

REDUÇÃO DO NÍVEL DE CÁLCIO DIETÉTICO PARA FRANGOS DE CORTE NA FASE INICIAL DE CRESCIMENTO

Elaine Barbosa Muniz

Professor Assistente, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Estadual do Oeste do Paraná - UNIOESTE, Rua Pernambuco, n. 1777, Mal. Cdo. Rondon - PR, Cep: 85960-000, ebmuniz@yahoo.com.br

Alex Martins Varela de Arruda

Professor Adjunto, Departamento de Ciências Animais, Universidade Federal Rural do Semi-Árido - UFERSA, BR 110, km 47, Pres. Costa e Silva, Mossoró - RN, Cep: 59625-900 – RN, alexmva@ufersa.edu.br

Edson José Fassani

Professor Adjunto, Departamento de Zootecnia, Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri - UFVJM, Rua da Glória nº187, Campus Universitário, Diamantina - MG, Cep: 39100-000

Aloísio Soares Teixeira

Professor Adjunto, Departamento de Zootecnia, Universidade Federal de Lavras - UFLA, Campus Universitário, Caixa Postal 3037, Lavras - MG, Cep: 37200-000

José Humberto Vilar da Silva

Professor Adjunto, Departamento de Agropecuária - CFT, Universidade Federal da Paraíba - UFPB, Campus IV, Bananeiras - PB, Cep: 58397-000

Resumo - Este trabalho objetivou avaliar a influência da redução dos níveis de cálcio (0,75 e 0,60 %), usando duas fontes suplementares na dieta, calcário calcítico de duas jazidas distintas (A e B), para frangos de corte machos e fêmeas entre 1 e 28 dias de idade, e assim, seus efeitos sobre o desempenho e a desenvolvimento ósseo. Para tal finalidade, foram utilizados 288 machos e 288 fêmeas da linhagem cobb, em delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial (2x2x2). O consumo de ração e o ganho em peso apresentaram diferenças significativas para as fontes de cálcio, enquanto o nível de cálcio e o sexo das aves influenciaram a conversão alimentar, a mineralização e o comprimento da tíbia. A redução no nível de cálcio para 0,75% com os calcários testados, em machos e fêmeas, proporcionou desempenho, mineralização óssea e retenção de cálcio satisfatórios.

Palavras-chave: Aves, Calcário, Desempenho, Ossos, Sexo.

DIETETIC CALCIUM LEVEL REDUTION FOR BROILER CHICKENS ON THE GROWTH INITIAL PHASE

Abstract - This work objectived to evaluate the influence of the calcium levels reduction (0.75 and 0.60%), using two supplemental sources in the diet, limestones of two distinct deposits of calcareous rock (A and B), for female and male broiler chickens in the period between 1 to 28 days of age, and thus, its effect on the performance and the bone development. For such purpose, had been used 288 female and 288 male cobb line broilers, by entirely randomized design in factorial arrangement (2x2x2). The food intake and live weight gain had presented significant differences for the calcium sources, while the calcium level and the sex of the chickens had influenced the feed conversion, the mineralization and the length of the tibia bone. The reduction in the calcium level to 0.75% with the tested limestones, in males and females, provided to satisfactory performance, bone mineralization and calcium retention.

Key Words: Bones, Limestone, Chickens, Performance, Sex.

INTRODUÇÃO

O cálcio é o mineral mais abundante no corpo do animal, com presença significativa no esqueleto, fluidos e tecidos corporais, sendo exigido pelos frangos de corte para formação e manutenção da estrutura óssea, transmissão de impulsos nervosos, coagulação sanguínea, contração muscular, ativação de sistemas enzimáticos e hormonais, utilização eficiente dos nutrientes, entre outros (UNDERWOOD, 1999). Os alimentos de origem vegetal, normalmente milho e soja, constituem a base da alimentação de aves e possuem teores de cálcio em níveis insuficientes para suprir as exigências nutricionais visando desempenho e sanidade ótimos dos plantéis. Desta forma, há necessidade de fazer uma suplementação de cálcio na dieta para atender estas exigências, sendo que a origem da fonte de cálcio pode influenciar a disponibilidade e conseqüente mineralização óssea e desempenho das aves. Deste modo, sabe-se da ampla ocorrência do cálcio na natureza e que as fontes inorgânicas mais utilizadas são calcário calcítico ou dolomítico, carbonato, sulfato e fluoreto de cálcio, fluorapatita e fosfatos de rocha defluorizado, tendo estas fontes biodisponibilidade variáveis (GEORGIEVSKII, 1982; FIALHO et al., 1992).

A absorção de cálcio ocorre ao longo de todo intestino delgado, em especial, no duodeno e jejuno, tanto por difusão quanto pelo processo ativo, sendo relatado na literatura que a velocidade de absorção de cálcio é equiparável à do sódio, ou seja, significativamente maior quando comparado a outros elementos inorgânicos. O mecanismo de absorção de cálcio em nível celular intestinal ocorre via proteína de membrana chamada proteína transportadora de cálcio, a qual ativamente executa o carregamento de cálcio do lúmen para o citosol, enquanto os canais iônicos de condução de cálcio complementam o processo absorptivo nas vilosidades intestinais. Uma vez dentro do citoplasma celular, uma proteína fixadora de cálcio evita a formação de sais insolúveis intracelulares, e através da membrana basolateral, por proteínas de transporte ativo e Ca ATPase, finaliza-se o destino metabólico do cálcio ou utilização pelo organismo (McDONALD et al., 1993).

