg de ração: Avilamicina, 10 mg.⁶ Butil Hidróxi Tolueno (BHT) (EMFAL Especialidades Químicas, Betim, Minas Gerais, Brazil).Fornecido por kg de ração: Hidroxitolueno butilado, 99 mg (como C₁₅H₂₄O).⁷ De acordo com Rostagno et al. (2005).⁸ Analisado em triplicata (Laboratório Rodés Régis Bittencourt, Cajatí, São Paulo, Brasil).

Tabela 2. Composição das rações experimentais (Cálcio variando – CaV)

Ingrediente (g/kg)	Níveis de fósforo disponível, %			
	0,25	0,35	0,45	0,55
Milho moído, 7.8% PB	530,0	530,0	530,0	530,0
Farelo de soja, 45% PB	364,2	364,2	364,2	364,2
Óleo de soja	59,5	59,5	59,5	59,5
Fosfato bicálcico	7,7	13,1	18,5	23,9
Calcário	5,4	7,2	9,0	10,7
Inerte ¹	22,3	15,1	8,0	0,8
Sal comum	4,8	4,8	4,8	4,8
DL–Metionina, 990 g /kg	2,2	2,2	2,2	2,2
L-Lisina HCl, 785 g/kg	0,8	0,8	0,8	0,8
L-Treonina, 980 g/kg	-	-	-	-
Suplemento mineral ²	0,5	0,5	0,5	0,5
Suplemento vitamínico ³	1,0	1,0	1,0	1,0
Coccidiostático ⁴	0,5	0,5	0,5	0,5
Cloreto de colina, 600 g/kg	1,0	1,0	1,0	1,0
Promotor de crescimento ⁵	0,1	0,1	0,1	0,1
Antioxidante ⁶	0,1	0,1	0,1	0,1
Total	1000,0	1000,0	1000,0	1000,0
Composição nutricional formulada (Analisada) ⁷ (g/kg) ⁸				
ME, Kcal/kg	3.150	3.150	3.150	3.150
PB	210,9	210,9	210,9	210,9
Met + cist digestível	7,92	7,92	7,92	7,92
Lisina digestível	11,0	11,0	11,0	11,0
Treonina digestível	7,1	7,1	7,1	7,1
Triptofano digestível	2,4	2,4	2,4	2,4
Sódio	2,1	2,1	2,1	2,1
Cálcio	5,0 (6,2)	7,0 (8,0)	9,0 (9,4)	11,0 (12,4)
Fósforo total	4,6 (5,3)	5,6 (6,1)	6,6 (6,8)	7,6 (7,9)
Fósforo fítico	2,1 (2,1)	2,1 (2,1)	2,1 (2,1)	2,1 (1,9)
Fósforo disponível	2,5 (3,2)	3,5 (4,0)	4,5 (4,7)	5,5 (6,0)
Relação Ca:Pd	2,0 (1,9)	2,0 (2,0)	2,0 (2,0)	2,0 (2,1)

¹ Caulim.

² Fornecido por kg de ração: 75 mg de Mn (como MnSO₄), 70 mg de Zn (como ZnSO₄), 50 mg de Fe (como FeSO₄), 8 mg de Cu (como Cu SO₄), e 0,75 mg de I (como Ca(IO₃)₂).

³ Fornecido por kg de ração: acetato de retinol, 5600 UI; colecalciferol, 1200 UI; DL- α -acetato de tocoferol, 10 UI; tiamina, 1,55 mg; riboflavina, 4,00 mg; piridoxina, 2,08 mg; ácido pantotênico, 10,40 mg; menadiona bissulfito de sódio, 1,20 mg; ácido fólico, 0,65 mg; niacina, 28,00 mg; cianocobalamina, 8 μ g; selênio, 300 μ g; e antioxidante, 0,50 mg.

⁴ Coxistac® 12% Granular (Phibro Animal Health Corporation, Guarulhos, São Paulo, Brazil). Fornecido por kg de ração: Salinomicina, 60 mg; Carbonato de cálcio, 0,40g.

⁵ SURMAX 100 (Elanco Saúde Animal, Greenfield, Indiana, EUA). Fornecido por kg de ração: Avilamicina, 10 mg.

⁶ Butil Hidróxi Tolueno (BHT) (EMFAL Especialidades Químicas, Betim, Minas Gerais, Brazil). Fornecido por kg de ração: Hidroxitolueno butilado, 99 mg (como C₁₅H₂₄O).

⁷ De acordo com Rostagno et al. (2005).

⁸ Analisado em triplicata (Laboratório Rodas Régis Bittencourt, Cajatí, São Paulo, Brasil).

no peso das aves dentro de cada box.

A dieta basal, composta de milho e de farelo de soja, foi formulada para atender às exigências nutricionais das aves, segundo as recomendações de Rostagno et al. (2005), exceto a de fósforo disponível. Os tratamentos consistiram na suplementação da ração com fosfato bicálcico e calcário calcítico em substituição ao caulim.

As condições ambientais no interior das câmaras, representado pela temperatura e umidade relativa do ar, foram monitoradas e registradas 2 vezes ao dia (7:00 h e 18:00 h) por meio de termomeutro de bulbo seco e bulbo úmido, e termometro de globo negro (Incoterm Ind. de Termômetros Ltda., Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil) mantidos no centro de cada câmara. Posteriormente, estes dados foram convertidos ao índice de temperatura do globo negro e umidade (ITGU), como proposto por Buffington et al. (1981). Um programa de iluminação contínua (24 horas de luz artificial) foi utilizado durante todo o período experimental com o uso de duas lâmpadas fluorescentes de 45 W por câmara.

O fornecimento das rações experimentais e de água às aves foi à vontade durante todo o período experimental, sendo a água trocada três vezes ao dia (7:00 h, 12:30 h e 18:00 h).

Os pesos das aves foram registrados no início (22 dias de idade) e no final (42 dias de idade) do período experimental. As aves mortas foram pesadas e retiradas das gaiolas duas vezes ao dia e estes pesos foram utilizados na correção da conversão alimentar (CA). As variáveis analisadas foram consumo de ração (CR), ganho de peso (GP), consumo de Pd (CPd), conversão alimentar (CA), deposição de proteína (DP) e de gordura (DG), teor de cálcio (TibCa), teor de fósforo (TibP) e teor de cinzas (TibCZ) na tíbia, e relação Ca:P depositado na tíbia (TibCa:TibP), e o peso relativo (%) e absoluto (g) da carcaça e dos cortes nobres (peito, coxas e sobrecoxas) aos 42 dias de idade.

Ao final do período experimental (42 dias de idade), os frangos foram pesados e quatro animais de cada unidade experimental, com o peso mais próximo da média da unidade experimental ($\pm 10\%$), foram submetidos a jejum alimentar de 12 horas e, posteriormente, pesadas novamente. Em seguida, enviadas ao abatedouro, onde foram insensibilizadas por eletronarcosi (com corrente elétrica para 60 V), sangradas por punção da artéria jugular, como proposto pela Instrução Normativa nº 3 (MAPA, 2000), e a tíbia direta de duas delas foi removida, formando um “pool” de duas amostras por repetição, que foram congeladas para posterior análise laboratorial. As duas aves restantes, após

serem sangradas, escaldadas e depenadas, foram evisceradas e as carcaças e os cortes nobres pesados e congelados (-20°C) para posterior processamento e análise laboratorial.

Uma vez descongeladas, as tíbias foram limpas através da remoção da carne e cartilagem e foram pré-secas a 65°C em forno de secagem durante 72 horas para reduzir o teor de umidade a nível inferior a 15% permitindo, assim, o processamento mecânico e conservação da amostra (método nº G001 / 1; INCT - CA, 2012).

Após a secagem, as tíbias foram pesadas, esmagadas e pré-desengorduradas em aparelho Soxhlet, com éter de petróleo, durante 4 h. As tíbias pré-desengorduradas foram então secas a 65°C durante 1 hora e subsequentemente moídas em moinho de bola. As tíbias desengorduradas e moídas foram então colocadas em forno de secagem a 105°C durante 24 h e incineradas em mufla a 550°C durante 8 h. As cinzas das tíbias foram analisadas em triplicata para P pelo método colorimétrico (método nº 3.4.11; AOAC, 2000) e para o Ca pelo método de espectrofotometria de absorção atômica (método nº 4.8.03; AOAC, 2000) no Laboratório Rodes Régis Bittencourt, Cajati, São Paulo, Brasil e as quantidades de Ca e P expressas em gramas por kg de tíbia seca e desengordurada.

As carcaças, após serem descongeladas, foram moídas individualmente em moedor de carne comercial SEMCO HOBART modelo BF12D.EV série 1526. Em seguida, foram tiradas e colocadas em forno de secagem à 60°C durante 72 horas para serem pré-secas, pré-desengorduradas em aparelho Soxhlet, durante 4 h, secadas novamente a 60°C durante 1 hora e, finalmente, moídas em moinho de bola. As análises da deposição de proteína (método nº 955,04; AOAC, 2000) e gordura (método nº 960,39; AOAC, 2000) na carcaça foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia, UFV.

Um grupo adicional de 25 aves, com 22 dias de idade, com peso inicial similar àqueles das unidades experimentais, foi sacrificado por meio de deslocamento cervical, visando avaliar a composição corporal no início do período experimental, e congelado para processamento e análise subsequente. As deposições de proteína e de gordura foram calculadas como a diferença entre os valores da composição da carcaça de frangos de corte com 22 e 42 dias de idade.

As variáveis estudadas foram analisadas valendo-se do procedimento GLM do JMP Pro 10 (SAS Institute, 2012). Independentemente de o efeito da interação ser significativo, optou-se pelo desdobramento dos dados. As exigências nutricionais estimadas de Pd para frangos de corte machos de 22 a 42 dias de idade foram estabelecidos por meio de regressão linear e regressão quadrática de acordo com o melhor

ajuste obtido para cada variável respeitando-se a interpretação biológica. Os valores de probabilidade inferiores a 0,05 foram considerados significativos. O teste Tukey foi aplicado aos valores médios de cada técnica de fornecimento de Ca testada a fim de proteger o p-valor. A significância adotada foi de $P < 0,05$.

