

## Níveis Nutricionais de Cobre para Frangos de Corte Machos e Fêmeas na Fase Inicial

Marlene Schmidt<sup>2</sup>, Paulo Cezar Gomes<sup>3</sup>, Horacio Santiago Rostagno<sup>4</sup>, Luiz Fernando Teixeira Albino<sup>4</sup>, Edwiney Sebastião Cupertino<sup>5</sup>

**RESUMO** - Com o objetivo de determinar a exigência de cobre (Cu) para frangos de corte na fase inicial (8 - 21 dias), foram utilizadas 384 aves, metade machos e metade fêmeas. Foi elaborada uma dieta basal atendendo às exigências nutricionais das aves, com exceção do Cu, que ficou deficiente, com nível de 1,47 ppm. Os tratamentos consistiram dos níveis de suplementação de Cu provenientes do sulfato de Cu, resultando em um total de 1,47; 4,97; 8,47; 11,97; 15,47 e 18,97 ppm de Cu na dieta. Foram avaliados o ganho de peso, o consumo de ração, a conversão alimentar e a concentração de Cu no osso, no fígado e no soro. Os níveis de Cu estudados influenciaram o consumo de ração, mas não influenciaram o ganho de peso e a conversão alimentar. Não houve efeito dos níveis de Cu sobre a concentração deste mineral no osso. Observou-se efeito dos níveis de Cu da dieta sobre suas concentrações no fígado e no soro, respectivamente. No entanto, optou-se pelo valor de exigência estimado pela variável Cu no soro, por representar melhor o *status* nutricional de Cu no organismo animal. Concluiu-se, portanto, que a exigência de Cu para frangos de corte, machos e fêmeas, de 8 a 21 dias de idade é de 9,48 ppm, ressaltando-se que dietas práticas de frangos de corte à base de milho e farelo de soja contêm normalmente de 8,5 a 11 ppm de Cu e que a biodisponibilidade do Cu no farelo de soja é de 38%.

Palavras-chave: exigência, fígado, mineral, osso, soro

### Copper Nutritional Levels for Male and Female Broilers in the Initial Phases

**ABSTRACT** - Three hundred and eighty-four birds, half males and half females, were used to determine the copper (Cu) requirement for broilers in the initial phase (from 8 to 21 days). A basal diet was formulated to meet the bird nutritional requirements, except for Cu, that was deficient at 1.47 ppm level. The treatments consisted of Cu supplementation levels, from Cu sulfate, in a total of 1.47, 4.97, 8.47, 11.97, 15.47 and 18.97 ppm Cu in the diet. Weight gain, feed intake, feed:gain ratio and Cu concentration in the bone, liver and serum were evaluated. The studied Cu levels affected feed intake, but did not alter weight gain and feed:gain ratio. No effects of Cu levels on Cu concentration in the bone were detected. Effects of increasing dietary Cu levels on Cu concentration in the liver and serum were observed. However, the most adequate value of Cu requirement was estimated in the serum, because it better represents the Cu nutritional status in the animal organism. It was concluded that Cu requirements for broilers, males and females, from 8 to 21 days old is of 9.48 ppm, considering that corn and soybean meal-based diets, for broilers, contain from 8.5 to 11 ppm Cu and that Cu bioavailability in the soybean meal of 38%.

Key Words: bone, requirement, liver, mineral, serum

### Introdução

A avicultura de corte alcançou, nos últimos anos, alto potencial genético para ganho de peso, o que faz com que essas aves tenham rápido crescimento e, conseqüentemente, atinjam peso ao abate em idades cada vez menores. Entretanto, com a mudança do padrão genético das aves, a nutrição deve ser melhorada, no sentido de permitir o máximo desenvolvimento desses animais. Também os problemas ambientais causados em áreas de intensa produção avícola têm imposto novas recomendações dos nutrientes nas dietas.

O cobre (Cu) é um nutriente essencial ao metabolismo animal. Sua importância foi observada por volta de 1928 e, a partir desta data, uma série de patologias foram associadas à sua deficiência (McDowel, 1992), incluindo anemia, redução da pigmentação das penas e da atividade de uma série de enzimas (Hill & Matrone, 1961), fragilidade óssea e espessura da cartilagem (Carlton & Henderson, 1962).

