

**USO DE MICROMINERAIS SOB A FORMA
DE COMPLEXO ORGÂNICO EM RAÇÕES DE
FRANGAS NA FASE DE RECRIA**

JERÔNIMO ÁVITO GONÇALVES DE BRITO

2005

JERÔNIMO ÁVITO GONÇALVES DE BRITO

**USO DE MICROMINERAIS SOB A FORMA DE COMPLEXO
ORGÂNICO EM RAÇÕES DE FRANGAS NA FASE DE RECRIA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do curso de Mestrado em Zootecnia, área de concentração em Nutrição de Monogástricos, para a obtenção do título de “Mestre”.

Orientador

Prof. Dr. Antonio Gilberto Bertechini

LAVRAS
MINAS GERAIS – BRASIL
2005

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

Brito, Jerônimo Ávito Gonçalves de

Uso de microminerais sob a forma de complexo orgânico em rações de frangas na fase de recria / Jerônimo Ávito Gonçalves de Brito. -- Lavras : UFLA, 2005.

63 p. : il.

Orientador: Antonio Gilberto Bertechini.

Dissertação (Mestrado) – UFLA.

Bibliografia.

1. Poedeira. 2. Nutrição de monogástrico. 3. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD-636.5142

-636.5085

JERÔNIMO ÁVITO GONÇALVES DE BRITO

**USO DE MICROMINERAIS SOB A FORMA DE COMPLEXO
ORGÂNICO EM RAÇÕES DE FRANGAS NA FASE DE RECRIA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do curso de Mestrado em Zootecnia, área de concentração em Nutrição de Monogástricos, para obtenção do título de “Mestre”.

Aprovada em 28 de fevereiro de 2005.

Prof. Dr. Édison José Fassani UNIFENAS

Prof. Dr. Paulo Borges Rodrigues UFLA

Prof. Dr. Rilke Tadeu Fonseca de Freitas UFLA

Prof. Dr. Antonio Gilberto Bertechini

(Orientador)

LAVRAS

MINAS GERAIS – BRASIL

2005

A Deus, pela minha existência e por me guiar em todos os momentos,
Ao meu pai, Atanael Brito, *in memoriam*, pelo significado da vida,

DEDICO

A minha mãe, Marildete Brito, pelo amor, apoio e orações.

Aos meus irmãos, Natanael, Valdizar, Hélio, Oziel, Mirian, João Mizael
e André, pelo incentivo e amizade.

A minha namorada, Jaqueline, pela confiança e carinho.

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Lavras e ao Departamento de Zootecnia, pela oportunidade de realização do curso.

Ao Conselho Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudos.

À Tortuga Companhia Zootécnica Agrária, pelo apoio e fornecimento dos suplementos de microminerais para a realização deste trabalho.

Ao Prof. Antonio Gilberto Bertechini, pela orientação, amizade, apoio e ensinamentos durante o curso e realização deste trabalho.

Aos professores Édison José Fassani, Paulo Borges Rodrigues e Rilke Tadeu Fonseca de Freitas, pela cooperação, sugestões e ensinamentos.

Aos funcionários Carlos, Pedro, Keila, Luis Carlos, Gilberto, Geraldo, Cláudio, Eliana, Suelba, José Virgílio e, em especial, Márcio Nogueira, pela amizade e auxílio na realização das análises laboratoriais.

Aos amigos, Reinaldo Kato, Édison Fassani, Adriano Geraldo, Ellen Fukayama e Kamilla Soares, pela amizade, sugestões e valiosa colaboração no desenvolvimento deste trabalho.

Aos alunos de graduação, Henrique Más, Livya Queiroz, Gislene Figueiredo, Juliana Milan, Pedro Ribeiro, Michel de Arruda, Lucas, Márcio e Victor, que auxiliaram na condução e análises do experimento.

Aos colegas de pós-graduação, Fábio Quintão, Júlio Carvalho, Adriano Kaneo, Paula Adriane, Kênia Rodrigues, Mônica Maciel, Lílian Naomi, Rodrigo Oliveira, Renata Souza, Erin Caperuto, Germano Augusto, Marcelo Milagres, Alexmiliano Vogel e Elisângela Gomide, pelo agradável convívio.

Aos eternos amigos do alojamento, Rogério, Silvânio, Vanderlei, Alisson, Eduardo, Pedro, Tarcísio, Paulo, Danilo, Daniel e Shigueto.

A todos familiares, amigos e aqueles que colaboraram, direta ou indiretamente, para realização deste trabalho.