Resultados e discussão

Durante o período experimental, a temperatura do ar foi mantida em $21,8 \pm 1,0^{\circ}\text{C}$ e a umidade relativa em $68,8 \pm 8,5\%$, o que correspondeu a um ITGU calculado de $67,3 \pm 10,6$ para o período de 22 a 42 dias de idade das aves. Considerando que, de acordo com o guia de gerenciamento de frangos de corte da linhagem Cobb (Cobb Vantress Inc., 2012), as temperaturas do ar variando de 18 a 24°C , com a umidade relativa variando de 50 a 70% e, de acordo com Siqueira et al. (2007), as temperaturas do ar variando entre 21,0 e $23,7^{\circ}\text{C}$, com umidade relativa de 70% caracteriza condição ambiental ideal para frangos de corte de 22 a 42 dias de idade. Além disso, de acordo com Silva (2002), os valores de ITGU variando de 65 a 77 são adequados para esta categoria animal, não promovendo alteração no GP e na CA, e, desta forma, pode-se inferir que, neste estudo, todas as aves foram mantidas em condição termoneutra.

Os resultados de desempenho e de características ósseas de frangos de corte mantidos em condição termoneutra e alimentados com rações contendo diferentes níveis de fósforo disponível (Pd), mantendo ou não a relação cálcio (Ca):Pd, estão apresentados na Tabela 3 e 4, respectivamente.

Não houve interação ($P > 0,05$) entre os níveis de Pd e as técnicas de fornecimento do Ca para as variáveis fósforo disponível consumido (CPd), ganho de peso (GP), deposição de proteína (DP) e de gordura (DG), e concentração de fósforo na tibia (TibP). Entretanto, houve interação ($P < 0,05$) para o consumo de ração (CR), a conversão alimentar (CA), a contração de Ca na tibia (TibCa), a percentagem de cinzas na tibia (TibCZ) e a relação entre o cálcio e o fósforo depositado na tibia (TibCa:TibP).

Foi observado efeito significativo ($P < 0,05$) dos níveis de Pd sobre o CR de frangos de corte alimentados com a ração CaF, que aumentou de forma quadrática ($P < 0,05$) até o nível estimado de 0,35% Pd. Este resultado é consistente com aqueles apresentados por Gomes et al. (1994) e Lima (1995), que também encontraram influência dos níveis de Pd sobre o CR em frangos de corte. Por outro lado, diferem dos valores obtidos por Gomes et al. (2004) e Rama Rao et al. (2006), que não evidenciaram influência do nível de Pd no CR de frangos de corte na fase final de crescimento. Para os frangos alimentados com as rações CaV o CR não apresentou diferença significativa ($P > 0,05$).

De maneira semelhante, ao trabalhar com frangos de corte, machos, mantendo-se a relação Ca:Pd de 2:1 (Ração CaV), Bünzen et al. (2008) e Mello et al. (2012), também não constatarem efeito significativo dos níveis de Pd sobre o CR.

Com os resultados deste estudo, pode-se inferir que o efeito negativo de baixa concentração de Pd no consumo voluntário das aves é dependente do nível de Ca. Esta hipótese é consistente com os resultados do estudo realizado por Rama Rao et al. (2006), no qual a resposta do CR de frangos de corte para os diferentes níveis de Pd na ração ocorria em função do nível de Ca da dieta.

Independentemente do tipo de ração utilizado, o CPd aumentou ($P < 0,01$) de forma linear. Este resultado está relacionado diretamente ao padrão de variação no CR observado entre os resultados dos tratamentos e a concentração de Pd das rações.

O GP dos frangos de corte não variou ($P > 0,05$) em função dos níveis de Pd testados. No entanto, o GP médio diferiu ($P < 0,05$) entre os grupos de aves que receberam as rações CaF e CaV, sendo que as aves recebendo a ração CaF apresentaram GP 5,38% superior aquelas recebendo a ração CaV quando a concentração mais baixa de Pd (0,25%) foi fornecida. Desta forma, apesar de nenhum efeito significativo visível, é possível que o GP dos frangos de corte seja influenciado pelo nível de Ca da ração e pela possível interação com fósforo fítico (Tamin et al., 2004). Tais fatores influenciam negativamente a digestibilidade de ambos, Ca e P, e pode-se inferir que a relação Ca:Pd na ração CaV (2: 1) não foi adequado para determinar a exigência de Pd nesta fase.

O nível de Pd que proporcionou melhor resultado de GP com a ração CAF, no presente estudo, diferiram dos obtidos por Gomes et al. (1994) e Gomes et al. (2004), o que corresponde, respectivamente, a 0,32 e 0,42% para frangos de corte de 22 a 42 dias de idade, e foram semelhantes aos encontrados por Yan et al. (2001) e Maia (2009). Quanto a ração com CaV, Mello et al. (2012) também não constatarem efeito dos níveis de Pd sobre o GP, mesmo trabalhando com níveis de inclusão que variam de 0,19 a 0,54% Pd.

Apesar da interação ($P < 0,01$), a CA de frangos de corte melhoraram ($P < 0,05$) de forma quadrática até o nível estimado de 0,25 e 0,40% para as rações CaF e CaV, respectivamente.

De maneira semelhante, Lima (1995), Yan et al. (2001), Gomes et al. (2004), e Maia (2009) não constatarem diferenças significativas na CA de frangos de corte de 22 a 42 dias de idade, quando a dieta CaF foi utilizada.

Tabela 3. Efeitos do aumento nos níveis de fósforo disponível (Pd) sobre o desempenho de frangos de corte dos 22 aos 42 dias de idade, mantendo ou não a relação Ca:Pd das rações, em ambiente termoneutro (22 °C)

Técnica de fornecimento de Ca e nível dietético de Pd (%)	Parâmetros de desempenho					
	CR, g	Consumo de Pd, g ¹	GP, g	CA	DP, g	DG, g
CaF						
0,25	3.331	8,33	2.064	1,61	7,04	4,88
0,35	3.502	12,26	2.033	1,73	6,78	4,61
0,45	3.271	14,72	2.069	1,58	7,37	4,43
0,55	3.186	17,52	2.041	1,56	7,14	4,52
Média	-	13.21	2.052 ^a	-	7,08	4,61
Regressão	Q*	L**	NS	Q**	NS	NS
CV, % ²	5,30	5,30	5,46	1,40	9,39	13,36
CaV						
0,25	3.204	8,01	1.953	1,64	7,11	4,47
0,35	3.176	11,12	1.985	1,60	7,37	4,52
0,45	3.151	14,18	1.964	1,60	7,13	4,68
0,55	3.299	18,15	2.010	1,64	7,18	3,87
Média	-	12,87	1.978 ^b	-	7,20	4,39
Regressão	NS	L**	NS	Q*	NS	NS
CV, % ²	4,74	4,74	5,42	1,29	6,70	12,54
ANOVA						
Fonte de variação	P-valor					
Níveis de Pd	****	<,0001	****	<,0001	****	****
Técnica	0,0228	****	0,0263	****	****	****
Níveis de Pd x Técnica	0,0262	****	****	<,0001	****	****

*P < 0,05; **P < 0,01; Q = efeito quadrático; L = efeito liner; NS = efeito não-significativo.

Médias seguidas por letras diferentes, dentro de uma mesma coluna, entre as técnicas empregadas diferem (P < 0,05) com base no teste F.

¹Pd dietético (%) × CR (g)/100.

²Coefficiente de variação, %.

Tabela 4. Efeitos do aumento nos níveis de fósforo disponível (Pd) sobre as características ósseas de frangos de corte dos 22 aos 42 dias de idade, mantendo ou não a relação Ca:Pd das rações, em ambiente termoneutro (22 °C)

Técnica de fornecimento de Ca e nível dietético de Pd (%)	Características ósseas			
	TibP, g/kg ¹	TibCa, g/kg ²	TibCZ, % ³	TibCa:TibP ⁴
CaF				
0,25	82,2	168	45,5	2,05
0,35	85,8	167	47,6	1,95
0,45	86,6	167	47,2	1,93
0,55	83,2	160	45,0	1,92
Média	84,5	-	-	-
Regressão	Q*	NS	Q**	Q**
CV, % ⁵	2,57	3,81	2,88	2,15
CaV				
0,25	82,6	161	45,5	1,94
0,35	83,3	161	45,3	1,93
0,45	85,8	181	46,6	2,11
0,55	86,6	178	46,5	2,06
Média	84,6	-	-	-
Regressão	NS	L**	NS	L**
CV, % ⁵	3,36	4,70	3,60	2,84
ANOVA				
Fonte de variação	P-valor			
Níveis de Pd	0,0113	0,0061	*****	0,0065
Técnica	*****	0,0408	*****	0,0027
Níveis de Pd x Técnica	*****	<,0001	0,0462	<,0001

*P < 0.05; **P < 0.01; Q = efeito quadrático; L = efeito liner; NS = efeito não-significativo.

Médias seguidas por letras diferentes, dentro de uma mesma coluna, entre as técnicas empregadas diferem (P < 0,05) com base no teste F.

¹Tíbia P: quantidade de P na tíbia seca e desengordurada.

²Tíbia Ca: quantidade de Ca na tíbia seca e desengordurada.

³Tíbia Cinzas: quantidade de cinzas na tíbia seca e desengordurada.

⁴Relação entre o Ca e o P na tíbia seca e desengordurada.

⁵Coefficiente de variação, %.

A inconsistência dos resultados demonstrados pode ser atribuída, entre outras coisas, à variação no peso corporal inicial das aves utilizadas nos diferentes estudos. Conforme relatado por Angel (2011), existem vários fatores que podem justificar as diferentes respostas na determinação das exigências nutricionais de Pd, especialmente a velocidade de crescimento durante o período experimental.

Também ficou evidenciado neste estudo que, no mais baixo nível de Pd (0,25%) testado para a ração CaF, os valores absolutos de CA foram semelhantes ($1,61 \times 1,60$) com os valores obtidos a 0,40% Pd para a ração CaV. Tal fato evidencia possível deficiência de Ca com a utilização da ração CaV, sinalizando, novamente, que a relação Ca:Pd de 2: 1 pode não ser a mais indicada para esta fase.

A DP e a DG não foram afetadas ($P > 0,05$) pelos níveis de Pd testados independentemente da estratégia de fornecimento de Ca adotada.

Os resultados de composição da carcaça obtidos neste experimento, em frangos de corte de 22 a 42 dias de idade, permitiram verificar correlação positiva entre a deposição de proteína e de gordura na carcaça. Segundo Schaly et al. (2009), aves nas fases de crescimento e terminação, porque os órgãos internos e tecidos ósseos já estão formados, têm o seu metabolismo muscular destinado essencialmente à deposição de proteína, que é superior em comparação com as fases pré-inicial e inicial e, assim, a exigência de Pd para esta fase é reduzido.