O Cu também é importante na formação de numerosas metaloenzimas (McDowel, 1992). Entre elas, encontra-se a ceruloplasmina, secretada no fígado e considerada a principal proteína carreadora de Cu no

<sup>1</sup> Parte da tese apresentada pela primeira autora à UFV para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

<sup>2</sup> Doutoranda em Zootecnia - Universidade Federal de Viçosa - UFV - MG. Bolsista CNPq. E.mail: zooschmidt@yahoo.com.br

<sup>3</sup> Prof. Adjunto do DZO/UFV - Viçosa - MG. E.mail: pcgomes@ufv.br

<sup>4</sup> Prof. Titular do DZO/UFV - Viçosa - MG. Bolsista do CNPq. E.mail: lalbino@ufv.br; rostagno@ufv.br

<sup>5</sup> Doutorando em Zootecnia - Universidade Federal de Viçosa - UFV - MG. Bolsista do CNPq.

soro (Koh et al., 1996), e a citocromo oxidase, uma metaloenzima fundamental para a transferência de elétrons para o oxigênio, uma etapa muito importante na respiração celular (Lehninger et al., 1995). O Cu induz a síntese da thionein no fígado, que consiste em uma seqüência de aminoácidos que varia conforme a espécie. A thionein pode se ligar ao íon Cu, formando a metallothionein, que tem como uma de suas funções diminuir a quantidade de íons Cu livre no fígado (Richards, 1989). Juntamente com o ferro, o Cu é importante também na formação da hemoglobina (McNaughton & Day, 1979).

O NRC (1994), com base nos estudos de McNaughton & Day (1979), recomenda a exigência de 8 ppm de Cu em dietas para frangos de corte, em todas as fases. Rostagno et al. (2000), por sua vez, recomendam a suplementação de 8,5 ppm.

A escassez de trabalhos atualizados sobre exigência de Cu em dietas práticas para aves pode estar promovendo o uso inadequado deste micromineral nas rações, trazendo como conseqüências possíveis problemas nutricionais, além de oneração do custo da ração e aumento de sua concentração nos dejetos, colocando em risco o meio ambiente.

Justifica-se, portanto, a necessidade de se determinar a exigência de Cu para frangos de corte na fase inicial de crescimento.

### Material e Métodos

Foram utilizados 384 pintos de corte Avian Farms, com sete dias de idade (192 machos e 192 fêmeas), distribuídos em 48 gaiolas de uma bateria metálica durante o período dos 8 aos 21 dias de idade. Até o 7<sup>a</sup> dia, as aves receberam dieta atendendo todas as exigências nutricionais (inclusive as de Cu), segundo recomendações de Rostagno et al. (2000).

Adotou-se um esquema fatorial 6 x 2 (seis níveis de Cu e dois sexos), em um delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições e oito aves por unidade experimental.

As aves foram criadas de acordo com as recomendações de manejo descritas por Gomes et al. (1996), adotando-se o programa de luz contínua, com 24 horas de luz (natural + artificial), durante todo o período experimental.

Determinou-se a composição química dos ingredientes da dieta experimental e da água fornecida aos animais (antes e durante a fase experimental), conforme

metodologia descrita por Silva (1998). O sulfato de cobre ( $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ) utilizado continha 25% de Cu. Análises de amostras de água coletadas antes e durante a fase experimental não indicaram presença do mineral estudado.

A dieta basal foi formulada para atender às exigências nutricionais das aves, segundo recomendações de Rostagno et al. (2000), com exceção das de Cu, que permaneceu deficiente, com nível de 1,47 ppm (Tabela 1). Os níveis de suplementação de Cu, provenientes do sulfato de Cu comercial, à dieta basal foram 0,0; 3,5; 7,0; 10,5; 14,0 e 17,5 ppm de Cu, resultando em um total de 1,47; 4,97; 8,47; 11,97; 15,47; e 18,97 ppm de Cu, respectivamente, na dieta.

As aves receberam ração e água à vontade e as pesagens foram realizadas no início e no final do experimento, para averiguação do ganho de peso, do consumo de ração e da conversão alimentar. Com o término do experimento, foram escolhidas 192 aves com o peso médio da gaiola (quatro aves por gaiola), para a coleta de sangue. Posteriormente, as mesmas aves foram abatidas, para a extração do fígado e da tíbia, visando as análises subseqüentes da concentração de Cu.