BIOGRAFIA DO AUTOR

Jerônimo Ávito Gonçalves de Brito, filho de Atanael Januário de Brito (*in memorian*) e Marildete Gonçalves de Brito, nasceu em 29 de julho de 1980, na cidade de Morro do Chapéu, BA.

Graduou-se em Zootecnia pela Universidade Federal de Lavras (UFLA), em julho de 2003.

Em fevereiro de 2004, ingressou no curso de Mestrado em Zootecnia, na área de concentração Nutrição de Monogástricos, na Universidade Federal de Lavras (UFLA), defendendo a dissertação em 28 de fevereiro de 2005.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	i
ABSTRACT	iii
1 INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1 Importância dos microminerais para frangas.....	3
2.2 Conceito de microminerais complexados.....	5
2.3 Biodisponibilidade de microminerais para aves.....	6
2.4 Microminerais orgânicos e índices na avicultura industrial.....	8
2.5 Necessidades nutricionais de microminerais para frangas de reposição.....	10
3 MATERIAL E MÉTODOS	13
3.1 Local e época de realização.....	13
3.2 Aves e instalações e equipamentos.....	13
3.3 Delineamento, tratamentos e manejo experimental.....	13
3.3.1 Delineamento experimental.....	13
3.3.2 Tratamentos.....	14
3.3.3 Rações e manejo experimental.....	15
3.4 Análises laboratoriais.....	18
3.5 Avaliação do desempenho	20
3.6 Características dos ossos longos.....	21
3.7 Avaliação do desempenho na fase de produção.....	22
3.8 Qualidade de ovo.....	22
3.9 Análise estatística.....	23
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	25
4.1 Análise da solubilidade dos suplementos de microminerais.....	25
4.2 Desempenho e uniformidade na fase de recria.....	25
4.3 Características ósseas.....	29
4.3.1 Cinzas e zinco.....	29
4.3.2 Características estruturais dos ossos longos.....	32
4.4 Avaliação na fase de postura.....	37
4.4.1 Desempenho.....	37
4.4.2 Qualidade de ovo.....	40
5 CONCLUSÕES	44
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	45
ANEXOS	53

RESUMO

BRITO, Jerônimo Ávito Gonçalves de. **Uso de microminerais sob a forma de complexo orgânico em rações de frangas na fase de recria**. Lavras: UFLA, 2005, 63p. (Mestrado em Zootecnia)*.

O experimento foi conduzido no Setor de Avicultura do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Lavras (UFLA), em Lavras, MG, Brasil. Objetivou-se estudar os efeitos da utilização de microminerais na forma de complexo orgânico em rações de frangas na fase de recria, sobre o desempenho e características ósseas no período de 7-16 semanas, bem como o desempenho das poedeiras até a 32ª semana de idade. Os tratamentos avaliados consistiram da suplementação dos microminerais na forma inorgânica (tratamento controle) e orgânica, com inclusão de 0,4% na ração, que corresponde aos níveis suplementares de 60, 80, 70, 10, 1 e 0,3 ppm de zinco, ferro, manganês, cobre, iodo e selênio, respectivamente, e a redução na de suplementação dos microminerais sob a forma de complexo orgânico com os seguintes níveis de inclusão nas rações: 0,35; 0,3; 0,25 e 0,2%. As rações foram à base de milho e farelo de soja, balanceadas segundo recomendações nutricionais do Manual da Linhagem Lohmann – LSL (2002). Um total de 648 frangas Lohmann – LSL, aos 42 dias de idade, foi utilizado, com 18 e 16 aves por parcela, respectivamente, nos períodos de 7 a 12 e 13 a 16 semanas de idade, distribuídas em um delineamento inteiramente casualizado (DIC) com 6 tratamentos e 6 repetições. Na fase de produção, adotou-se um DIC em esquema de parcela subdividida no tempo (4 períodos de 21 dias), com 6 repetições e 12 aves por parcela, recebendo uma mesma ração, para a avaliação dos efeitos dos tratamentos aplicados na fase de recria. Não houve diferenças significativas ($P>0,05$) entre os tratamentos para características de desempenho na fase de 7 a 12 e 7 a 16 semanas. A uniformidade não foi influenciada ($P>0,05$) na 12ª e 16ª semana de idade das aves. Houve redução linear ($P<0,05$) do teor de cinzas nas tíbias das frangas na 12ª semana com a redução nos níveis de inclusão do suplemento orgânico. Porém, não houve diferenças para esta característica ($P>0,05$) na 16ª e 32ª semana de idade. O teor de zinco em tíbias, assim como o peso, comprimento, espessura e índice ósseo da tíbia e fêmur e a densidade do fêmur não foram influenciados pelos tratamentos ($P>0,05$) nas idades avaliadas, assim como características desempenho e qualidade dos ovos, no período de 20 a 32 semanas de idade das aves. Nessas condições conclui-se que a fonte