Os níveis de Pd influenciaram ($P < 0,05$) TibP, de forma quadrática até o nível estimado de 0,41% Pd, quando a ração CaF foi utilizada, não demonstrando efeito significativo ($P > 0,05$) com a ração CaV. Quanto ao TibCa, não foi constatado efeito ($P > 0,05$) quando a ração CaF foi fornecida. Houve aumento de forma linear ($P < 0,01$) com a ração CaV. Ao observar o menor nível de Pd testado (0,25%), pode-se constatar que a deposição de Ca na tíbia foi comprometida pelo uso da dieta com CaV. Assim, pode-se deduzir que a deposição de cálcio na tíbia requer adequada relação Ca:Pd que este estudo demonstrou não ser de 2:1. Os resultados de TibP e TibCa quando a relação Ca:Pd foi mantida em 2:1, com a ração CaV, demonstrados neste estudo foram semelhantes aos obtidos por Mello et al. (2014) de, respectivamente, 0,27 e 0,53%

Os níveis de Pd também influenciaram ($P < 0,01$) o percentual de TibCZ, que aumentou de forma quadrática até o nível estimado de 0,39% ao usar a ração CaF e não demonstrou efeito ($P > 0,05$) com o uso da ração CaV. A influência positiva dos níveis de Pd sobre a TibCZ também foi observada por Gomes et al. (1994), e por Yan et al. (2001) com o uso da ração CaF. Já para a ração CaV, os resultados obtidos por Mello et

al. (2012) diferem do presente estudo e identificam como sendo de 0,40% a exigência de Pd para frangos de corte de 22 a 33 dias de idade.

As informações de TibCZ em frangos de corte recebendo o segundo menor nível de Pd testado (0,35%) evidencia um aumento de 4,83% quando comparando às rações CaF e CaV, sugerindo que, a relação Ca:Pd em que o maior valor foi obtido para a ração CaF (0,391%) poderia ser o ideal para esta fase (2,3:1), e não a relação 2:1 como estabelecido em tabelas de exigências nutricionais para frangos de corte nesta fase.

A mineralização óssea ocorre de maneira mais eficiente quando a relação Ca:Pd de 2:1 é mantida, no entanto, Cardoso Júnior et al. (2010) constataram que frangos de corte alimentados com dietas deficientes em cálcio e fósforo disponível (Pd) obtiveram as menores percentagens de cinzas na tíbia em função da quantidade insuficiente destes minerais para uma mineralização óssea adequada mesmo quando a relação Ca:Pd foi mantida.

Ambas as técnicas estudadas (CaF e CaV) apresentaram efeito ($P < 0,01$) sobre a relação TibCa:TibP depositada na tíbia, que diminuiu de forma quadrática até o nível estimado de 0,49% Pd para a ração CaF e linearmente para a ração CaV. Os valores médios da relação TibCa:TibP depositado na tíbia (1,96 x 2,01) não diferiram independente do tipo de ração utilizada. Uma vez que a relação Ca:Pd na ração CaF variou de 1,63 a 3,60, pode-se inferir que a deposição de P na tíbia ocorre simultaneamente com a de Ca na proporção de, aproximadamente, 2:1, caracterizando a interdependência entre estes minerais. Estudando os níveis de Pd em frangos de corte de 22 a 42 dias de idade em condições termoneutras, Maia (2009) também constataram proporcionalidade na relação TibCa:TibP (2: 1), independentemente da sua relação existente nas rações experimentais.

Com base nos resultados é evidente que os níveis dietéticos de Ca e de Pd não são responsáveis por esta regulação na relação TibCa:TibP depositada. Neste sentido, Crenshaw et al. (2011) identificaram o osso como o principal local de síntese do fator de crescimento de fibroblasto 23 (FGF 23), responsável pelo transporte renal de P e regulação da ativação de vitamina D₃, o que caracteriza o tecido ósseo como uma glândula endógena.

O peso absoluto (g) e relativo (%) da carcaça e dos cortes nobres (peito, coxa e sobrecoxa) de frangos de corte aos 42 dias de idade estão apresentados na Tabela 5.

Não houve efeito ($P > 0,05$) dos diferentes níveis de Pd testados sobre o peso absoluto (g) e relativo (%) da carcaça e cortes nobres, com exceção para o peso relativo

Tabela 5. Efeitos do aumento dos níveis de fósforo disponível (Pd) sobre o peso absoluto (g) e relativo (%) da carcaça e cortes nobres de frangos de corte machos aos 42 dias de idade, mantendo ou não a relação Ca:Pd, em ambiente termoneutro (22 °C)

Técnica de fornecimento de Ca e nível dietético de Pd (%)	Peso absoluto, g				Peso relativo, %			
	Carcaça	Peito	Coxa	Sobrecoxa	Carcaça	Peito	Coxa	Sobrecoxa
CaF								
0,25	2.445	882	289	344	81,92	36,08	11,81	14,06
0,35	2.410	877	288	337	82,68	36,39	11,96	13,96
0,45	2.449	885	294	336	82,19	36,12	12,00	13,72
0,55	2.426	849	285	325	82,48	34,99	11,76	13,39
Média	2.433 ^a	873 ^a	289 ^a	336	82,32	-	11,88	13,78
Regressão	NS	NS	NS	NS	NS	Q*	NS	NS
CV, % ¹	5,13	5,25	6,89	8,59	2,32	2,10	3,31	5,94
CaV								
0,25	2.304	830	266	318	82,29	36,00	11,53	13,77
0,35	2.398	853	289	320	82,69	35,58	12,07	13,33
0,45	2.344	825	277	330	81,74	35,16	11,82	14,08
0,55	2.408	868	281	331	82,67	36,00	11,66	13,73
Média	2.364 ^b	844 ^b	278 ^b	325	82,35	-	11,77	13,73
Regressão	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
CV, % ¹	3,98	5,56	4,82	5,74	1,33	2,43	3,92	4,82
ANOVA								
Fonte de variação	P-valor							
Níveis de Pd	****	****	****	****	****	****	****	****
Técnica	0,0425	0,0401	0,0328	****	****	****	****	****
Níveis de Pd x Técnica	****	****	****	****	****	0,0329	****	****

*P < 0.05; **P < 0.01; Q = efeito quadrático; L = efeito liner; NS = efeito não-significativo.

Médias seguidas por letras diferentes, dentro de uma mesma coluna, entre as técnicas empregadas diferem (P < 0,05) com base no teste F.

¹Coefficiente de variação, %.

(%) do peito, que aumentou de forma quadrática ($P < 0,05$) até o nível estimado de 0,35% Pd. Mesmo não havendo efeito dos níveis de Pd sobre o peso absoluto (g) da carcaça e cortes nobres, pode-se constatar diferença numérica em função da estratégia de fornecimento de Ca adotada onde, para o menor nível de Pd testado (0,25%), a ração CaF apresentou valores 5,77, 5,90, 7,96, e 7,56% superiores para, respectivamente, o peso absoluto de carcaça, de peito, de coxa e de sobrecoxa quando comparado a ração CaV.

Tabela 6. Equações e exigências das variáveis analisadas para frangos de corte machos dos 22 aos 42 dias de idade alimentados com níveis crescentes de fósforo disponível (Pd), mantendo ou não a relação Ca:Pd, expostas a condições termoneutras (22 °C)

Variável	Equação	R ²	Exigência, % ¹
CaF			
Parâmetros de desempenho			
Consumo de ração (CR)*	$Y_{ij} = 2647,9951 + 4438,9682X - 6383,004X^2$	24,34	0,348
Consumo Pd (CPd)**	$Y_{ij} = 1,1887231 + 30,04476X$	95,08	0,550
Conversão alimentar (CA)**	$Y_{ij} = 1,2608963 + 2,3033856X - 3,257787X^2$	40,25	0,354
Características ósseas			
P depositado na tíbia (TibP)*	$Y_{ij} = 56,917292 + 144,85X - 176,25X^2$	40,49	0,411
Cinzas depositadas na tíbia (TibCZ)**	$Y_{ij} = 30,973438 + 85,541667X - 109,375X^2$	43,13	0,391
Relação Ca:P na tíbia (TibCa:TibP)**	$Y_{ij} = 2,453222 - 2,198726X + 2,2452912X^2$	61,55	0,490
Parâmetros de Carcaça			
Peso relativo de peito*	$Y_{ij} = 0,3206117 + 0,2492972X - 0,355858X^2$	31,99	0,350
CaV			
Parâmetros de desempenho			
Consumo Pd (CPd)**	$Y_{ij} = -0,52469 + 33,469119X$	97,35	0,550
Conversão alimentar (CA)*	$Y_{ij} = 1,9024257 - 1,525525X + 1,9133033X^2$	35,04	0,399
Características ósseas			
Ca depositado na tíbia (TibCa)**	$Y_{ij} = 140,68333 - 73,5X$	46,50	0,550
Relação Ca:P na tíbia (TibCa:TibP)**	$Y_{ij} = 1,7992479 + 0,526306X$	38,99	0,550

¹Ponto de função máxima.

*P < 0.05; **P < 0.01

Conclusão

A exigência nutricional de Pd para frangos de corte de 22 a 42 dias de idade, sob condições termoneutras, para melhor desempenho e para as características ósseas são, respectivamente, de 0,25 e de 0,41%, correspondendo ao consumo de 8,70 e de 13,54 g, com a ração em que o nível de Ca foi mantido fixo e de 0,40 e de 0,55%, correspondendo ao consumo de 12,83 e de 17,88 g, utilizando a ração em que o nível de Ca variou proporcionalmente ao nível de Pd em uma relação de 2:1.

Referências Bibliográficas

- Angel, R. 2011. Calcium and phosphorus requirements in broilers. **Anais**, pp. 77-96 In III International Symposium on Nutritional Requirements of Poultry and Swine. Viçosa, MG, Brazil.
- AOAC - Association of Official Analytical Chemistry. 2000. **Official methods of analysis**. 17th ed. AOAC International, Arlington, VA.
- Buffington, D. E.; Colazzo-Arocho, A.; Canton, G. H.; Pitt, D.; Thatcher, W. W.; e Collier, R. J. 1981. Black globe-humidity index (BGHI) as comfort equation for dairy cows. **American Society of Agricultural Engineers** 24:711–714.
- Bünzen, S.; Rostagno, H.S.; Borsatto, C.G.; Pessôa, S.; Carvalho, T. A.; e Messias, R. K. G. 2008. Exigência de fósforo disponível para frangos de corte de 22 a 35 dias de idade, mantendo-se a relação Ca:Pdisp em 2:1. p.45. In: **Conferência Apinco de Ciência e Tecnologia Avícola**, FACTA, São Paulo.
- Cardoso Júnior, A.; Rodrigues, P. B.; Bertechini, A. G.; Freitas, R. T. F.; Lima, R. R.; e Lima, G. F. R. 2010. Levels of available phosphorus and calcium for broilers from 8 to 35 days of age fed rations containing phytase. **Revista Brasileira de Zootecnia** 39:1237-1245.
- Cobb Vantress. 2012. **Cobb Broiler Management Guide**. CobbVantress, Siloam Springs, AR, USA.
- Colégio Brasileiro de Experimentação Animal (COBEA). **Princípios Éticos na Experimentação Animal**, julho, São Paulo, 1991, p. 1.
- Cordell, D.; Drangert, J.; e White, S. 2009. The story of phosphorus: Global food security and food for thought. **Global Environmental Change** 19:292–305.
- Crenshaw, T.D.; Rortvedt, L. A.; e Hassen, Z. 2011. A novel pathway for vitamin D-mediated phosphate homeostasis: Implications for skeleton growth and mineralization. **Journal of Animal Science** 89:1957-1964.
- Detmann, E.; Souza, M. A.; e Valadares Filho, S. C. **Métodos para Análises de Alimentos**. 1st ed. Visconde do Rio Branco: Suprema, 2012.