As tíbias, com as cartilagens adjacentes e livres de tecido muscular, e os fígados foram levados à estufa de ventilação forçada (65°C), por 72 horas, sendo desengordurados em extrator Soxhlet por 8 horas e triturados em moinhos de aço inoxidável. Em seguida, foram pesados em balança analítica, determinando-se a concentração de Cu de acordo com a metodologia descrita por Silva (1998), em espectrofotômetro de absorção atômica, modelo 908, marca GBC.

Para a coleta de sangue, as aves foram submetidas a jejum forçado, com o objetivo de proporcionar mesmo *status* metabólico de Cu na corrente sangüínea de todos os animais. O jejum obedeceu à seguinte seqüência: uma hora de jejum, seguida por uma hora de alimentação normal. Em seguida, iniciou-se a retirada dos comedouros em ordem crescente da numeração das gaiolas, com intervalo de 5 minutos entre cada comedouro. Quando o comedouro da última gaiola foi retirado, iniciou-se a coleta de sangue das aves, que seguiu a mesma seqüência e intervalo supracitados. O sangue foi coletado por punção cardíaca anterior e dessorado naturalmente em ambiente de temperatura controlada. Em seguida, o soro foi transferido em vidraria adequada e submetido à análise de concentração de Cu, conforme a metodologia descrita por Silva (1998). A leitura da

Tabela 1 - Composição percentual e valor nutricional da dieta basal

Table 1 - Composition (%) and nutritional value of the basal diet

Ingrediente <i>Ingredient</i>		%
Milho ( <i>Corn</i> )		46,200
Farinha de trigo ( <i>Wheat flour</i> )		12,300
Farinha de milho ( <i>Corn meal</i> )		10,000
Prot. isolada de soja ( <i>Isolated soya protein</i> )		20,780
Farinha de carne e ossos ( <i>Meat and bone meal</i> )		5,470
Calcário ( <i>Limestone</i> )		0,470
Fosfato bicálcico ( <i>Dicalcium phosphate</i> )		0,220
Sal ( <i>Salt</i> )		0,400
Mistura vitamínica <sup>1</sup> ( <i>Vitamin premix</i> )		0,100
Mistura mineral <sup>2</sup> ( <i>Mineral premix</i> )		0,100
Antioxidante <sup>3</sup> ( <i>Antioxidant</i> )		0,010
Anticoccidiano <sup>4</sup> ( <i>Coccidiostatic</i> )		0,050
Promotor de crescimento <sup>5</sup> ( <i>Growth promoter</i> )		0,002
DL-Metionina ( <i>Methionine</i> ), 99%		0,190
Lisina HCl ( <i>Lysine</i> ), 78%		0,180
Cloreto de colina ( <i>Choline chloride</i> ), 60%		0,040
Areia lavada ( <i>Washed sand</i> )		3,500
Total		100,000
Composição calculada <i>Calculated composition</i>		
Proteína bruta ( <i>Crude protein</i> )	(%)	21,446
EM ( <i>ME</i> )	(kcal/kg)	3000,000
Fibra bruta ( <i>Crude fiber</i> )	(%)	1,385
Ácido linoléico ( <i>Linoleic acid</i> )	(%)	1,073
Ca	(%)	0,960
P disponível ( <i>Available P</i> )	(%)	0,450
Na	(%)	0,222
K	(%)	0,664
Cu	(mg/kg)	1,47
Lisina total ( <i>Total lysine</i> )	(%)	1,263
Metionina total ( <i>Total methionine</i> )	(%)	0,522
Met.+ cistina ( <i>Methionine + cystine</i> )	(%)	0,898
Treonina ( <i>Threonine</i> )	(%)	0,830
Triptofano ( <i>Tryptophan</i> )	(%)	0,244

<sup>1</sup> Conteúdo/kg de ração (*content/kg of diet*): Vit. A – 12.000 U.I.; Vit. D3 – 3.600 U.I.; Vit. E – 30; Vit. B1 – 2,5 mg; Vit. B2 – 8 mg; Vit. B6 – 5 mg; Ácido pantotênico (*Panthenic acid*) – 12 mg; Biotina (*Biotin*) – 0,2 mg; Vit. K3 – 3 mg; Ác. fólico (*Folic acid*) – 1,5 mg; Ác. nicotínico (*Nicotinic acid*) – 40 mg; Vit. B12 – 0,02 mg; Se – 0,15 mg; Veículo (*vehicle*), q.s.p – 1 g.