Apesar de sua importância como constituinte estrutural e papel fundamental no controle das funções celulares, suas concentrações nos fluidos extra e intra celulares são freqüentemente baixas, apresentando-se associado a proteínas plasmáticas e citosólicas, cujas concentrações são controladas dentro de uma pequena margem de varia-

ção, através de mecanismos de homeostase ou calcemia, gerenciados pela ação de hormônios paratireoideano e calcitonina, além da vitamina D, que controlam a absorção, excreção e metabolismo ósseo (MACARI et al., 2002). O hormônio paratireoideano tem ação regulatória indireta sobre a absorção de cálcio através da ativação da 1,25-diidroxicolecalciferol por hidroxilação renal, e assim, em baixos níveis plasmáticos de cálcio, este hormônio estimula a forma ativa do colecalciferol, o qual é transportado até o núcleo da célula intestinal onde interage com os genes responsáveis pela produção de RNAs específicos para transcrição de peptídeos nos ribossomos, resultando na síntese de proteína transportadora de cálcio nos enterócitos, bem como, indução na síntese de proteínas fixadoras de cálcio intracelular ou calmodulina que aumentam, por sua vez, os níveis de enzima Ca ATPase basolateral, responsáveis pelo bombeamento de cálcio para circulação sanguínea (McDOWELL, 1992). Em situações de hipocalcemia, além do estímulo para maior absorção de cálcio, também estimulam a mobilização deste mineral da matriz óssea para o fluido extracelular e aumentam a reabsorção renal através de mecanismos similares ao da absorção intestinal. Já a calcitonina exerce seu papel regulatório em situações de hipercalcemia, diminuindo a absorção intestinal de cálcio, promovendo a mineralização óssea e excreção renal do excesso na circulação sérica (EDWARDS JR., 1993).

A deposição de cálcio no esqueleto é mais intensa na fase de crescimento, assim, o conteúdo de cálcio no organismo dos pintainhos aumenta de maneira rápida na fase inicial, de forma tal que uma suplementação inadequada durante esta fase terá como conseqüência um desequilíbrio na homeostase mineral e desenvolvimento inapropriado dos ossos destas aves. Os sinais de deficiências e toxidez brandas referem-se inicialmente a redução no consumo e no desempenho, o que pode causar confusão sem investigação nutricional precisa e avaliação do estatus mineral acurada (SMITH e KABAJA, 1984; WALDROUP, 1996). Já nos casos de severidade prolongada de deficiência de cálcio, o raquitismo em animais jovens, assim como a osteomalácia em animais adultos, caracteriza-se pela fragilidade óssea, arqueamento esquelético, alargamento das juntas, dificuldade locomotora, defeitos anatômicos, fraturas freqüentes. Visto que o cálcio e o fósforo são elementos intimamente associados no metabolismo animal, uma inadequada relação cálcio e fósforo na dieta, pela carência de um ou

de outro, pode limitar a disponibilidade de ambos, bem como, efeitos agregados oriundos da granulometria e biodisponibilidade das fontes suplementares nas rações, suplementação em vitamina D, a idade e o sexo dos animais (GUINOTTE e NY, 1991ab; CABRAL, 1999).

No entanto, vale destacar que o cálcio em excesso pode agir como antagonista, formando quelatos insolúveis e dificultando a absorção de alguns minerais, especialmente, fósforo, sódio, potássio, magnésio, ferro, cobre, zinco, manganês (McDONALD *et al.*, 1993). Assim, o nível dietético assume papel determinante sobre a disponibilidade, pois, altos níveis na dieta propiciam menor taxa de absorção deste mineral em relação às aves submetidas a dietas com níveis menores de cálcio, provavelmente, relacionado com a saturação das proteínas transportadoras de cálcio (McDOWELL, 1992). Neste sentido, o status nutricional da ave e a presença de fitatos podem influenciar na formação de compostos insolúveis, os quais somados aos altos teores de lipídios na dieta podem propiciar a formação de sabões também insolúveis, afetando adversamente a eficiência absorptiva intestinal. Adicionalmente, à medida que as aves avançam em idade, diminuem a capacidade de absorção, uma característica intrínseca à fisiologia do trato digestório (MACARI *et al.*, 2002).

Atualmente, inferências indiretas e conexas em relação à nutrição mineral e o impacto ambiental em explorações zootécnicas tornam-se cada vez mais eloquentes sob a ótica científica, especialmente, no que tange à maximização da eficiência alimentar e diminuição de carga poluente gerada pela exploração zootécnica. Portanto, neste contexto, tendo em mente os distintos fatores de variação sobre a utilização do cálcio dietético e suas implicações sobre o desempenho das aves, o presente trabalho objetivou avaliar a redução do nível de cálcio dietético para frangos de corte de acordo com a fonte suplementar e o sexo, no período de 1 a 28 dias de idade.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em um galpão convencional para criação de frangos de corte, proporcionando temperatura, umidade e ventilação adequados à amplitude de conforto térmico preconizado para a espécie conforme a literatura pertinente. Foram utilizados 288 machos e 288 fêmeas, pintainhos de um dia de idade da linhagem Cobb, uniformes em peso vivo e vacinados contra Marek e Bouba Aviária. Inicialmente os animais foram alojados em quatro baterias de

gaiolas metálicas galvanizadas, dispostas em quatro andares com três gaiolas por andar, perfazendo 48 gaiolas, e cada gaiola medindo 94x94x32cm, contendo comedouro e bebedouro tipo calha, além de sistema de aquecimento e iluminação com lâmpadas incandescentes e refletores. Após primeira semana de idade, os animais foram remanejados e distribuídos aos boxes em sistema de criação ao piso, sendo 24 divisórias destinadas aos machos e outras 24 divisórias destinadas às fêmeas, mantendo-se assim a mesma proporção de alojamento em cada unidade experimental. As rações e a água foram fornecidas à vontade durante todo o período experimental, abrangido entre o 1^o e o 28^o dia, efetuando-se, deste modo, a avaliação do desempenho através da mensuração do consumo de ração, ganho em peso vivo e conversão alimentar, com monitoramento diário e pesagens de ração e de animais semanais com uso de balança digital, sendo posteriormente, procedido o abate e a coleta de amostras de tecido ósseo (tíbia).