- Dhandu, A. S.; e Angel, R. 2003. Broiler nonphytin phosphorus requirement in the finisher and withdrawal phases of a commercial four-phase feeding system. **Poultry Science** 82:1257–1265.
- Gomes, P. C.; Gomes, M. F. M.; Albino, L. F. T.; Fialho, F. B.; Lima, G. J. M. M.; e Figueiredo, E. A. P. 1994. Exigência de fósforo disponível para frangos de corte nas fases de crescimento e terminação. **Revista Sociedade Brasileira de Zootecnia** 23(4):615-622.
- Gomes, P. C.; Runho, R. C.; D’Agostini, P.; Rostagno, H. S.; Albino, L. F. T.; e Lopes, P. S. 2004. Exigência de fósforo disponível para frangos de corte machos e fêmeas de 22 a 42 e de 43 a 53 dias de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia** 33(6):1734-1746.
- Hurwitz, S.; e Bar, A. 1971. Calcium and phosphorus interrelationships in the intestine of the fowl. **Journal Nutrition** 101:677–686.
- Jiang, S.; Jiang, Z.; Zhou, G.; Chen, Z.; e Li, D. 2010. Non-phytate phosphorus requirements and efficacy of a genetically engineered yeast phytase in male lingnan yellow broilers from 1 to 21 days of age. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition** 95:47–55.
- Létourneau-Montminy, M. P.; Narcy, A.; Lescoat, P.; Bernier, J. F.; Magnin, M.; Pomar, C.; Nys, Y.; Sauvant, D.; e Jondreville, C. 2010. Meta-analysis of phosphorus utilisation by broilers receiving corn-soyabean meal diets: influence of dietary calcium and microbial phytase. **Animal** 4(11):1844–1853.
- Li, Y. C.; Ledoux, D. R.; Veum, T. L.; Raboy, V.; e Ertl, D. S. 2000. Effects of low phytic acid corn on phosphorus utilization, performance, and bone mineralization in broiler chicks. **Poultry Science** 79:1444–1450.
- Li, W.; Angel, R.; Kim, S.-W.; Jiménez-Moreno, E.; Proszkowiec-Weglarz, M.; Iglesias, B. F.; Wilkinson, S. J.; e Cowieson, A. J. 2014. Assessment of postcrumble addition of limestone and calcium-specific appetite in broilers during the starter phase. **Poultry Science** 93:2578–2591.
- Lima, I. L. 1995. **Disponibilidade de fósforo e de flúor de alguns alimentos e exigência nutricional de fósforo para frangos de corte**. Tese (D.Sc.). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, Brasil.
- Maia, A. P. A. 2009. **Níveis de fósforo disponível para frangos de corte machos dos 8 aos 21 dias de idade submetidos à ambiente de alta temperatura e termoneutralidade**. Dissertação (M.Sc.). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, Brasil.

- MAPA - Ministério da agricultura e do abastecimento. 2000. Instrução Normativa nº 3, de 17 de janeiro de 2000. Disponível em: <<http://extranet.agricultura.gov.br/sislegisconsulta/consultarLegislacao.do?operacao=visualizar&id=1793>>. Acesso em: 21/09/2012.
- Mello, H. H. C.; Gomes, P. C.; Rostagno, H. S.; Albino, L. F. T.; Rocha, T. C.; Almeida, R. L.; e Calderano, A. A. 2012. Dietary requirements of available phosphorus in growing broiler chickens at a constant calcium:available phosphorus ratio. **Revista Brasileira de Zootecnia** 41(11):2323-2328.
- Mello, H. H. C.; Gomes, P. C.; Rostagno, H. S.; Albino, L. F. T.; Oliveira, R. F. M.; Rocha, T. C.; e Ribeiro, C. L. N. 2012. Requirement of available phosphorus by female broiler chickens keeping the calcium:available phosphorus ratio at 2:1. **Revista Brasileira de Zootecnia** 41(11):2329-2335.
- Rama Rao, S. V.; Raju, M. V. L. N.; Reddy, M. R.; e Pavani, P. 2006. Interaction between dietary calcium and non-phytate phosphorus levels on growth, bone mineralization and mineral excretion in commercial broilers. **Animal Feed Science and Technology** 131:133–148.
- Rostagno, H. S., Albino, L. F. T.; Donzele, J. L.; Gomes, P. C.; Oliveira, R. F. M.; Lopes, D. C.; Soares, A. F.; e Barreto, S. L. T. 2005. **Brazilian Tables for Poultry and Swine: Composition of Feedstuffs and Nutritional Requirements**. 2nd ed. Univ. Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais, Brazil.
- Sands, J. S.; Ragland, D.; Wilcox, J. R.; e Adeola, O. 2003. Relative bioavailability of phosphorus in low-phytate soybean meal for broiler chicks. **Canadian Journal of Animal Science** 83:95–100.
- SAS Institute Inc., 2012. **JMP pro 10 Advanced Analysis and Graphing**. SAS Institute Inc., Cary, NC.
- Schaly, L. M.; Gonçalves, B. N.; Oliveira, M. C.; Laurentiz, A. C.; e Junqueira, O. M. 2009. Efeito de níveis de fósforo não-fítico e de fitase sobre o fêmur de frangos de corte. **Revista Biotemas** 22:81-85.
- Silva, C. E. 2002. **Comparação de painéis evaporativos de argila expandida e celulose para sistema de resfriamento adiabático do ar em galpões avícolas com pressão negativa em modo túnel**. Dissertação (M.Sc.). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, Brasil.

- Siqueira, J. C.; Oliveira, R. F. M.; Donzele, J. L.; Cecon, P. R.; Balbino, E. M.; e Oliveira, W. P. 2007. Níveis de lisina digestível da ração e temperatura ambiente para frangos de corte em crescimento. **Revista Brasileira de Zootecnia** 36(6):2054-2062.
- Schoulten, N. A.; Teixeira, A. S.; Bertechini, A.G.; Freitas, R. T. F.; Conte, A. J.; e Silva, H. O. 2002. Efeito dos níveis de cálcio sobre a absorção de minerais em dietas iniciais para frangos de corte suplementadas com fitase. **Ciência e Agrotecnologia** 26(6):1313-1321.
- Tamin, N. M.; e Angel, R. 2003. Phytate phosphorus hydrolysis as influenced by dietary calcium and micro mineral source in broiler diets. **Journal of Agricultural and Food Chemistry** 5:4687–4693.
- Tamim, N. M.; Angel, R.; e Christman, M. 2004. Influence of dietary calcium and phytase on phytate phosphorus hydrolysis in broiler chickens. **Poultry Science** 83:1358–1367.
- Yan, F.; Kersey, J. H.; e Waldroup, P. W. 2001. Phosphorus requirements of broiler chicks three to six weeks of age as influenced by phytase supplementation. **Poultry Science** 80:455–459.

CAPÍTULO II

FÓSFORO DISPONÍVEL EM RAÇÃO PARA FRANGOS DE CORTE DOS 22 AOS 42 DIAS DE IDADE, EM AMBIENTE DE ALTA TEMPERATURA, MANTENDO OU NÃO A RELAÇÃO CÁLCIO E FÓSFORO DISPONÍVEL DAS RAÇÕES

RESUMO

O experimento foi conduzido para determinar a exigência nutricional de fósforo disponível (**Pd**) para frangos de corte machos, dos 22 aos 42 dias de idade, em ambiente de alta temperatura. As aves com um peso inicial médio de 975 ± 47 g foram distribuídas, aos 22 dias de idade, em delineamento experimental inteiramente casualizado, em esquema fatorial 4×2 , com 4 níveis de Pd: 0,25; 0,35; 0,45 e 0,55%, e 2 estratégias de fornecimento de Ca: Fixando-se o Ca em 0,90%, independentemente do nível de Pd (**CaF**), ou variando os níveis de Ca e Pd, a fim de manter a relação Ca:Pd de 2:1 (**CaV**), com seis repetições de sete aves por repetição. Independente da estratégia de fornecimento de Ca utilizada, os níveis de Pd não exerceram efeito significativo sobre o consumo de ração (**CR**), ganho de peso (**GP**), conversão alimentar (**CA**), taxa de deposição de proteína (**TDP**) e gordura (**TDG**). No entanto, afetaram linearmente a ingestão de Pd (**CPd**). Com relação as variáveis ósseas, independente da estratégia de fornecimento de Ca, não foi identificado efeito dos níveis de Pd das rações sobre a concentração de cálcio na tíbia (**TibCa**) e teor de cinzas na tíbia (**TibCZ**). Quanto ao fósforo na tíbia (**TibP**), observou-se resposta significativo apenas quando foi fornecida a ração CaV, aumentando de forma linear. Os níveis de Pd testados apresentaram efeito sobre relação Ca:P depositado na tíbia (**TibCa: TibP**) quando as aves receberam a ração CaF, aumentando de forma quadrática até o nível estimado de 0,43% Pd. O peso relativo (%) da carcaça e cortes nobres e o peso absoluto (g) de peito, coxa e sobrecoxa não foram afetados pelos níveis de Pd testados. Portanto, os níveis nutricionais de Pd para frangos de corte de 22 a 42 dias de idade, sob condição de alta temperatura, que proporcionou melhor resultado de desempenho e características ósseas foram 0,25% com a ração CAF e 0,25 e 0,55%, respectivamente, com a ração CaV.