*Comitê de Orientação: Antonio Gilberto Bertechini – UFLA (Orientador), Édison José Fassani – UNIFENAS, Paulo Borges Rodrigues – UFLA, Rilke Tadeu Fonseca de Freitas – UFLA

orgânica de suplementação de microminerais apresentou vantagem comparativa, em relação à fonte inorgânica, possibilitando a redução nos níveis de suplementação para 30, 40, 35, 5, 0,5 e 0,15 ppm de zinco, ferro, manganês, cobre, iodo e selênio respectivamente, sem afetar negativamente o desempenho e características ósseas na recria e o desempenho e qualidade dos ovos até a 32ª semana de idade.

ABSTRACT

BRITO, Jerônimo Ávito Gonçalves de. **Use of trace minerals in the form of organic complex in diets of rearing pullets**. Lavras: UFLA, 2005, 63p. (Dissertation - Master in Animal Science) *.

The experiment was carried out in the Section of Poultry Production of the Department of Animal Sciences at the Federal University of Lavras - UFLA, in Lavras, MG, Brasil. It was aimed to study the effects of mineral trace in the organic complex in diets of pullets in the rearing phase, on the performance and bone characteristics in the period of 7-16 weeks, as well as the performance of the laying hens up to the 32nd week of age. The treatments consisted of the supplementation of mineral trace in the inorganic form (control treatment) and organic form with inclusion of 0.4% in the diet, that corresponds to the supplementary levels of 60, 80, 70, 10, 1 and 0.3 ppm of zinc, iron, manganese, copper, iodine and selenium respectively, and the reduction of the supplementation of mineral trace in the form organic complex with the inclusion levels in the diets: 0.35; 0.3; 0.25 and 0.2%. The diets were based on corn and soybean meal, balanced according to nutrient recommendations by Lohmann - LSL Strain Handbook (2002). A total of 648 pullets Lohmann - LSL, at 42 days old were used. Eighteen and sixteen birds were considered as experimental unit in the periods from 7 to 12 and 13 to 16 weeks of age, respectively, distributed in a completely randomized design with 6 treatments and 6 replicates. In the egg production phase a completely randomized design was used in split plot in time (4 periods of 21 days), with 6 replicates and 12 birds per plot, receiving the same diet, for evaluation of the effects of the applied treatments in the rearing phase of pullets. There were not significant differences ($P>0,05$), among the treatments for performance characteristics in the phase from 7 to 12 and 7 to 16 weeks. The uniformity was not influenced ($P>0,05$), in the 12th and 16th weeks of age of the birds. There was a linear reduction ($P<0,05$), of the percentage of ashes in the tibias of the pullets at the 12th week with the reduction in the levels of addition of the organic supplement. However there was no significant difference for this characteristic ($P>0,05$) in the 16th and 32nd weeks. The percentage of zinc in tibias, as well as the weight, length, thickness and bone index of the tibia and femur and, the density of the femur were not influenced by any treatment ($P>0,05$), in the 12nd and 16th weeks, as well as characteristic performance and quality of the eggs in the period from 20 to 32 weeks. Under these conditions the

*Guidance Committee: Antonio Gilberto Bertechini - UFLA (Adviser), Édison José Fassani - UNIFENAS, Paulo Borges Rodrigues - UFLA, Rilke Tadeu Fonseca of Freitas - UFLA.

organic source of mineral trace supplementation showed a comparative advantage relative to the inorganic source. The reduction in the levels of 30, 40, 35, 5, 0.5 and 0.15 ppm of zinc, iron, manganese, copper, iodine and selenium, respectively, is possible without affecting the performance and bone characteristics in the rearing of the pullets, or the performance and quality of the eggs up to the 32nd week of age.

1 INTRODUÇÃO

A evolução do desempenho de poedeiras comerciais foi bastante substancial nos últimos anos, devido, principalmente, a avanços genéticos, nutricionais e de manejo. Estes fatores são principais responsáveis pela posição de destaque do Brasil, que está entre os maiores produtores mundiais de ovos. Encontram-se, atualmente, linhagens cada vez mais precoces e produtivas, sendo consenso geral que fases anteriores à postura (cria e recria) estão diretamente ligadas ao sucesso ou insucesso na fase de produção.

Nos últimos anos, intensificou-se o uso dos chamados minerais quelatados na avicultura mundial, principalmente na Europa, pois, teoricamente, são mais facilmente absorvidos e retidos pelas aves, melhorando dessa forma o desempenho, assim como a imunidade e vida útil das aves, reduzindo a excreção dos microminerais que potencialmente poluem o ambiente.