As aves foram distribuídas aleatoriamente através de um delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial (2x2x2), o que resultou em seis repetições por tratamento. A sexagem das aves pela separação de lotes de machos e de fêmeas caracterizou um dos fatores de variação do estudo. As rações experimentais contendo duas fontes de cálcio, calcário calcítico A e B, que representaram duas jazidas situadas em regiões distintas de extração de calcário, caracterizaram outro fator de variação do estudo. As rações isonutritivas, exceto para o cálcio, elaboradas à base de milho e soja, suplementadas com minerais e vitaminas, formuladas com referência às exigências preconizadas pelo NRC (1994) e por Rostagno *et al.* (1994), especialmente, para duas reduções do nível de cálcio dietético (0,75 e 0,60%), constituíram outro fator de variação do estudo, os quais foram combinados e justificaram, enfim, o delineamento fatorial proposto. A composição químico-energética foi determinada nos alimentos e nas rações seguindo métodos e técnicas descritas pela AOAC (1990) e Silva (1990), com destaque para o cálcio por permanganatometria e o fósforo por colorimetria, enquanto os teores em aminoácidos foram calculados a partir de Rostagno *et al.* (1994). A fórmula percentual dos ingredientes, expresso na base da matéria natural, e a composição químico-energética das rações experimentais, expresso na base da matéria seca, apresentam-se na Tabela 1.

Para determinação dos teores de cinzas e cálcio na tíbia, a partir do 29^o dia de idade, duas

aves foram selecionadas e sacrificadas para retiradas da tíbia óssea, cujas amostras foram processadas da seguinte forma: fervidas em água e enxaguadas com água destilada para retirar os resíduos de carne, a fíbula e a cartilagem proximal e distal; em seguida secadas em estufa 105° C por

a 600° C por 8 horas; em seguida esfriadas em dessecador e pesadas para determinação das cinzas; seqüencialmente, digestão das cinzas com 20ml de HCl a 50% em chapa aquecida a 200° C, filtragem com uso de funil e papel de filtro em um balão volumétrico de 100 ml, completando-se

Tabela 1. Fórmula Percentual de Ingredientes e Composição Químico-Energética das Rações Experimentais

Ingredientes	Calcário A		Calcário B	
	0,75%Ca	0,60% Ca	0,75% Ca	0,60% Ca
Milho Moído	52,53	52,53	52,53	52,53
Farelo de Soja	34,42	34,42	34,42	34,42
Óleo de soja	4,69	4,69	4,69	4,69
Sal comum	0,38	0,38	0,38	0,38
DL-Metionina	0,145	0,145	0,145	0,145
Avilamicina (10%)	0,005	0,005	0,005	0,005
Cloreto de Colina	0,07	0,07	0,07	0,07
Supl. mineral – vitamínico *	0,10	0,10	0,10	0,10
Fosfato monoamônio	1,56	1,56	1,56	1,56
Calcário A	1,67	1,27	-	-
Calcário B	-	-	1,63	1,24
Areia lavada	4,43	4,83	4,47	4,86

Nutrientes				
Energia Metabolizável (kcal/kg)	2991	2991	2991	2991
Proteína Bruta (%)	20,5	20,5	20,5	20,5
Lisina total (%)	1,0	1,0	1,0	1,0
Metionina+Cistina total (%)	0,78	0,78	0,78	0,78
Fósforo disponível (%)	0,48	0,48	0,48	0,48
Cálcio total (%)	0,75	0,60	0,75	0,60

* (composição kg / premix): Vit.A 15.000.000 UI, Vit.D3 1.500.000 UI, Vit.E 15.000UI, Vit.K3 3,0 g, Vit.B1 2,0 g, Vit.B2 4,0 g, Vit.B6 3,0 g, Vit.B12 0,015 g, Ácido nicotínico 25 g, Ácido pantotênico 10 g,, Ácido fólico 1,0 g, Colina 250 g, Bacitracina de Zn-10 g, Se 100 mg, BHT 10 g; Fe 80 g, Cu 10 g, Co 2 g, Mn 80 g, Zn 50 g, 11 g. .

24 horas e submetidas ao extrator de gordura usando éter etílico para desengordurá-las por 120 horas; posteriormente, estabilizadas à temperatura ambiente e novamente levadas à estufa 105° C por 24 horas para determinação da matéria seca do osso desengordurado; por fim, efetuou-se radiografia dos ossos para mensurar o comprimento e o diâmetro da tíbia com auxílio de um paquímetro. Após este procedimento, as amostras foram trituradas em almofariz, transferidas para cadinhos de porcelana de 50 ml e colocados em mufla

o volume com água destilada, e a solução obtida foi usada na determinação do cálcio (TEIXEIRA, 1994).

No período compreendido entre 29^o e 31^o dia, as aves restantes de cada unidade experimental foram alojadas em gaiolas de metabolismo e utilizadas para determinação do balanço ou retenção de cálcio. A técnica utilizada foi de mensuração do consumo voluntário e coleta total de excretas das aves. As excretas foram armazenadas em sacos plásticos e guardadas em freezer até o final

do 3º dia, e posteriormente, pesadas e homogeneizadas para retirada de uma amostra representativa, as quais foram submetidas à pré-secagem em estufa de circulação forçada de ar a 60°C por 72 horas, e posteriormente, processadas em moído tipo Willey com peneiras de 1 mm. Uma amostragem de 10g das excretas de cada repetição foi usada para determinação da matéria seca e matéria mineral, e seqüencialmente submetidas a determinação do cálcio pela técnica da perman-ganometria (AOAC, 1990; SILVA, 1990). O balanço de cálcio foi obtido pela diferença entre o consumo e excreção pelas aves, comparativamente aos ensaios de digestibilidade.