Palavras-chave: alta temperatura, desempenho, exigência nutricional, relação Ca:Pd

AVAILABLE PHOSPHORUS ON DIETS FOR BROILERS FROM 22 TO 42 DAYS OF AGE, UNDER HIGH TEMPÉRATURE ENVIRONMENT, KEEPING OR NOT THE CALCIUM TO AVAILABLE PHOSPHORUS RATIO OF DIETS

ABSTRACT

The trial was conducted to determine the nutritional available phosphorus (**aP**) requirement for male broilers, from 22 to 42 d of age, on at high temperature conditions. Birds with an average initial body weight of 975 ± 47 g were distributed in a completely randomized design, in a 4 x 2 factorial arrangement, with 4 aP levels: 0.25; 0.35; 0.45 and 0.55%, and 2 Ca inclusion strategies: Fixing Ca at 0.90% regardless of the aP level (**CaF**) or varying Ca and aP levels in order to keep a 2:1 Ca:aP ratio (**CaV**), with six replicates of seven birds each. Regardless of the Ca supply strategy used, aP levels had no significant effect on feed intake (**FI**), body weight gain (**BWG**), feed conversion rate (**FC**), and protein (**DP**) and fat deposition (**DG**). However, linearly affected aP intake (**aPin**). Regarding bone variables, independently of the Ca supply strategy, it was not identified any effect of the dietary aP levels on tibia calcium (**TibCa**) and tibia ash concentration (**TibAsh**). As for tibia phosphorus concentration (**TibP**), there was a significant effect only when the CaV diet was provided, increasing linearly. The aP levels tested had an effect on the Ca:P ratio deposited in the tibia (**TibCa:TibP**) when birds received the CaF diet, increasing quadratically up to the estimated level of 0.43% aP. The carcass and prime cuts relative weight (%) and breast, thigh and drumstick absolute weight (g) were unaffected by the aP levels tested. Therefore, the aP nutritional levels for broilers from 22 to 42 d of age, under high temperature condition, which provided better performance and bone characteristics results were 0.25% with CAF diet and 0.25 and 0, 55%, respectively, with the CaV diet.

Keywords: thermal environment, performance, deposition, requirement, Ca:aP ratio

Introdução

A principal função do cálcio (Ca) e fósforo (P) é produzir e manter a integridade dos ossos. O esqueleto representa cerca de 99% do Ca e 80% do P do corpo e estes macrominerais são conhecidos pela capacidade de interagir uns com os outros antes e após a sua absorção a partir do trato digestivo (Adamu et al, 2012; Rama Rao et al, 2006; Van Eekeren et al., 1999).

A exigência para ambos, Ca e Pd, deveria ser em termos de quantidade diárias ao invés de porcentagem e, além disso, uma relação ideal entre Ca e Pd deve ser tão importante quanto a própria formulação da dieta em si, especialmente em regiões tropicais e subtropicais, onde a redução no consumo de ração (CR), causada por condições de alta temperatura, pode resultar em uma quantidade limitada de ambos os minerais sendo consumida diariamente (Adamu et al, 2012; Van Eekeren et al, 1999). De acordo com Al-Fataftah & Abu-Dieyeh (2007), o estresse crônico tem efeitos prejudiciais sobre o desempenho de frangos de corte, especialmente, quando criados em aviários abertos lateralmente.

Uma vez que a temperatura ambiente elevada é um dos mais importantes fatores de estresse na produção de frangos de corte, Hai et al. (2000), indicaram que o ambiente térmico afeta não apenas o consumo, como também a digestibilidade dos nutrientes através da inibição do movimento do trato gastrointestinal e redução nas atividades da tripsina, quimotripsina e amilase em frangos de corte expostos a ambiente de temperatura elevada. Tal fato explica por que as diferenças de desempenho continuam a existir mesmo quando frangos de corte recebem alimentação pareada em ambiente termoneutro e de alta temperatura.

Qualquer efeito adverso do estresse por calor (HS) sobre o metabolismo do P está se tornando mais importante a medida que o acúmulo de P nos solos e a ameaça à qualidade da água de superfície tornam-se os principais desafios a serem enfrentados pela indústria avícola atual. Assim, quaisquer interações negativas precisam ser consideradas quando níveis reduzidor de Pd são fornecidos durante os períodos de elevada temperatura ambiental (Pérsia et al., 2003).

Esta pressão existente visando reduzir os níveis nutricionais de Pd em frangos de corte intensifica a necessidade de pesquisas voltadas as interações entre HS e Pd dietético. Com isso, em função das exigências de Ca e Pd serem inter-relacionadas (Rama Rao et

al, 2006), para determinar a exigência nutricional de Pd é necessário conhecer a relação Ca:Pd em que esta é menos comprometida.

Portanto, este estudo foi desenvolvido para avaliar o impacto da relação Ca:Pd na exigência nutricional de Pd para frangos de corte de 22 a 42 dias de idade em condição de alta temperatura.

Material e métodos

O protocolo utilizados neste estudo foi revisado e aprovado pelo Comitê de Ética para Uso de Animais (CEUA-UFV) da Universidade Federal de Viçosa (Minas Gerais, Brazil), processo n° 38/2015 (ANEXO I), estando de acordo com os princípios éticos da experimentação animal, estabelecido pelo Colégio Brasileiro de Experimentação Animal (COBEA, 1991), e com a legislação vigente.

O experimento foi conduzido no Laboratório de Bioclimatologia Animal localizado no Departamento de Zootecnia, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Viçosa, MG, Brasil, com o objetivo de avaliar o desempenho, as variáveis ósseas, e as características de carcaça e de cortes nobres de frangos de corte dos 22 aos 42 dias de idade.

Os machos de frango de corte Cobb 500 x Cobb 500 (Empenamento lento) com 1 dia de idade, utilizados neste estudo, foram obtidos de incubatório comercial (Rio Branco Alimentos S/A, Pará de Minas, MG, Brasil) e criados em boxes até os 21 dias de idade. Durante este período as aves receberam ração pré-inicial e inicial atendendo ou excedendo as recomendações propostas por Rostagno et al. (2011) para todos os nutrientes, no entanto, os níveis de Ca e de Pd usados de 8 a 21 dias de idade foram 0,90% e 0,45%, respectivamente.

No 22° dia de idade, os animais foram pesados e 336 frangos de corte com peso inicial de 975 ± 47 g foram transferidos para as câmaras climáticas e alojados em 48 gaiolas metálicas ($L \times P \times A$; 85.0 cm $\times$ 85.0 cm $\times$ 37,2 cm), com piso de tela e providas com 1 comedouro e 1 bebedouro de ferro galvanizado tipo calha ($L \times C \times P$; 83,0 cm $\times$ 9,4 cm $\times$ 5,5 cm). Durante o período experimental as câmaras climáticas foram ajustadas para manter a temperatura do ar em 32°C e a umidade relativa do ar entre 55 e 65%, caracterizando condição de termoneutralidade, de acordo com o Guia de gerenciamento de frangos de corte Cobb (Cobb Vantress Inc., 2012).

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado em esquema fatorial 4 x 2 constituído por quatro níveis de Pd (0,25; 0,35; 0,45 e 0,55%) e duas estratégias de fornecimento de Ca, mantendo a concentração de Ca fixa em 0,90% (Tabela 1) independentemente dos níveis de Pd ou variando a concentrações de Ca e Pd a fim de manter a relação Ca: Pd de 2:1 (Tabela 2), com 6 repetições e 7 aves por repetição.

Tabela 1. Composição das rações experimentais (Cálcio fixo – CaF)

Ingrediente (g/kg)	Níveis de fósforo disponível, %			
	0,25	0,35	0,45	0,55
Milho moído, 7,8% PB	530,0	530,0	530,0	530,0
Farelo de soja, 45% PB	364,2	364,2	364,2	364,2
Óleo de soja	59,5	59,5	59,5	59,5
Fosfato bicálcico	7,7	13,1	18,5	23,9
Calcário	14,2	10,8	7,3	3,9
Inerte ¹	13,5	11,6	9,6	7,7
Sal comum	4,8	4,8	4,8	4,8
DL–Metionina, 990 g /kg	2,2	2,2	2,2	2,2
L-Lisina HCl, 785 g/kg	0,8	0,8	0,8	0,8
L-Treonina, 980 g/kg	-	-	-	-
Suplemento mineral ²	0,5	0,5	0,5	0,5
Suplemento vitamínico ³	1,0	1,0	1,0	1,0
Coccidiostático ⁴	0,5	0,5	0,5	0,5
Cloreto de colina, 600 g/kg	1,0	1,0	1,0	1,0
Promotor de crescimento ⁵	0,1	0,1	0,1	0,1
Antioxidante ⁶	0,1	0,1	0,1	0,1
Total	1000,0	1000,0	1000,0	1000,0
Composição nutricional formulada ⁷ (Analisada) ⁸ (g/kg)				
EM, Kcal/kg	3.150	3.150	3.150	3.150
PB	210,9	210,9	210,9	210,9
Met + cist digestível	7,92	7,92	7,92	7,92
Lisina digestível	11,0	11,0	11,0	11,0
Treonina digestível	7,1	7,1	7,1	7,1
Triptofano digestível	2,4	2,4	2,4	2,4
Sódio	2,1	2,1	2,1	2,1
Cálcio	8,4 (6,8)	8,4 (8,5)	8,4 (8,1)	8,4 (7,9)
Fósforo total	4,6 (5,0)	5,6 (6,4)	6,6 (7,3)	7,6 (8,1)
Fósforo fítico	2,1 (2,1)	2,1 (2,1)	2,1 (2,1)	2,1 (1,9)
Fósforo disponível	2,5 (2,9)	3,5 (4,3)	4,5 (5,2)	5,5 (6,2)
Relação Ca:Pd	3,4 (2,3)	2,4 (2,0)	1,9 (1,6)	1,5 (1,3)

¹ Caulim.

² Fornecido por kg de ração: 75 mg de Mn (como MnSO₄), 70 mg de Zn (como ZnSO₄), 50 mg de Fe (como FeSO₄), 8 mg de Cu (como Cu SO₄), e 0,75 mg de I (como Ca(IO₃)₂).

³ Fornecido por kg de ração: acetato de retinol, 5600 UI; colecalciferol, 1200 UI; DL- α -acetato de tocoferol, 10 UI; tiamina, 1,55 mg; riboflavina, 4,00 mg; piridoxina, 2,08 mg; ácido pantotênico, 10,40 mg; menadiona bissulfito de sódio, 1,20 mg; ácido fólico, 0,65 mg; niacina, 28,00 mg; cianocobalamina, 8 μ g; selênio, 300 μ g; e antioxidante, 0,50 mg.

⁴ Coxistac® 12% Granular (Phibro Animal Health Corporation, Guarulhos, São Paulo, Brazil).

Fornecido por kg de ração: Salinomicina, 60 mg; Carbonato de cálcio, 0,40g.

⁵ SURMAX 100 (Elanco Saúde Animal, Greenfield, Indiana, EUA). Fornecido por kg de ração: Avilamicina, 10 mg.

⁶ Butil Hidróxi Tolueno (BHT) (EMFAL Especialidades Químicas, Betim, Minas Gerais, Brazil).