<sup>2</sup> Conteúdo/kg de ração (*content/kg of diet*): Fe – 50,0 g; Mn – 70 g; Zn – 60,0 g; Co – 0,2 g; I – 1,0 g; Se – 0,10 g; Veículo (*vehicle*), q.s.p – 1000 g.

<sup>3</sup> BHT.

<sup>4</sup> Coxistac – Salinomicina sódica (*Salinomycin sodium*), 12%

<sup>5</sup> Stafac – Virginiamicina (*Virginiamycin*), 50%

concentração de Cu foi feita no aparelho denominado “Plasma”.

As análises estatísticas dos parâmetros avaliados foram realizadas de acordo com o programa SAEG (Sistema para Análises Estatísticas e Genéticas), desenvolvido na Universidade Federal de Viçosa (UFV, 1997), e as estimativas de exigência de Cu foram feitas mediante o uso dos modelos Quadráticos e Linear e “Linear Response Plateau” (LRP), conforme o ajustamento dos dados obtidos para cada variável.

## Resultados e Discussão

Não foram observadas anormalidades no desempenho de pernas frangos de corte no período de 8 a 21 dias de idade. A incidência de anormalidades ósseas foram raras e aleatórias, não podendo ser atribuídas a efeitos de tratamento. Rucker et al. (1975) também não observaram fragilidades ósseas em frangos alimentados com dieta contendo mais de 1 ppm de Cu.

Os resultados de desempenho estão apresentados na Tabela 2. Não houve interação sexo  $\times$  níveis de Cu ( $P>0,05$ ), indicando que estes fatores agem de forma independente sobre as variáveis de desempenho.

Não se observou efeito dos níveis de Cu ( $P>0,05$ ) sobre o ganho de peso e a conversão alimentar. Estes resultados estão de acordo com os de Zanetti et al. (1991), Bertechini et al. (1993), Cachoni (1993) e Koh et al. (1996), que também não observaram efeito dos níveis de Cu sobre estes parâmetros, quando trabalharam com frangos de corte. No entanto, houve efeito significativo dos níveis de Cu ( $P<0,01$ ) sobre o consumo de ração, que aumentou linearmente com os níveis de suplementação.

Houve efeito de sexo ( $P<0,01$ ) sobre o consumo de ração e o ganho de peso; os machos consumiram 5,23% a mais que as fêmeas e ganharam 5,46% a mais de peso.

Os resultados da concentração de Cu no osso, no fígado e no soro de frangos de corte no período de 8 a 21 dias de idade são descritos na Tabela 3. Não houve interação sexo  $\times$  níveis de Cu ( $P>0,05$ ), comprovando que estes fatores atuam de forma independente sobre estes parâmetros. Também não se observou efeito de

sexo ( $P>0,05$ ) sobre a concentração de Cu no fígado, no osso e no soro.

Não se obteve efeito ( $P>0,05$ ) dos níveis de Cu sobre a concentração de Cu no osso. Estes resultados demonstraram que o Cu, dentro dos níveis estudados, não interferiu na concentração de Cu nos ossos, justificando a não-constatação de anormalidades ósseas. Bertechini et al. (1993) e Cachoni (1993), trabalhando com níveis superiores (8,5 a 300 ppm de Cu), também não encontraram diferença significativa da concentração de Cu na tíbia, concluindo que este não é um bom parâmetro para estimar a exigência ou biodisponibilidade de Cu, uma vez que não é influenciado pelo aporte da dieta.

Houve efeito ( $P<0,01$ ) dos níveis de Cu sobre a concentração desse mineral no fígado. Estes resultados corroboram os relatados por Aoyagy & Baker (1993), Bertechini et al. (1993), Ledoux et al. (1991), Zanetti et al. (1991), Cachoni (1993) e Ewing et al. (1998), que também observaram acúmulo de Cu no fígado de aves que receberam dietas com níveis crescentes do mineral.