Devido às perspectivas de apresentar maior biodisponibilidade, em relação a fontes inorgânicas convencionais, os microminerais, sob a forma de complexo orgânico, surgem como boa opção para adequar cada vez mais as necessidades das aves com as quantidades fornecidas na ração, de forma a praticar corretamente o conceito da nutrição. Várias empresas que produzem suplementos minerais inorgânicos tradicionais, de custo relativamente mais baixo, hoje, também, passaram a comercializar minerais sob a forma de complexo orgânico devido à maior demanda, motivada pela publicação de resultados positivos na literatura científica e também ao marketing em torno desses produtos.

Os microminerais são considerados de grande importância na alimentação das aves, pois participam de uma série de processos bioquímicos corporais, essenciais ao crescimento e desenvolvimento, destacando-se a

formação óssea, à qual a maioria dos microminerais essenciais está associada, direta ou indiretamente.

O uso de microminerais sob a forma de complexo orgânico em rações de poedeiras comerciais no Brasil ainda é muito restrito. Trabalhos de pesquisa indicando os benefícios desta tecnologia, elucidando rotas, biodisponibilidade e estabilidade, ainda não são sólidos. A carência de trabalhos científicos, especificamente nas fases de cria e recria, relatando os efeitos sobre o desempenho e características ósseas é pronunciada. Alguns trabalhos sugerem que a utilização em longo prazo (cria, recria e produção de ovos) mostra-se mais adequada. De forma geral, os resultados são muito contraditórios, devido à variabilidade de moléculas de minerais sob a forma orgânica, existindo diferenças, como biodisponibilidade e metabolismo.

Objetivou-se, com o presente trabalho, estudar a utilização dos principais microminerais essenciais na forma de complexo orgânico em rações de frangas de reposição, na fase de recria (7-16 semanas), avaliando o desempenho, características ósseas e seus efeitos sobre a produção e qualidade de ovos das aves na fase de produção, até a 32ª semana de idade.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Importância dos microminerais para frangas

A fase de recria, tradicionalmente considerada a partir dos 42 dias de idade até o período de pré-postura, no início da 17ª semana de idade, é marcadamente evidenciada pelo desenvolvimento ósseo e do sistema reprodutor. No período de 7 a 12 semanas, ocorre incremento da ordem de 44% no peso corporal, devido ao desenvolvimento do esqueleto. Segundo Faria (2003), a proporção do crescimento nesta fase é maior, quando comparada à fase inicial (desenvolvimento dos órgãos) e final (desenvolvimento do sistema reprodutor). O crescimento multifásico das linhagens modernas de poedeiras demonstra que deve-se ter preocupações nutricionais específicas (Martins, 2000). Dessa forma, na fase de recria, a nutrição mineral voltada para uma boa formação óssea deveria receber atenção especial.

Os microminerais zinco, manganês e cobre estão diretamente associados ao crescimento e desenvolvimento do tecido ósseo (Underwood, 1999).

Por ser um dos constituintes da metaloenzima anidrase carbônica (0,3%), o zinco atua no equilíbrio ácido-base no organismo e desempenha importante papel também na calcificação óssea (Leeson & Summers, 2001). Klasing (1998) refere-se ao zinco como sendo o mais importante mineral metabolicamente ativo e conclui que sua deficiência prejudica a maioria das rotas metabólicas. O tecido muscular e o ósseo são os principais tecidos de reserva de zinco, possuindo capacidade de liberar possíveis excedentes em condições de deficiência na dieta (Emmert & Baker, 1995; Underwood, 1999).

O manganês é ativador metálico das enzimas glicosiltransferase e fosfatase alcalina, que estão envolvidas na síntese de mucopolissacarídeos e glicoproteínas, que contribuem na formação da zona epifisal dos ossos, assim

como a matriz orgânica dos ossos e da casca dos ovos (Georgievski, 1982; Leach, 1983). De acordo com Leeson & Summers (2001), a absorção de manganês no trato intestinal é muito baixa e sua biodisponibilidade nos principais alimentos também se mostra baixa. O osso é a fonte de maior reserva de manganês no organismo, apresentando concentração em torno de 4 ppm, seguido pelo fígado.

Segundo Scott et al. (1982) o cobre desempenha importante papel na formação óssea, sendo ativador da lisil oxidase enzima que participa da biossíntese de colágeno. Dietas com deficiência deste mineral, para aves em crescimento, é responsável por ossos frágeis e cartilagens espessas, assim como ovos com cascas frágeis (má formação da membrana da casca), anemia, hemorragia, ovos inférteis e despigmentação. Níveis de cobre no plasma e níveis de ceruplasmina são os melhores indicadores de deficiência de cobre, pois, maior parte do cobre no organismo está associada a esta proteína plasmática (Koh et al., 1996).