Fornecido por kg de ração: Hidroxitolueno butilado, 99 mg (como C₁₅H₂₄O).

⁷ De acordo com Rostagno et al. (2005).

⁸ Analisado em triplicata (Laboratório Rodés Régis Bittencourt, Cajatí, São Paulo, Brasil).

Tabela 2. Composição das rações experimentais (Cálcio variando – CaV)

Ingrediente (g/kg)	Níveis de fósforo disponível, %			
	0,25	0,35	0,45	0,55
Milho moído, 7.8% PB	530,0	530,0	530,0	530,0
Farelo de soja, 45% PB	364,2	364,2	364,2	364,2
Óleo de soja	59,5	59,5	59,5	59,5
Fosfato bicálcico	7,7	13,1	18,5	23,9
Calcário	5,4	7,2	9,0	10,7
Inerte ¹	22,3	15,1	8,0	0,8
Sal comum	4,8	4,8	4,8	4,8
DL–Metionina, 990 g /kg	2,2	2,2	2,2	2,2
L-Lisina HCl, 785 g/kg	0,8	0,8	0,8	0,8
L-Treonina, 980 g/kg	-	-	-	-
Suplemento mineral ²	0,5	0,5	0,5	0,5
Suplemento vitamínico ³	1,0	1,0	1,0	1,0
Coccidiostático ⁴	0,5	0,5	0,5	0,5
Cloreto de colina, 600 g/kg	1,0	1,0	1,0	1,0
Promotor de crescimento ⁵	0,1	0,1	0,1	0,1
Antioxidante ⁶	0,1	0,1	0,1	0,1
Total	1000,0	1000,0	1000,0	1000,0
Composição nutricional formulada (Analisada) ⁷ (g/kg) ⁸				
ME, Kcal/kg	3.150	3.150	3.150	3.150
PB	210,9	210,9	210,9	210,9
Met + cist digestível	7,92	7,92	7,92	7,92
Lisina digestível	11,0	11,0	11,0	11,0
Treonina digestível	7,1	7,1	7,1	7,1
Triptofano digestível	2,4	2,4	2,4	2,4
Sódio	2,1	2,1	2,1	2,1
Cálcio	5,0 (6,2)	7,0 (8,0)	9,0 (9,4)	11,0 (12,4)
Fósforo total	4,6 (5,3)	5,6 (6,1)	6,6 (6,8)	7,6 (7,9)
Fósforo fítico	2,1 (2,1)	2,1 (2,1)	2,1 (2,1)	2,1 (1,9)
Fósforo disponível	2,5 (3,2)	3,5 (4,0)	4,5 (4,7)	5,5 (6,0)
Relação Ca:Pd	2,0 (1,9)	2,0 (2,0)	2,0 (2,0)	2,0 (2,1)

¹ Caulim.

² Fornecido por kg de ração: 75 mg de Mn (como MnSO₄), 70 mg de Zn (como ZnSO₄), 50 mg de Fe (como FeSO₄), 8 mg de Cu (como Cu SO₄), e 0,75 mg de I (como Ca(IO₃)₂).

³ Fornecido por kg de ração: acetato de retinol, 5600 UI; colecalciferol, 1200 UI; DL- α -acetato de tocoferol, 10 UI; tiamina, 1,55 mg; riboflavina, 4,00 mg; piridoxina, 2,08 mg; ácido pantotênico, 10,40 mg; menadiona bissulfito de sódio, 1,20 mg; ácido fólico, 0,65 mg; niacina, 28,00 mg; cianocobalamina, 8 μ g; selênio, 300 μ g; e antioxidante, 0,50 mg.

⁴ Coxistac® 12% Granular (Phibro Animal Health Corporation, Guarulhos, São Paulo, Brazil). Fornecido por kg de ração: Salinomicina, 60 mg; Carbonato de cálcio, 0,40g.

⁵ SURMAX 100 (Elanco Saúde Animal, Greenfield, Indiana, EUA). Fornecido por kg de ração: Avilamicina, 10 mg.

⁶ Butil Hidróxi Tolueno (BHT) (EMFAL Especialidades Químicas, Betim, Minas Gerais, Brazil). Fornecido por kg de ração: Hidroxitolueno butilado, 99 mg (como C₁₅H₂₄O).

⁷ De acordo com Rostagno et al. (2005).

⁸ Analisado em triplicata (Laboratório Rodas Régis Bittencourt, Cajatí, São Paulo, Brasil).

Os pesos replicados foram similares com o objetivo de minimizar as variações entre boxes e no peso das aves dentro de cada box.

A dieta basal, composta de milho e de farelo de soja, foi formulada para atender às exigências nutricionais das aves, segundo as recomendações de Rostagno et al. (2005), exceto a de fósforo disponível. Os tratamentos consistiram na suplementação da ração com fosfato bicálcico e calcário calcítico em substituição ao caulim.

As condições ambientais no interior das câmaras, representado pela temperatura e umidade relativa do ar, foram monitoradas e registradas 2 vezes ao dia (7:00 h e 18:00 h) por meio de termomeuro de bulbo seco e bulbo úmido, e termometro de globo negro (Incoterm Ind. de Termometros Ltda., Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil) mantidos no centro de cada câmara. Posteriormente, estes dados foram convertidos ao índice de temperatura do globo negro e umidade (ITGU), como proposto por Buffington et al. (1981). Um programa de iluminação contínua (24 horas de luz artificial) foi utilizado durante todo o período experimental com o uso de duas lâmpadas fluorescentes de 45 W por câmara.

O fornecimento das rações experimentais e de água às aves foi à vontade durante todo o período experimental, sendo a água trocada três vezes ao dia (7:00 h, 12:30 h e 18:00 h).

Os pesos das aves foram registrados no início (22 dias de idade) e no final (42 dias de idade) do período experimental. As aves mortas foram pesadas e retiradas das gaiolas duas vezes ao dia e estes pesos foram utilizados na correção da conversão alimentar (CA). As variáveis analisadas foram consumo de ração (CR), ganho de peso (GP), consumo de Pd (CPd), conversão alimentar (CA), deposição de proteína (DP) e de gordura (DG), teor de cálcio (TibCa), teor de fósforo (TibP) e teor de cinzas (TibCZ) na tíbia, e relação Ca:P depositado na tíbia (TibCa:TibP), e o peso relativo (%) e absoluto (g) da carcaça e dos cortes nobres (peito, coxas e sobrecoxas) aos 42 dias de idade.

Ao final do período experimental (42 dias de idade), os frangos foram pesados e quatro animais de cada unidade experimental, com o peso mais próximo da média da unidade experimental ($\pm 10\%$), foram submetidos a jejum alimentar de 12 horas e, posteriormente, pesadas novamente. Em seguida, enviadas ao abatedouro, onde foram insensibilizadas por eletronarcosi (com corrente elétrica para 60 V), sangradas por punção da artéria jugular, como proposto pela Instrução Normativa nº 3 (MAPA, 2000), e a tíbia direta de duas delas foi removida, formando um “pool” de duas amostras por repetição, que foram congeladas para posterior análise laboratorial. As duas aves restantes, após

serem sangradas, escaldadas e depenadas, foram evisceradas e as carcaças e os cortes nobres pesados e congelados (-20°C) para posterior processamento e análise laboratorial.

Uma vez descongeladas, as tíbias foram limpas através da remoção da carne e cartilagem e foram pré-secas a 65°C em forno de secagem durante 72 horas para reduzir o teor de umidade a nível inferior a 15% permitindo, assim, o processamento mecânico e conservação da amostra (método nº G001 / 1; INCT - CA, 2012).

Após a secagem, as tíbias foram pesadas, esmagadas e pré-desengorduradas em aparelho Soxhlet, com éter de petróleo, durante 4 h. As tíbias pré-desengorduradas foram então secas a 65°C durante 1 hora e subsequentemente moídas em moinho de bola. As tíbias desengorduradas e moídas foram então colocadas em forno de secagem a 105°C durante 24 h e incineradas em mufla a 550°C durante 8 h. As cinzas das tíbias foram analisadas em triplicata para P pelo método colorimétrico (método nº 3.4.11; AOAC, 2000) e para o Ca pelo método de espectrofotometria de absorção atômica (método nº 4.8.03; AOAC, 2000) no Laboratório Rodes Régis Bittencourt, Cajati, São Paulo, Brasil e as quantidades de Ca e P expressas em gramas por kg de tíbia seca e desengordurada.

As carcaças, após serem descongeladas, foram moídas individualmente em moedor de carne comercial SEMCO HOBART modelo BF12D.EV série 1526. Em seguida, foram tiradas e colocadas em forno de secagem à 60°C durante 72 horas para serem pré-secas, pré-desengorduradas em aparelho Soxhlet, durante 4 h, secadas novamente a 60°C durante 1 hora e, finalmente, moídas em moinho de bola. As análises da deposição de proteína (método nº 955,04; AOAC, 2000) e gordura (método nº 960,39; AOAC, 2000) na carcaça foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia, UFV.

Um grupo adicional de 25 aves, com 22 dias de idade, com peso inicial similar àqueles das unidades experimentais, foi sacrificado por meio de deslocamento cervical, visando avaliar a composição corporal no início do período experimental, e congelado para processamento e análise subsequente. As deposições de proteína e de gordura foram calculadas como a diferença entre os valores da composição da carcaça de frangos de corte com 22 e 42 dias de idade.

As variáveis estudadas foram analisadas valendo-se do procedimento GLM do JMP Pro 10 (SAS Institute, 2012). Independentemente de o efeito da interação ser significativo, optou-se pelo desdobramento dos dados. As exigências nutricionais estimadas de Pd para frangos de corte machos de 22 a 42 dias de idade foram estabelecidos por meio de regressão linear e regressão quadrática de acordo com o melhor

ajuste obtido para cada variável respeitando-se a interpretação biológica. Os valores de probabilidade inferiores a 0,05 foram considerados significativos. O teste Tukey foi aplicado aos valores médios de cada técnica de fornecimento de Ca testada a fim de proteger o p-valor. A significância adotada foi de $P < 0,05$.

Resultados e discussão

Durante o período experimental, a temperatura do ar foi mantida em $31,9 \pm 0,6^{\circ}\text{C}$ e a umidade relativa em $60,8 \pm 4,4\%$, o que correspondeu a um ITGU calculado de $81,5 \pm 0,7$ para o período de 22 a 42 dias de idade das aves. Considerando que, de acordo com o guia de gerenciamento de frangos de corte Cobb (Cobb Vantress Inc., 2012), as temperaturas do ar variando de 18 a 24°C , com a umidade relativa variando de 50 a 70% e, de acordo com Siqueira et al. (2007), as temperaturas do ar variando entre 21,0 e $23,7^{\circ}\text{C}$, com umidade relativa de 70% caracteriza condição ambiental ideal para frangos de corte de 22 a 42 dias de idade. Além disso, de acordo com Silva (2002), os valores de ITGU variando de 65 a 77 são adequados para esta categoria animal, não promovendo alteração no GP e na CA, e, desta forma, pode-se inferir que, neste estudo, todas as aves foram mantidas em condição de alta temperatura.