Tabela 2 - Desempenho de frangos de corte machos (M) e fêmeas (F), submetidos a diferentes níveis de cobre (Cu) no período de 8 a 21 dias de idade

Table 2 - Effects of feeding different copper (Cu) levels on performance of male (M) and female (F) broilers from 8 to 21 days old

Nível de Cu (ppm) <i>Level of Cu</i>	Sexo <i>Sex</i>	Ganho de peso (g) <i>Body weight gain</i>	Consumo de ração (g) <i>Feed intake</i>	Conversão alimentar (g:g) <i>Feed:gain ratio</i>
1,47	M	504,6	704,5	1,40
4,97	M	491,6	693,6	1,40
8,47	M	497,8	688,4	1,38
11,97	M	504,3	705,8	1,40
15,47	M	491,6	706,6	1,44
18,97	M	510,9	717,1	1,40
	Média ( <i>Mean</i> )	500,1 a	702,7 a	1,40 a
1,47	F	454,5	640,5	1,41
4,97	F	477,6	676,4	1,42
8,47	F	468,3	647,7	1,38
11,97	F	484,9	670,3	1,38
15,47	F	478,5	678,4	1,42
18,97	F	481,1	693,5	1,44
	Média ( <i>Mean</i> )	474,2 b	667,8 b	1,41 a
Níveis de Cu <i>Levels of Cu</i>		ns	** <sup>1</sup>	ns
Sexo ( <i>Sex</i> )		**	**	ns
Sexo x Níveis <i>Sex x Levels</i>	ns	ns	ns	
CV (%)		4,19	3,66	2,68

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si a 5% pelo teste F.

Averages followed by the same letter in the column do not differ at 5% by F test.

CV - Coeficiente de variação (*Coefficient of variation*).

\*\* ( $P<0,01$ ); ns ( $P>0,05$ ), pelo teste F (*by F test*).

<sup>1</sup> Efeito linear (*Linear effect*).

Tabela 3 - Efeitos dos diferentes níveis de cobre (Cu) da ração sobre a concentração de Cu no osso (CuO), no fígado (CuF) e no soro (CuS) de frangos de corte machos (M) e fêmeas (F) no período de 8 a 21 dias de idade  
 Table 3 - Effects of feeding dietary copper (Cu) levels on Cu concentration in the bone (CuO), liver (CuF) and serum (CuS) of male (M) and female (F) broilers from 8 to 21 days old

Nível de Cu (ppm) Level of Cu	Sexo Sex	CuO (ppm)	CuF (ppm)	CuS (mg/L)
1,47	M	5,35	4,65	0,128
4,97	M	5,35	5,06	0,133
8,47	M	5,49	7,42	0,135
11,97	M	5,35	9,98	0,133
15,47	M	5,2	10,64	0,131
18,97	M	5,24	9,67	0,130
	Média (Mean)	5,33a	7,90a	0,132a
1,47	F	5,25	4,60	0,132
4,97	F	5,24	5,10	0,134
8,47	F	5,40	6,97	0,138
11,97	F	5,33	9,32	0,135
15,47	F	5,20	10,81	0,130
18,97	F	5,21	9,86	0,129
	Média (Mean)	5,27a	7,78a	0,133a
Níveis de Cu (Levels of Cu)	ns	**1	***2	
Sexo (Sex)	ns	ns	ns	
Sexo x Níveis (Sex x Levels)	ns	ns	ns	
CV (%)	5,46	5,46	6,56	

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si a 5% pelo teste F.

Averages followed by the same letter in the column do not differ at 5% by F test.

CV- Coeficiente de variação (Coefficient of variation).

\*\* (P<0,01); \*\*\* (P<0,09) e ns (P>0,05), pelo teste F (by F test).

<sup>1</sup> Efeito linear e Linear Response Plateau (LRP) (Linear and Linear Response Plateau effect).

<sup>2</sup> Efeito quadrático (Quadratic effect).

Houve efeito (P<0,09) dos níveis de Cu em relação à concentração no soro. Bertechini et al. (1993) e Zanetti et al. (1991) também observaram, em frangos de corte na fase inicial de crescimento, que a concentração de Cu no soro respondia à suplementação desse mineral na dieta.

As estimativas de exigência de Cu para frangos de corte no período de 8 a 21 dias de idade encontram-se na Tabela 4. Como não houve interação (P>0,05) sexo x níveis de Cu, as equações foram ajustadas para ambos os sexos.