Os dados obtidos pelo ensaio de desempenho, mineralização e desenvolvimento ósseo, balanço de cálcio, foram submetidos à análise de variância e teste de médias SNK ($P < 0,05$) pelo programa computacional SAEG - sistema de análises estatísticas e genéticas (UFV, 1997).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com relação aos valores médios de desempenho das aves, os quais são apresentados na Tabela 2, constatou-se interação significativa entre fontes e níveis de cálcio ($P < 0,05$) e entre fontes de cálcio e sexo das aves ($P < 0,05$). Observa-se maior consumo com o uso do calcário A, em ambos os níveis dietéticos; e o consumo para o nível 0,60% sendo maior do que para o nível 0,75%, com ambas as fontes de cálcio; e tanto com machos quanto com fêmeas, nota-se maior consumo para o calcário A. Verifica-se maior ganho em peso com o calcário A, em ambos os níveis dietéticos; e tanto em machos quanto em fêmeas, nota-se maior ganho em peso com o uso do calcário A, sendo maior para os machos. Já para conversão alimentar, nota-se melhor índice com nível 0,75% de cálcio e com machos, independente da fonte de cálcio.

Os efeitos das fontes de cálcio sobre o desempenho das aves podem ser explicados parcialmente pelo maior consumo de ração, permitindo inferência indireta sobre a manutenção de um padrão uniforme de absorção e velocidade constante de disponibilização do cálcio, uma melhor responsividade metabólica na fase inicial de crescimento. Em complementação a esta hipótese, neste estudo, os maiores consumos de ração obtidos com os menores níveis de cálcio evidenciam uma ação regulatória físico-química interativa e dinâmica, pois, dentro de certos limites, o ajuste na ingestão voluntária de alimento pelo animal objetiva o atendimento de suas exigências nutricionais, variável conforme a categoria produtiva

em que se encontra e de acordo com a biodisponibilidade das matérias-primas e suplementos dietéticos (FIALHO *et al.*, 1992). Já os melhores resultados de ganho em peso e conversão alimentar, observado com machos, evidenciam o fator genético intrínseco à fisiologia do crescimento ou otimização do desempenho a partir de mecanismos metabólicos gerenciados pelo sistema neuro-endócrino (MACARI *et al.*, 2002).

Segundo Sá *et al.* (2004a) maiores ganhos em peso foram obtidos a partir do nível de 0,66% de cálcio, em virtude de uma maior disponibilidade de cálcio nos suplementos com tamanhos de partícula maiores, devido a maior retenção do alimento na parte superior do trato digestório, propiciando maior período de permanência do alimento em meio ácido e maior solubilização do cálcio. Segundo Sebastian *et al.* (1997), o uso de altos níveis de cálcio nas rações ocorre em virtude do seu baixo custo e por não apresentar toxicidade, embora enfatizem seu efeito adverso sobre o desempenho na fase inicial de criação. Na avaliação da exigência nutricional deste elemento, consideram-se as diferentes linhagens, o sexo, o consumo e as suas relações com vitamina D e o fósforo. Apesar do NRC (1994) apresentar a exigência de cálcio para frangos em torno de 1% entre 1 a 21 dias e 0,90% entre 22 a 42 dias, para rações com 3200 kcal EM / kg, Karunajeewa (1976) concluiu que para a fase de crescimento 0,60% de cálcio e 0,57% de fósforo, seriam suficientes para adequado crescimento e mineralização óssea, desde que estejam presentes em formas altamente disponíveis. Conforme Cabral (1999) e Quian *et al.* (1997), baixos teores de cálcio propiciaram melhores resultados de desempenho, indicando que a elevação do nível de cálcio na ração, independentemente do uso da fitase, pode causar redução do ganho de peso. Assim, torna-se permissível o uso de níveis de cálcio inferiores aos preconizados pelo NRC (1994) e Rostagno *et al.* (1994), no entanto, vale destacar o aporte adequado de vitamina D e a relação Ca : P , ou seja, menor teor de fósforo propicia a formulação com menor teor de cálcio.

Com relação aos valores de desenvolvimento e mineralização óssea, apresentados na Tabela 3, constatou-se interação significativa entre fontes e níveis de cálcio ($P < 0,05$) e entre fontes de cálcio e sexo das aves ($P < 0,05$). Houve maior teor de cinzas na tibia óssea com o nível de 0,75% de cálcio e com as fêmeas, para ambos os tipos de calcário; o teor de cálcio nas cinzas também apresenta melhores valores com o nível de 0,75% de cálcio e com as fêmeas, para ambos os tipos de

Tabela 2. Desempenho de Frangos de Corte conforme o Sexo e em função das Fontes e Níveis de Cálcio Dietéticos no Período de 1 a 28 dias de Idade

Variáveis	Nível de Ca (%) e Sexo das Aves	Fontes de Cálcio	
		Calcário A	Calcário B
Consumo de MS (g)	0,60	1885 a,c	1700 b,c
	0,75	1815 a,d	1630 b,d
	Macho	1876 a	1666 b
	Fêmea	1824 a	1704 b
Ganho de Peso (g)	0,60	1162 a	1035 b
	0,75	1145 a	1041 b
	Macho	1190 a,c	1072 b,c
	Fêmea	1125 a,d	1029 b,d
Conversão Alimentar	0,60	1,62 c	1,64 c
	0,75	1,58 d	1,57 d
	Macho	1,58 d	1,58 d
	Fêmea	1,62 c	1,64 c