Os resultados de desempenho e de características ósseas de frangos de corte mantidos em condição de temperatura elevada e alimentados com rações contendo diferentes níveis de fósforo disponível (Pd), mantendo ou não a relação cálcio (Ca):Pd, estão apresentados na Tabela 3 e 4, respectivamente.

Não foi detectada interação ($P > 0.05$) entre os níveis de Pd e a técnica de fornecimento de Ca sobre o desempenho e características ósseas analisadas, com uma exceção para a relação TibCa:TibP.

Independente da técnica de fornecimento do Ca a que os frangos de corte foram submetidos, rações CaF ou CaV, os níveis de Pd não influenciaram os parâmetros de desempenho, no entantom, Maia (2009), identificaram a exigência de 0,46% Pd como ideal para esta categoria ao considerar o CR, o GP e a CA.

Apesar das similaridades em ambas abordagens estudadas sobre o CR, foi constatado que, para os menores níveis de Pd testados (0,25%), animais tratados com a ração CaF demonstraram um CR 4,44% superior em valores absolutos quando comparado à ração CaV e, este aumento no consumo proporcionou um aumento no ganho de peso (GP) na ordem de 7,97%. Este resultado permite inferir que ocorreu uma influência direta da relação Ca:Pd da ração sobre o consumo voluntário.

Independente do tipo de ração utilizada, o CPd aumentou ($P < 0,01$) de forma linear. Sendo assim, animais recebendo rações contendo maiores concentrações de Pd, conseqüentemente, ingerem maiores quantidades deste mineral.

Tabela 3. Efeitos do aumento nos níveis de fósforo disponível (Pd) sobre o desempenho de frangos de corte dos 22 aos 42 dias de idade, mantendo ou não a relação Ca:Pd das rações, em ambiente termoneutro (22 °C)

Técnica de fornecimento de Ca e nível dietético de Pd (%)	Parâmetros de desempenho					
	CR, g	Consumo de Pd, g ¹	GP, g	CA	DP, g	DG, g
CaF						
0,25	2.476	6,19	1.280	1,94	4,12	2,78
0,35	2.443	8,55	1.271	1,93	4,00	3,03
0,45	2.289	10,30	1.140	2,03	3,85	3,07
0,55	2.457	13,52	1.320	1,87	4,92	2,52
Média	2.393	9,58	1.251	1,97	4,22	2,85
Regressão	NS	L**	NS	NS	NS	NS
CV, % ²	9,80	9,80	13,14	8,26	22,38	33,92
CaV						
0,25	2.366	5,92	1.178	2,04	4,07	3,78
0,35	2.295	8,03	1.088	2,14	3,88	2,48
0,45	2.490	11,21	1.320	1,90	4,77	2,96
0,55	2.442	13,43	1.245	2,00	4,74	2,28
Média	2.398	9,65	1.208	2,02	4,37	2,87
Regressão	NS	L**	NS	NS	NS	NS
CV, % ²	9,86	9,86	17,55	10,40	25,96	33,80
ANOVA						
Fonte de variação	P-valor					
Níveis de Pd	****	<,0001	****	****	****	****
Técnica	****	****	****	****	****	****
Níveis de Pd x Técnica	****	****	****	****	****	****

*P < 0.05; **P < 0.01; Q = efeito quadrático; L = efeito liner; NS = efeito não-significativo.

Médias seguidas por letras diferentes, dentro de uma mesma coluna, entre as técnicas empregadas diferem (P < 0,05) com base no teste F.

¹Pd dietético (%) × CR (g)/100.

²Coeficiente de variação, %.

Tabela 4. Efeitos do aumento nos níveis de fósforo disponível (Pd) sobre as características ósseas de frangos de corte dos 22 aos 42 dias de idade, mantendo ou não a relação Ca:Pd das rações, em ambiente termoneutro (22 °C)

Técnica de fornecimento de Ca e nível dietético de Pd (%)	Características ósseas			
	TibP, g/kg ¹	TibCa, g/kg ²	TibCZ, % ³	TibCa:TibP ⁴
CaF				
0,25	95,3	174	49,1	1,83
0,35	94,6	183	49,0	1,94
0,45	88,4	174	47,0	1,97
0,55	94,1	181	50,0	1,92
Média	93,1	178	48,8	-
Regressão	NS	NS	NS	Q**
CV, % ⁵	5,17	4,34	3,54	3,32
CaV				
0,25	91,9	180	48,5	1,96
0,35	96,3	184	48,9	1,91
0,45	92,5	171	47,9	1,84
0,55	95,3	181	49,7	1,90
Média	94,0	178	48,7	-
Regressão	L*	NS	NS	NS
CV, % ⁵	3,31	4,08	2,27	3,20
ANOVA				
Fonte de variação	P-valor			
Níveis de Pd	0,0496	0,0157	0,0097	****
Técnica	****	****	****	****
Níveis de Pd x Técnica	****	****	****	0,0006

*P < 0.05; **P < 0.01; Q = efeito quadrático; L = efeito liner; NS = efeito não-significativo.

Médias seguidas por letras diferentes, dentro de uma mesma coluna, entre as técnicas empregadas diferem (P < 0,05) com base no teste F.

¹Tíbia P: quantidade de P na tíbia seca e desengordurada.

²Tíbia Ca: quantidade de Ca na tíbia seca e desengordurada.

³Tíbia Cinzas: quantidade de cinzas na tíbia seca e desengordurada.

⁴Relação entre o Ca e o P na tíbia seca e desengordurada.

⁵Coeficiente de variação, %.

No que diz respeito a composição da carcaça, independente da estratégia de fornecimento do Ca, os níveis de Pd testados não apresentaram efeito significativo sobre a DP e DG. De acordo com Temim et al. (2000), a redução na TDP, quando comparamos com o ambiente termoneutro, é parcialmente explicada pela redução na capacidade de síntese protéica principalmente devido a uma redução na capacidade ribossômica.

Estes mesmos autores verificaram que a síntese de proteínas foi mais afetada do que a proteólise à 32°C. Além disso, os resultados obtidos por Boussaid-Om Ezzine et al. (2010) evidenciam diferenças induzidas pelo calor relacionado ao balanço entre a glicose e a insulina, reforçando a hipótese de que o metabolismo da glicose é afetado em aves expostas ao calor. Devido as mudanças na composição química do músculo do peito em condições de temperatura elevada, caracterizada por uma maior teor de gordura e menor concentração de proteína, há um aumento na DG e diminuição na DP quando comparado com frangos de corte criados em condições termoneutras (Zhang et al., 2012).

Os resultados de desempenho obtidos no presente estudo demonstram que a exigência nutricional de Pd para frangos de corte em condições ambientais de temperatura elevada é inferior ao de aves mantidas em condições termoneutras. Estas informações validam a proposição feita por Persia et al. (2003) de que o estresse por calor crônico resulta em uma redução na exigência nutricional de Pd para desempenho. Adicionalmente, em ambientes de alta temperatura o consumo voluntário de frangos de corte é reduzido e, como os níveis nutricionais são expressos em porcentagem da ração, a ingestão de nutrientes fica comprometida (Maia, 2009). Neste contexto, Nascimento et al. (2005) sugerem que as alterações nos níveis nutricionais de rações formuladas devem ser realizadas de acordo com o ambiente térmico em as aves são criadas.

Quando a ração CaF foi fornecida aos frangos de corte, os níveis crescentes de Pd não apresentaram efeito significativo sobre TibP, TibCa e TibCZ, com exceção para a relação TibCa:TibP, que aumentou de forma quadrática até o nível estimado de 0,43% Pd, no entanto, quando a ração CaV foi fornecida, TibP aumentou linearmente ($P < 0,05$).

O peso absoluto (g) e relativo (%) da carcaça e dos cortes nobres (peito, coxa e sobrecoxa) de frangos de corte aos 42 dias de idade estão apresentados na Tabela 5.

Não foi constatado efeito ($P > 0,05$) dos diferentes níveis de Pd testados no peso absoluto (g) e relativo (%) de carcaça e cortes nobres. Em estudo realizado por Zhang et

Tabela 5. Efeitos do aumento dos níveis de fósforo disponível (Pd) sobre o peso absoluto (g) e relativo (%) da carcaça e cortes nobres de frangos de corte machos aos 42 dias de idade, mantendo ou não relação Ca:Pd, em ambiente de alta temperatura (32 °C)

Técnica de fornecimento de Ca e nível dietético de Pd (%)	Peso absoluto, g				Peso relativo, %			
	Carcaça	Peito	Coxa	Sobrecoxa	Carcaça	Peito	Coxa	Sobrecoxa
CaF								
0,25	1.836	595	234	280	86,58	32,49	12,73	15,25
0,35	1.884	615	236	302	86,44	32,64	12,50	16,07
0,45	1.789	573	227	283	86,97	31,96	12,73	15,81
0,55	1.920	607	243	298	85,61	31,66	12,66	15,57
Média	1.857	598	235	291	86,40	32,19	12,66	15,68
Regressão	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
CV, % ¹	9,27	9,81	10,22	9,39	1,11	4,73	4,45	4,26
CaV								
0,25	1.845	616	231	286	86,14	33,31	12,48	15,54
0,35	1.768	562	233	286	87,04	31,76	13,15	16,13
0,45	1.958	627	253	307	87,00	32,06	12,91	15,72
0,55	1.889	611	250	305	86,51	32,38	13,26	16,09
Média	1.865	604	241	296	86,67	32,38	12,95	15,87
Regressão	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
CV, % ¹	10,16	11,38	10,56	10,98	1,31	4,72	4,23	4,35

ANOVA

Fonte de variação	P-valor							
Níveis de Pd	****	****	****	****	****	****	****	****
Técnica	****	****	****	****	****	****	****	****
Níveis de Pd x Técnica	****	****	****	****	****	****	****	****

*P < 0.05; **P < 0.01; Q = efeito quadrático; L = efeito liner; NS = efeito não-significativo.

Médias seguidas por letras diferentes, dentro de uma mesma coluna, entre as técnicas empregadas diferem (P < 0,05) com base no teste F.

¹Coeficiente de variação, %.

al. (2012) concluiu-se que o estresse térmico crônico afeta negativamente o peso relativo do músculo de peito e positivamente o peso relativo de coxa, o que difere dos resultados obtidos neste estudo.