Os valores de exigência de Cu pelas aves para a concentração de Cu no fígado foram de 18,97 e 13,29 ppm quando os modelos empregados foram o Linear e Linear Response Plateau (LRP), respectivamente, e optou-se pelo valor encontrado pelo modelo LRP, por apresentar menor soma de quadrado dos desvios. O valor de exigência de Cu pelas aves para a concentração de Cu no soro, foi de 9,48 ppm quando o modelo empregado foi o quadrático. Trabalho semelhante foi conduzido por Aoyagy & Baker (1993), que, utilizando aves de 8 a 23 dias, alimentadas com dieta purificada, suplementada com níveis de Cu (sulfato de Cu), também observaram comportamento

quadrático da concentração de Cu no soro das aves, porém atingindo um ponto de máximo em 4,56 ppm de Cu na dieta.

O fígado não é um bom parâmetro para medir a exigência de minerais, e sim para medir sua biodisponibilidade (Aoyagy & Baker, 1993); e, por ser um órgão que vai acumulando o excesso à medida que se aumentam os níveis de suplementação, possivelmente o valor de exigência esteja abaixo do “plateau” encontrado. Desta forma, justifica-se a utilização do valor de exigência encontrado pela variável Cu no soro, cujo ponto de máxima foi inferior ao “plateau” encontrado para a variável Cu no fígado.

Mills (1987) afirma que, em se tratando de animais saudáveis, a variável Cu no soro é viável para avaliar o status nutricional de Cu no organismo animal. Portanto, nas condições em que o experimento foi conduzido, conclui-se que a exigência de Cu para frangos de corte, machos e fêmeas, de 8 a 21 dias de idade é de 9,48 ppm, ressaltando-se que dietas práticas para à base de milho e farelo de soja frangos de corte contêm normalmente de 8,5 a 11,1 ppm de Cu e que a biodisponibilidade deste mineral no farelo de soja, segundo Aoyagy et al. (1993), é de 38%.

Tabela 4 - Sumário das análises de determinação das exigências de cobre (Cu) estimadas pelos modelos linear e quadrático e Linear Response Plateau (LRP) para frangos de corte de 8 a 21 dias de idade

Table 4 - Summary of analyses of copper (Cu) requirements estimated by linear and quadratic models and linear response plateau (LRP) for broilers from 8 to 21 days old

Modelos quadrático e linear Quadratic and linear models					
Variável Variable	Equações ajustadas Fitted equations	Ex.	r <sup>2</sup>	SQD	
CR (g/ave)	$\hat{Y} = 668,017 + 1,68456N$	e <sup>18,97</sup>	0,66**	310,4	
CuF (ppm)	$\hat{Y} = 4,07664 + 0,368010N$	e <sup>18,97</sup>	0,86**	4,58	
CuS (mg/L)	$\hat{Y} = 0,128343 + 0,00135386N - 0,0000714276N^2$	9,48	0,80***	1 x 10 <sup>-4</sup>	
Linear Response Plateau (LRP)					
Variável Variable	Equação da reta Line equation	Platô Plateau	Ex.	r <sup>2</sup>	SQD
CuF (ppm)	$\hat{Y} = 3,3947 + 0,4791N$	$\hat{Y} = 9,76$	13,29	0,93**	1,11

\*\* (P&lt;0,01) e \*\*\* (P&lt;0,09) pelo teste F (by F test).

Ex - exigência de cobre (Copper requirement).

SQD - Soma de quadrado dos desvios (Square sum of the deviations).

CR - Consumo de ração (Feed intake).

CuF - Cobre no fígado (Copper in the liver).

CuS - Cobre no soro (Copper in the serum).

## Conclusões

A inclusão de níveis crescentes de Cu em dietas das aves não influenciou as características de desempenho de maior interesse econômico (ganho de peso e conversão alimentar). Considerando-se que a variável concentração de Cu no soro é viável para avaliar o status nutricional de Cu no organismo animal, determinou-se que a exigência nutricional de Cu para frangos de corte, machos e fêmeas, de 8 a 21 dias de idade é de 9,48 ppm.