Médias seguidas de letras a e b na linha e de letras c e d na coluna, diferem estatisticamente pelo teste SNK (P<0,05)

calcário. Verificou-se maior comprimento da tíbia com nível 0,75% e com os machos, especialmente para o calcário A; para o diâmetro da tíbia óssea, maior valor com o nível de 0,75% de cálcio e com os machos (calcário A). No estudo de Schoulten et.al. (2003) o teor de cálcio na tíbia, com nível de 0,46% de cálcio da ração, foi inferior, indicando que o mesmo não foi suficiente para promover adequada calcificação, mas observou deposição crescente de cálcio na tíbia óssea conforme o nível de cálcio da ração, estabilizando-se com 0,59% de cálcio, através do modelo Linear Response Plateau; também notaram que a deposição máxima de matéria mineral nas tíbias aos 21 dias de idade foi estimada com 0,55% de cálcio na ração. Já Qian et al. (1997) estimaram que o nível de 0,71% de cálcio e 0,51% de fósforo total na ração resultou na melhor mineralização óssea de frangos de corte de 1 a 21 dias, alimentados com ração à base de milho e farelo de soja, enquanto, Mitchell & Edwards Jr. (1996), verificaram elevação no teor de cinzas da tíbia em frangos de 1 a 21 dias, quando aumentaram o nível de cálcio da ração de 0,63 a 0,99% em rações à base de milho e farelo de soja

com 0,55% de fósforo total suplementada com fitase. Segundo Sebastian et al. (1996 a,b), o excesso de cálcio na ração pode prejudicar o aproveitamento do fósforo levando a uma redução nos teores de fósforo na tíbia, devido a uma redução na absorção do fósforo fítico pela formação de complexos insolúveis com o cálcio no trato digestivo, anulando o efeito da fitase (LEESON, 1999), sendo o mesmo efeito inferido sobre a redução na deposição de manganês nos ossos, devido à drástica redução na absorção intestinal deste mineral (SHAFEY et.al., 1991), assim, recomendações de cálcio não devem ser feitas apenas visando o melhor ganho em peso, mas a adequada mineralização óssea.

Tabela 3. Desenvolvimento e Mineralização Óssea de Frangos de Corte conforme o Sexo e em função das Fontes e Níveis de Cálcio no Período de 1 a 28 dias de Idade

Variáveis	Nível de Ca (%) e Sexo das Aves	Fontes de Cálcio	
		Calcário A	Calcário B
Cinzas (%)	0,60	49,00 d	48,60 d
	0,75	50,85 c	50,39 c
	Macho	49,88 d	49,17 d
	Fêmea	51,18 c	51,17 c
Cálcio nas cinzas (%)	0,60	34,41 d	34,73 d
	0,75	35,13 c	34,88 c
	Macho	34,80 d	34,89 d
	Fêmea	35,03 c	34,94 c
Comprimento (mm)	0,60	75,25 a,d	74,24 b,d
	0,75	75,62 c	75,87 c
	Macho	77,00 a,c	75,25 b,c
	Fêmea	75,33 d	74,83 d
Diâmetro(mm)	0,60	5,00 c	4,62 c
	0,75	5,50 a,d	4,87 b,d
	Macho	5,75 a,c	5,33 b,c
	Fêmea	5,00 d	4,67 d

Médias seguidas de letras a e b na linha e de letras c e d na coluna, diferem estatisticamente pelo teste SNK (P<0,05)

Os melhores resultados de desenvolvimento ósseo observados com machos evidenciam o fator genético intrínseco à fisiologia do crescimento, sustentação da musculatura esquelética proporcional ao desenvolvimento corporal (CABRAL, 1999; MACARI *et al.*, 2002), bem como, os melhores resultados de mineralização óssea obtido com as fêmeas, relacionado com mecanismos compensatórios intrínsecos à futura etapa reprodutiva, suporte à manutenção da homeostase de cálcio durante os períodos de postura de ovos (CARBÓ, 1987), em concordância com Qian *et al.* (1997), onde as fêmeas apresentaram deposição de cinzas e de cálcio superior à dos machos. Segundo Teixeira (1994), o maior teor de cinzas das tíbias das fêmeas, provavelmente, pode ser atribuído à maturidade sexual mais precoce das fêmeas, devido à ação dos hormônios estrogênicos, que propiciam melhor aproveita-

mento do cálcio levando a uma calcificação mais intensa na fase inicial. Rose *et al.* (1996) observaram que os machos foram mais pesados que as fêmeas em todas as idades, e o comprimento das tíbias dos machos foram superiores aos das fêmeas, entretanto, as tíbias das fêmeas foram menos porosas e mais mineralizadas, conseqüentemente, através da análise da geometria do osso e resistência à flexão, observaram que os machos apresentaram valores inferiores aos das fêmeas. Segundo os autores, os machos compensaram a menor resistência pelas alterações na geometria, enquanto as fêmeas apresentaram tíbias mais rígidas e mineralizadas. Assim, o dimorfismo sexual evidenciado nas fêmeas, ossos mais densos, mineralizados, resistentes à flexão, e menos porosos, explicariam porque as frangas são menos susceptíveis a deformidades ósseas.

Tabela 4. Balanço ou Retenção de Cálcio pelos Frangos de Corte acordo com Sexo, Fontes e Níveis de Cálcio no Período de 29 a 31 dias de Idade

Variáveis	Nível Ca (%) e Sexo das Aves	Fontes de Cálcio	
		Calcário A	Calcário B
Retenção de Cálcio (%)	0,60	50,65 c	52,92 c
	0,75	44,10 d	46,52 d
	Macho	46,34 b	49,06 a
	Fêmea	45,89 b	48,03 a

Médias seguidas de letras a e b na linha e de letras c e d na coluna, diferem estatisticamente pelo teste SNK (P<0,05)

Com relação aos valores médios referentes ao balanço ou retenção de cálcio pelas aves, os quais são apresentados na Tabela 4, constatou-se interação significativa entre fontes e níveis de cálcio (P<0,05) e entre fontes de cálcio e sexo das aves (P<0,05). Observa-se maior retenção de cálcio no organismo com o nível de 0,60% de cálcio dietético, com o uso de ambas as fontes suplementares do mineral; pode-se verificar também que independente do sexo das aves, os maiores valores médios de retenção de cálcio foram propiciados pelo calcário B.