Table 6. Equações e exigências das variáveis analisadas para frangos de corte machos dos 22 aos 42 dias de idade alimentados com níveis crescentes de fósforo disponível (Pd), mantendo ou não relação Ca: Pd, em ambiente de alta temperatura (32 °C)

Variável	Equação	R ²	Exigência ¹
CaF			
Parâmetros de desempenho			
Consumo de Pd (CPd)**	$Y_{ij} = -0.190492 + 24.430312X$	90,42	0,550
Características ósseas			
Relação Ca:P na tíbia (TibCa:TibP)**	$Y_{ij} = 1.0719874 + 4.3027198X - 5.045407X^2$	59,69	0,426
CaV			
Parâmetros de desempenho			
Consumo de Pd (CPd)**	$Y_{ij} = -0.641051 + 25.717159X$	90,73	0,550
Características ósseas			
P depositado na tíbia (TibP)*	$Y_{ij} = 89.238304 + 11.812865X$	14,79	0,550

¹Exigência de Pd (%).

*P < 0.05; **P < 0.0

Conclusão

A exigência nutricional de Pd para frangos de corte de 22 a 42 dias de idade, sob condições de alta temperatura, para melhor desempenho e para as características ósseas é de 0,25%, correspondendo ao consumo de 5,92 g, com a ração em que o nível de Ca foi mantido fixo e de 0,25 e de 0,55%, correspondendo ao consumo de 5,79 e de 13,50 g, utilizando a ração em que o nível de Ca variou proporcionalmente ao nível de Pd em uma relação de 2:1.

Referências Bibliográficas

- Adamu, S. B.; Geidam, Y. A.; Mohammed, G.; Gambo H. I.; e Raji, A. O. 2012. The influence of varying calcium-phosphorus ratios on finishing and carcass characteristics of broiler finisher chickens under a semi-arid environment. **ARPN Journal of Agricultural and Biological Science** 7(7):558-563.
- Al-Fataftah, A.-R. A.; e Abu-Dieyeh, Z. H. M. 2007. Effect of chronic heat stress on broiler performance in Jordan. **International Journal of Poultry Science** 6 (1):64-70.
- AOAC - Association of Official Analytical Chemistry. 2000. **Official methods of analysis**. 17th ed. AOAC International, Arlington, VA.
- Boussaid-Om Ezzine, S.; Everaert, N.; Métayer-Coustard, S.; Rideau, N.; Berri, C.; Joubert, R.; Temim, S.; Collin, A.; e Tesseraud, S. 2010. Effects of heat exposure on Akt/S6K1 signaling and expression of genes related to protein and energy metabolism in chicken (*Gallus gallus*) pectoralis major muscle. **Comparative Biochemistry and Physiology**, Part B 157:281–287.
- Buffington, D. E.; Colazzo-Arocho, A.; Canton, G. H.; Pitt, D.; Thatcher, W. W.; e Collier, R. J. 1981. Black globe-humidity index (BGHI) as comfort equation for dairy cows. **American Society of Agricultural Engineers** 24:711–714.
- Cobb Vantress. 2012. **Cobb Broiler Management Guide**. CobbVantress, Siloam Springs, AR, USA.
- Colégio Brasileiro de Experimentação Animal (COBEA). **Princípios Éticos na Experimentação Animal**, julho, São Paulo, 1991, p. 1.
- Detmann, E.; Souza, M. A.; e Valadares Filho, S. C. **Métodos para Análises de Alimentos**. 1st ed. Visconde do Rio Branco: Suprema, 2012.
- Hai, L.; Rong, D.; e Zhang, Z.-Y. 2000. The effect of thermal environment on the digestion of broilers. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition** 83:57-64.
- Maia, A. P. A. 2009. **Níveis de fósforo disponível para frangos de corte machos dos 8 aos 21 dias de idade submetidos à ambiente de alta temperatura e termoneutralidade**. Dissertação (M.Sc.). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, Brazil.

- MAPA - Ministério da agricultura e do abastecimento. 2000. Instrução Normativa nº 3, de 17 de janeiro de 2000. Disponível em: <<http://extranet.agricultura.gov.br/sislegisconsulta/consultarLegislacao.do?operacao=visualizar&id=1793>>. Acesso em: 21/09/2012.
- Nascimento, A. H.; Silva, M. A.; e Lima, I. L. 2005. Níveis nutricionais utilizados para frangos de corte pela indústria no Brasil. p.331-348. In: Simpósio Internacional Sobre Exigências Nutricionais de Aves e Suínos, Viçosa. **Anais...** Viçosa, Minas Gerais.
- Persia, M. E.; Parsons, C. M.; e Koelkebeck, K. W. 2003. Interrelationship between environmental temperature and dietary nonphytate phosphorus in chicks. **Poultry Science** 82:1616–1623.
- Rama Rao, S. V.; Raju, M. V. L. N.; Reddy, M. R.; e Pavani, P. 2006. Interaction between dietary calcium and non-phytate phosphorus levels on growth, bone mineralization and mineral excretion in commercial broilers. **Animal Feed Science and Technology** 131:133–148.
- Rostagno, H. S., Albino, L. F. T.; Donzele, J. L.; Gomes, P. C.; Oliveira, R. F. M.; Lopes, D. C.; Soares, A. F.; e Barreto, S. L. T. 2005. **Brazilian Tables for Poultry and Swine: Composition of Feedstuffs and Nutritional Requirements**. 2nd ed. Univ. Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais, Brazil.
- SAS Institute Inc., 2012. **JMP pro 10 Advanced Analysis and Graphing**. SAS Institute Inc., Cary, NC.
- Silva, C. E. 2002. **Comparação de painéis evaporativos de argila expandida e celulose para sistema de resfriamento adiabático do ar em galpões avícolas com pressão negativa em modo túnel**. Dissertação (M.Sc.). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, Brazil.
- Siqueira, J. C.; Oliveira, R. F. M.; Donzele, J. L.; Cecon, P. R.; Balbino, E. M.; e Oliveira, W. P. 2007. Níveis de lisina digestível da ração e temperatura ambiente para frangos de corte em crescimento. **Revista Brasileira de Zootecnia** 36(6):2054-2062.
- Temim, S.; Chagneau, A.-M.; Peresson, R.; e Tesseraud, S. 2000. Chronic heat exposure alters protein turnover of three different skeletal muscles in finishing broiler chickens fed 20 or 25% protein diets. **The Journal of Nutrition** 130:813–819.
- Van Eekeren, N.; Maas, A.; Saatkamp; H. W.; e Verschuur, M. 1999. **Small scale poultry production in the tropics**. Agrodoyh 42nd revised English Ed. Wageningen Publishers, The Netherlands.

Zhang, Z.-Y.; Jia, G. Q.; Zuo, J. J.; Zhang, Y.; Lei, J.; Ren, L.; e Feng, D. Y. 2012. Effects of constant and cyclic heat stress on muscle metabolism and meat quality of broiler breast fillet and thigh meat. **Poultry Science** 91:2931–2937.

CONCLUSÃO GERAL

A exigência nutricional de Pd para frangos de corte de 22 a 42 dias de idade, sob condições termoneutras, para melhor desempenho e para as características ósseas são, respectivamente, de 0,25 e de 0,41%, correspondendo ao consumo de 8,70 e de 13,54 g, com a ração em que o nível de Ca foi mantido fixo e de 0,40 e de 0,55%, correspondendo ao consumo de 12,83 e de 17,88 g, utilizando a ração em que o nível de Ca variou proporcionalmente ao nível de Pd em uma relação de 2:1.

A exigência nutricional de Pd para frangos de corte de 22 a 42 dias de idade, sob condições de alta temperatura, para melhor desempenho e características ósseas é de 0,25%, correspondendo ao consumo de 5,92 g, com a ração em que o nível de Ca foi mantido fixo e de 0,25 e de 0,55%, correspondendo ao consumo de 5,79 e de 13,50 g, utilizando a ração em que o nível de Ca variou proporcionalmente ao nível de Pd em uma relação de 2:1.

ANEXO I



Viçosa, 22/06/15

CERTIFICADO

Certificamos que o projeto intitulado **"Fósforo disponível em ração para frangos de corte dos 22 aos 42 dias de idade, em diferentes ambientes térmicos, mantendo-se ou não a relação Ca:Pd das rações"**, protocolo nº **038/2015**, sob a responsabilidade de **Juarez Lopes Donzele** - que envolve a produção, manutenção e/ou utilização de animais pertencentes ao filo Chordata, subfilo Vertebrata (exceto o homem), para fins de pesquisa científica (ou ensino) - encontra-se de acordo com os preceitos da Lei nº 11.794, de 8 de outubro de 2008, do Decreto nº 6.899, de 15 de julho de 2009, e com as normas editadas pelo Conselho Nacional de Controle da Experimentação Animal (CONCEA), e foi aprovado pela Comissão de ética no uso de animais de produção da Universidade Federal de Viçosa (CEUAP-UFV) em reunião de **19/Jun/2015**.

Vigência do Projeto: de **23/06/2015** a **23/07/2015**

Espécie/linhagem: **Frango de Corte** N° de animais: **672**

Peso: **45g** Idade: **01-42 dias** Sexo: **Macho** Origem: **Granja Comercial**

CERTIFICATE

We certify that the project entitled **"Non-phytate phosphorus requirement for broilers from 22 to 42 d of age, under different thermal conditions, keeping or not the Ca:nPP ratio of diets"** Protocol nº **038/2015**, under the responsibility of **Juarez Lopes Donzele** - which involves the production, maintenance and / or use of animals belonging to the phylum Chordata, subphylum Vertebrata (except man), for scientific research purposes (or education) - is in accordance with the Law nº. 11.794, of October 8, 2008, Decree nº. 6899 of July 15, 2009, and the rules issued by the Brazilian National Council for Animal Experimentation Control (CONCEA), and was approved by the Ethics Commission on the use of farm animals of Universidade Federal de Viçosa (CEUAP-UFV) in its meeting on Jun, **19th, 2015**.

Duration of the Project: from **Jun, 23th, 2015** to **Jul, 23th, 2015**.

Species / strain: **Broiler** N° of animals: **672**

Weight: **45g** Age: **01-42 days** Sex: **male** Source: **Granja Comercial**



UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA
COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS DE PRODUÇÃO
CEUAP/UFV

Campus Universitário – Viçosa, MG – 36570-900 – Telefone: (31) 3899.3275 – e-mail: ceuap@ufv.br – site: www.ceuap.ufv.br

A handwritten signature in black ink, which appears to read 'Mário Luiz Chizzotti', is positioned above a horizontal line.

Mário Luiz Chizzotti
Coordenador da CEUAP/UFV