## Literatura Citada

- AOYAGY, S.; BAKER, D.H. Bioavailability of copper in analytical-grade and feed-grade inorganic copper sources when fed to provide copper at levels below the chick's requirement. *Poultry Science*, v.72, p.1075-1083,1993.
- AOYAGY, S.; BAKER, D.H.; WEDEKING, K.J. Estimates of copper bioavailability from liver of different animal species and from feed ingredients derived from plants and animals. *Poultry Science*, v.72, p.1746-1755, 1993.
- BERTCHINI, A.G.; HOSSAIN, S.M.; MELHO, B.M. et al. Níveis nutricionais de cobre para frangos de corte na fase inicial. In. CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS, 1993, Santos. *Anais...* Campinas: Fundação Apinco de Ciência e Tecnologia Avícolas, 1993. p.2.
- CACHONI, C.C. **Biodisponibilidade de cobre de várias fontes comerciais para frangos de corte na fase inicial.** Lavras: Universidade Federal de Lavras, 1993. 71p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Lavras, 1993.
- CARLTON, W.W.; HENDERSON, W. Histopathological lesions observed in the long bones of chickens fed a copper-deficient diet. *Poultry Science*, v.41, p.1634, 1962.
- EWING, H.P.; PESTI, G.M.; BAKALLI, R.I. et al. Studies on the feeding of cupric sulfate pentahydrate, cupric citrate, citrate, and copper oxychloride to broiler chickens. *Poultry Science*, v.77, p.445-448, 1998.
- GOMES, P.C.; ALBINO, L.F.T.; SILVA, M.A. **Criação de frangos de corte.** Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 1996. 18p.
- HILL, C.H.; MALTRONE, G. Studies on copper and iron deficiency in growing chickens. *Journal of Nutrition*, v.73, p.425-431, 1961.
- KOH, T.S.; PENG, R.K.; KLASING, K.C. Dietary copper level affects copper metabolism during lipopolysaccharide-induced immunological stress in chicks. *Poultry Science*, v.75, p.867-872, 1996.
- LEDoux, D.R.; HENRY, P.R.; AMMERMAN, C.B. et al. Estimation of the relative bioavailability of inorganic copper sources for chicks using tissue uptake of copper. *Journal Animal Science*, v.69, p.215-222, 1991.
- LEHNINGER, A.L.; NELSON, D.L.; COX, M.M. **Princípios de bioquímica.** 2.ed. São Paulo: 1995. 839p.
- McDOWEL, L.R. **Copper and molybdenum - minerals in animal and human nutrition.** San Diego: Academy Press, 1992. p.178-204.
- McNAUGHTON, J.L.; DAY, E. Effect of dietary Fe to Cu ratios on hematological and growth responses of broiler chickens. *Journal of Nutrition*, v.109, p.559-564, 1979.
- MILLS, C.F. Biochemical and physiological indicators of mineral status in animals: copper, cobalt and zinc. *Journal of Animal Science*, v.65, p.1702-1711, 1987.
- NATIONAL RESEARCH COUICIL - NRC. **Nutrient requirements of poultry.** 9.ed. Washington, D.C.: National Academy Press, 1994. 155p.
- RICHARDS, M.P. Recent developments in trace element metabolism and function: Role of metallothionein in copper and zinc metabolism. *Journal of Nutrition*, v.119, p.1062-1070, 1989.
- ROSTAGNO, R.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de**

- alimentos e exigências nutricionais. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2000. p.140.
- RUCKER, R.B.; RIGGINS, R.S.; LAUGHLIN, R. et al. Effects of nutritional copper deficiency on the biomechanical properties of bone and arterial elastin metabolism in the chicks. **Journal of Nutrition**, v.105, p.1062-1070, 1975.
- SILVA, D.J. **Análise de alimentos** (métodos químicos e biológicos). 2.ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 1998. 165p.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA - UFV. Central de Processamento de Dados – UFV/CPD. **SAEG – Sistema para análise estatística e genética**. Versão 7.0 Viçosa, MG: UFV, 1997. 54p.
- ZANETTI, M.A.; HENRY, P.R.; AMMRMAN, C.B. et al. Estimation of the bioavailability of copper sources in chicks fed on conventional dietary amounts. **British Poultry Science**, v.32, p.585-588, 1991.

**Recebido em:** 16/10/04

**Aceito em:** 14/06/05