Os efeitos dose-resposta sobre a retenção mineral pelas aves com os níveis de cálcio dietético podem ser justificados pela característica responsiva compensatória do trato digestório, pois, em função de uma menor presença do elemento inorgânico pode ter ocorrido um estímulo maior sobre os mecanismos de detecção via quimio-receptores e absorção via transporte ativo, resultando em uma ação preventiva na tentativa de evitar uma situação de deficiência nutricional (FURLAN et.al., 1995; MACARI et.al., 2002).

As diferenças obtidas na retenção de cálcio com as fontes suplementares podem ser justificadas pelo efeito da granulometria sobre a melhoria na eficiência de absorção do macromineral, corroborada pela avaliação granulométrica efetuada sobre os dois tipos de calcário, através de peneiras de diferentes diâmetros e agitação mecânica (ZANOTTO & BELLAVER, 1996), que resultou na seguinte proporção de tamanhos de partícula para o Calcário A: 13 % inferior a 0,15 mm, 74 % entre 0,15 e 0,30 mm e 13 % entre 0,30 e 1,20 mm; e a seguinte proporcionalidade para o Calcá-

rio B: 99 % inferior a 0,15 mm e 1 % entre 0,15 e 0,30 mm.

O efeito positivo das fontes de cálcio com partículas grandes está associado à sua ação mecânica, estimulando a dispersão de enzimas e alimento nas primeiras porções do trato digestivo, facilitando a ação do suco digestivo, e à título comparativo, em galinhas poedeiras, a retenção no papo e relativa insolubilidade permitem o aproveitamento do cálcio à noite, durante o período de formação da casca, quando as aves não consomem alimento (TORTUERO e CENTENO, 1973; GUINNOTTE & NYS, 1991 a,b). As aves solubilizam maior quantidade de cálcio consumido nos suplementos com partículas grandes do que com partículas pequenas, contudo, as poedeiras podem ajustar a quantidade de cálcio solubilizada de várias fontes para alcançar o requerimento durante as horas do dia (KUSSAKAWA et.al., 1998), e deste modo, informações sobre a quantidade de cálcio solubilizada pela ave pode ser útil para compreender porque alguns tipos de suplementos de cálcio melhoram a qualidade da casca mais do que outros. A solubilização in vivo da fonte de cálcio e o cálcio retido pela ave pode ser influenciado pelo nível de cálcio da dieta (relação inversa), maiores tamanhos de partícula do calcário propiciam solubilização maior, e as aves mantidas sob dieta deficiente em cálcio solubilizam e retêm maior quantidade de cálcio do que aquelas com dieta adequada (RAO e ROLAND, 1989; RAO e ROLAND, 1990).

Para Shafey *et al.* (1991), a solubilidade dos minerais diminui e o tamanho dos complexos minerais aumenta conforme a digesta se move do duodeno e jejuno para o íleo, pois, a centrifugação do conteúdo do trato digestório mostrou que a maior parte do cálcio, ferro, magnésio e zinco estavam na forma insolúvel, sugerindo que a elevação do pH intestinal, em função da elevação do nível de cálcio da ração, reduz a fração solúvel de minerais da ração e a sua disponibilidade para a absorção, bem como, uma intensa competição pelos mesmos sítios de absorção ao longo do intestino delgado (McDowell, 1992), e desse modo, minerais associados com complexos pequenos têm maior chance de serem absorvidos pois apresentam uma maior superfície de contato. Segundo Schoulten *et al.* (2002), os machos apresentaram uma taxa de absorção de minerais superior às fêmeas, diferença provavelmente devida ao crescimento mais acelerado dos machos, requerendo assim maiores quantidades de minerais para seu metabolismo normal, no entanto, a taxa de absorção de cálcio apresentou efeito quadrático, reduzindo de 47,6% a 15,3%, conforme o nível de cálcio foi elevado de 0,40% a 1,16%. Com a elevação dos níveis de cálcio no sangue a calcitonina entra em ação para reduzir a sua absorção, e quando a ingestão de cálcio situa-se abaixo ou acima das necessidades das aves, a homeostase é restabelecida pela ação dos hormônios envolvidos na sua regulação (Swenson e Hays, 1996; MACARI *et al.*, 2002).

Como consideração final, pode-se destacar que paralelamente a melhoria na eficiência produtiva das linhagens de frango de corte modernas, proveniente do intenso desenvolvimento corporal, estas aves vem demonstrando problemas de pernas, que causam efeitos adversos sobre a viabilidade e comportamento. Apesar dos inúmeros esforços da indústria avícola, essa é uma grave situação, e assim, cabe ressaltar a importância dos níveis nutricionais usados nas rações de fase inicial. Trabalhando com frangos de corte, Skinner *et al.* (1991) observaram que ao aumentar os níveis de aminoácidos totais 20% acima das exigências da ave, houve uma redução significativa da mineralização da tíbia nas aves que consumiram dietas com 0,5% e 1,0% de cálcio, podendo levar a um aumento na incidência de anormalidades das pernas, redução no crescimento e alta morbidez, prejuízos no rendimento produtivo e econômico. Nelson *et al.* (1992) não relataram efeito significativo sobre o ganho de peso e a eficiência alimentar de frangos de corte alimentados com níveis de cálcio de 0,6, 0,8 e

1,0 %, mas Scheideler *et al.* (1995), observaram um aumento significativo da conversão alimentar com a redução do conteúdo de cálcio das dietas. Todavia, Araújo *et al.* (2002) relataram que na fase de crescimento, a elevação dos níveis de aminoácidos melhoraram a conversão alimentar e a redução do nível de cálcio melhorou o rendimento de peito, embora não tenham influenciado a excreção de cálcio. Assim, efeitos de fatores ambientais, nutricionais, genéticos e de manejo, influem na exigência de cálcio pelas aves, devendo-se ressaltar as diferentes metodologias utilizadas na determinação das exigências deste mineral. De acordo com Hurwitz *et al.* (1995), as respostas dos frangos de corte ao nível de cálcio dietético são marcadamente modificadas pela taxa de crescimento das aves ou potencial genético, tornando-se necessária a constante reavaliação das necessidades nutricionais (SÁ *et al.*, 2004 ab).

Os efeitos observados no presente estudo podem ser explicados parcialmente pela granulometria das fontes de cálcio, indicando que um consumo mais uniforme melhora a eficiência de absorção do macromineral, como foi no uso do calcário A, e uma melhor responsividade metabólica com no caso do nível de 0,75% de cálcio. A ação regulatória físico-química sobre o consumo em virtude de uma redução muito acentuada do nível de cálcio preconizado pelo NRC (1994) e Rostagno *et al.* (1994), pode não ser suficiente para o atendimento das exigências de máxima produção, mesmo com uso de fontes suplementares de boa disponibilidade. Já os melhores resultados de ganho em peso e conversão alimentar, observado com machos, evidencia o fator genético intrínseco à fisiologia do crescimento, e a melhor mineralização óssea com as fêmeas pode estar relacionado aos mecanismos neuro-endócrinos compensatórios à futura etapa reprodutiva.

CONCLUSÃO

O desempenho dos frangos de corte foi satisfatório com nível de 0,75% de cálcio dietético, destacando-se o calcário calcítico A, melhor mineralização óssea nas fêmeas e melhor desenvolvimento da musculatura esquelética nos machos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARAÚJO, C.S.S.; ARTONI, S.M.B.; ARAÚJO, L.F. et al. Desempenho, Rendimento de Carcaça e Excreção de Cálcio de Frangos de Corte Alimentados com Diferentes Níveis de Aminoácidos e Cálcio no Período de 22 a 42 Dias de Idade. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v.31, n.6, p.2209-2215, 2002.
- AOAC - *Association of Official Analytical Chemistry*. Official Methods of Analysis. Washington, D.C., 15.ed., 1990. 684p.
- BELL, R.R.; ENGELMANN, D.T.; SIE, T. et al. Effect of a high protein intake on calcium metabolism in the rat. *Journal of Nutrition*, v.105, p.475-483, 1975.
- CABRAL, G. H. *Níveis de cálcio em rações para frangos de corte*. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa-UFV, 1999. 83p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia).
- CARBÓ, C.B. *La Gallina Ponedora: Sistemas de Explotación y Técnicas de Producción*. Madrid, Editora Mundi – Prensa, 1987. 519p.
- EDWARDS JR., H.M. Dietary 1,25-dihydroxycholecalciferol supplementation increases natural phytate phosphorous utilization in chickens. *Journal of Nutrition*, n.123, p. 567-577, 1993.
- FIALHO, E. T.; BARBOSA, H. D.; BELLAVER, C. et al. Avaliação nutricional de algumas fontes suplementação de cálcio para suínos - biodisponibilidade e desempenho. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 21, n. 5, p. 891-905, 1992.
- FURLAN, A.C.; TAFURI, M.L.; ROSTAGNO, H.S. et al. Digestibilidade aparente e balanço de fósforo dos fosfatos de Araxá e de Patos de Minas para coelhos em crescimento. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v.24, n.6, p. 962-971, 1995.
- GEORGIEVSKII, V. I. General Information on Minerals. In: GEORGIEVSKII, V. I. AN-NENKOV, B. N.; SAMOKHIN.V.T. *Mineral Nutrition of Animals*. London, Butterworths, 1982. p.11-56.
- GUINOTTE, F.; NYS, Y. (a) Effects of particle size and origin of calcium source on eggshell quality and bone mineralization in egg laying hens. *Poultry Science*, v. 70, p.583-592, 1991.
- GUINOTTE, F.; NYS, Y. (b) The effects of particle size and origin of calcium carbonate on performance and ossification characteristics in broiler chicks. *Poultry Science*, v.70, p.1908-1920, 1991.
- HURWITZ, S.; PLAVNIK, I.; SHAPIRO, A. et al. Calcium metabolism and requirements of chicks are affected by growth. *Journal of Nutrition*, v.2, p.2679-2686, 1995.
- LEESON, S. Enzimas para aves. In: *Simpósio Internacional sobre Nutrição de Aves*, FACTA, 1999. Anais... Campinas: FACTA, 1999. p.173-185.
- KARUNAJEEWA, H. Effect of some feed additives on the performance of broiler chicks fed diets containing high levels of meat and bone meal. *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry*, v.16, p.685-690, 1976.
- KUSSAKAWA, K.C.K.; MURAKAMI, A.E.; FURLAN, A.C. Combinações de Fontes de Cálcio em Rações de Poedeiras na Fase Final de Produção e Após Muda Forçada. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v.27, n.3, p.572-578, 1998.
- MACARI, M.; FURLAN, R.L.; GONZALES, L. *Fisiologia Aviária Aplicada a Frangos de Corte*. Jaboticabal, Editora FUNEP/UNESP, 2002. 375p.
- McDONALD, P.; EDWARDS, R.A.; GREENHALGH, J.F.D. *Nutrición Animal*. Zaragoza, Editorial Acribia S.A., 1993. 571p.
- McDOWELL, L.R. *Minerals in Animal and Human Nutrition*. New York, Academic Press, 1992. 523p.
- MITCHELL, R.D.; EDWARDS Jr., H.M. Effects

- of phytase and 1,25-Dihydroxicholecalciferol on phytate utilization and quantitative requirement for calcium and phosphorus in young broiler. *Poultry Science*, v.75, n.1, p.111-119, 1996.
- NRC - National Research Council. *Nutrient Requirements of Poultry*. 9.ed. Washington, National Academy Sciences, 1994. 155p.
- NELSON, T.S.; KIRBY, L.K; JOHNSON, Z.B. Effect of calcium, phosphorus and energy on the incidence of weak legs in heavy male broiler. *Journal of Applied Poultry Research*, v.1, p.11-18, 1992.
- QIAN, H.; KORNEGAY, E.T.; DENBOW, D.M. Utilization of phytate phosphorus and calcium as influenced by microbial phytase, cholecalciferol, and the calcium: total phosphorus ratio in broiler diets. *Poultry Science*, v.76, n.5, p.37-46, 1997.
- RAO, K.S., ROLAND, Sr., D.A. Influence of dietary calcium level and particle size of calcium source in vivo calcium solubilization by commercial leghorns. *Poultry Science*, v.68, n.11, p.1499-1505, 1989.
- RAO, K.S., ROLAND Sr., D.A. In vivo limestone solubilizations in commercial leghorns: role of dietary calcium level, limestone particle size, in vitro limestone solubility rate, and the calcium status of the hen. *Poultry Science*, v.69, n.12, p.2170-2176, 1990.
- ROSE, N.; CONSTANTIN, P.; LETERRIER, C.. Sex differences in bone growth of broiler chickens. *Growth, Development and Aging*, v.60, n.2, p.49-59, 1996.
- ROSTAGNO, H.S.; SILVA, D.J.; COSTA, P.M.A. et al. *Tabelas Brasileiras de Composição de Alimentos e Exigências Nutricionais de Aves e Suínos*. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa - UFV, 1994. 59p.
- SÁ, L.M. ; GOMES, P.C.; ALBINO, L.F.T. et al. Exigência nutricional de cálcio e sua biodisponibilidade em alguns alimentos para frangos de corte no período de 1 a 21 dias de idade. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v.33, n.1, p.157-168, 2004 a.
- SÁ, L.M. ; GOMES, P.C.; ROSTAGNO, H.S. et al. Exigência nutricional de cálcio para frangos de corte nas fases de crescimento e terminação. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v.33, n.2, p.397-406, 2004 b.
- SILVA, D.J. *Análise de Alimentos (métodos químicos e biológicos)*. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa - UFV, 1990. 165p.
- SEBASTIAN, S.; TOUCHBURN, S.P.; CHAVEZ, E.R. et al. The effects of supplemental microbial phytase on the performance and utilization of dietary calcium, phosphorus, copper, and zinc in broiler chickens fed corn-soybeans diets. *Poultry Science*, v.75, n.6, p.729-736, 1996 a.
- SEBASTIAN, S.; TOUCHBURN, S.P.; CHAVEZ, E.R. et al. Efficacy of supplemental microbial phytase at different dietary calcium levels on growth performance and mineral utilization of broiler chickens. *Poultry Science*, v.75, n.12, p.1516-1523, 1996 b.
- SEBASTIAN, S.; TOUCHBURN, S.P.; CHAVEZ, E.R. et al. Apparent digestibility of protein and amino acids in broiler chickens fed a corn-soybean diet supplemented with microbial phytase. *Poultry Science*, v.76, n.12, p.1760-1769, 1997.
- SCHEIDELER, S.E.; RIVES, D.V.; GARLICH, J.D. et al. Dietary calcium and phosphorus effects on broiler performance and the incidence of sudden death syndrome mortality. *Poultry Science*, v.74, p.2011-2018, 1985.
- SCHOULTEN, N.A.; TEIXEIRA, A.S.; SILVA, H.O. et al. Efeito dos níveis de cálcio da ração suplementada com fitase sobre a absorção de minerais em frangos de corte de 22 a 42 dias. *Ciência Animal Brasileira*, Brasília, v.3, n.1, p.31-37, 2002.
- SCHOULTEN N.A.; TEIXEIRA, A.S.; FREITAS, R.T.F. et al. Níveis de Cálcio em Rações de Frangos de Corte na Fase Inicial Suplementadas com Fitase. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v.32, n.5, p.1190-1197, 2003.

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

SKINNER, J.T.; BEASLEY, J.N.; WALDROUP, P.W. Effects of dietary amino acid levels on bone development in broilers chickens. *Poultry Science*, v.70, p.941-946, 1991.

SMITH, O. B.; KABAJA, E. Effect of high dietary calcium and wide calcium/ phosphorus rations in broiler diets. *Poltry Science*, v.64, p.1713-1720, 1984.

TEIXEIRA, A.S. *Exigências nutricionais de zinco e sua disponibilidade em sulfatos e óxidos de zinco para pintos de corte*. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1994. 172p. Tese (Doutorado em Zootecnia).

TORTUERO, F., CENTENO, C. Studies of the use of calcium carbonate in the feeding of laying hens during summer months. *Poultry Science*, v.52, n.3, p.866-872, 1973.

UFV - Universidade Federal de Viçosa. *Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas - SAEG*. Viçosa-MG, 1997. 54p. (Manual - Software)

UNDERWOOD, E.J. *Mineral Nutrition of Livestock*. London, CAB International Publishers, 3th ed., 1999. 614 p.

WALDROUP, P.W. Bioassays remain necessary to estimate phosphorus, calcium bioavailability. New York, *Feedstuffs*, v.68, p.13-20, 1996.

ZANOTTO, L. D.; BELLAYER, C. Métodos de determinação da granulometria de ingredientes para uso em rações de suínos aves. Concórdia, *Circular Técnica n.15 EMBRAPA - CNPSA*, p.1-5, Dez., 1996.