Além de funções específicas na formação óssea, zinco, manganês e cobre possuem outras funções não menos importantes e são imprescindíveis ao crescimento das aves, como a participação no metabolismo de carboidratos, síntese de proteínas, ácidos nucleicos e uma infinidade de outras moléculas, assim como regulação gênica, interação com hormônios e co-fatores de inúmeras enzimas.

Os microminerais ferro, iodo e selênio desempenham importante papel no organismo da ave em crescimento, como a síntese de hemoglobina, de hormônios tireoidianos (T_3 e T_4) que controlam o metabolismo intermediário e manutenção da integridade das membranas biológicas (Mcdowell, 1992).

O intenso metabolismo de reabsorção óssea, principalmente no início de postura, é responsável por mortalidade significativa neste período e a má formação óssea na recria parece ser um fator que está intimamente ligado a essas

perdas (Whitehead, 2004). De acordo com o referido autor, fontes e níveis de cálcio, fósforo e vitamina D são os principais fatores nutricionais relacionados com a formação óssea. No entanto, algumas das funções dos principais microminerais sugerem estudos mais aprofundados para verificar envolvimento, problemas correlatos, benefícios e suas interações.

2.2 Conceitos de microminerais complexados

A Association American Feed Control Official (AAFCO, 1993) conceitua os minerais orgânicos como íons metálicos ligados quimicamente a uma molécula orgânica, formando estruturas com características únicas de estabilidade e de alta biodisponibilidade mineral, existindo a seguinte classificação entre os compostos:

- complexo metálico (com aminoácido específico): produto resultante da complexação de um sal metálico solúvel com um aminoácido específico;
- complexo metálico com aminoácido: produto resultante da complexação de um sal metálico solúvel com aminoácidos (não específicos);
- quelato metálico com aminoácido: produto resultante da reação de um íon metálico obtido de um sal metálico solúvel com aminoácidos com a proporção molar de 1 mol do íon metálico com 1 a 3 moles de aminoácidos, na forma de ligações covalentes coordenadas. O peso molecular total do quelato hidrolisado não deve exceder 800;
- proteinado metálico: produto resultante da quelação de um sal solúvel com aminoácidos e ou proteínas parcialmente hidrolisadas.
- complexo metálico com polissacarídeos: produto resultante da complexação de um sal solúvel com solução de polissacarídeos, solução esta que deve ser declarada como um ingrediente, formando um complexo metálico específico.

Segundo Baruselli (2003), novas técnicas de quelação permitiram desenvolver novos produtos, como os carboquelatos, que consistem na lise enzimática de leveduras específicas, fermentado sobre um substrato aditivado com fósforo (fosforilação) e íons metálicos formando complexos orgânicos muito ricos em metabólitos e de alta biodisponibilidade.

Infelizmente, não existe, na literatura científica, metodologia que quantifique diretamente o teor do mineral que está realmente sob a forma orgânica ou quanto dele está dissociado e, dessa forma, a efetividade do mineral quelatado depende muito do método de quelatação. Em uma revisão, Pereira (2002) cita um trabalho realizado por Brown & Zeringue (1994), os quais usaram medidas indiretas como solubilidade em meio compatível ao estômago (ruminantes) e posterior análise de soluções filtradas para quantificação dos minerais, assim como análise cromatográfica para verificar associação física entre os minerais e aminoácidos ou proteínatos nos picos da coluna de biogel. Essas metodologias podem ser utilizadas para buscar respostas *in vitro* aos efeitos desses produtos no organismo animal.

2.3 Biodisponibilidade de microminerais para aves

Apesar de alguns resultados contraditórios, de forma geral, a biodisponibilidade de microminerais sob a forma orgânica é maior quando comparada às fontes inorgânicas convencionais, apresentando boas perspectivas de uso. No entanto, o custo destes produtos é o principal entrave à expansão do seu uso na avicultura.

Pimentel et al. (1991) não verificaram diferenças na biodisponibilidade relativa entre as fontes óxido de zinco e zinco-metionina para frangos.

Em estudos realizados por Baker et al. (1991), foi constatado que a biodisponibilidade de cobre do complexo cobre-lisina e cobre na forma de

sulfato de cobre foram semelhantes e o óxido de cobre apresentou menor biodisponibilidade para frangos de corte.

Aoyagi & Baker (1993a), avaliando a biodisponibilidade do complexo cobre-metionina em relação ao sulfato de cobre, estimaram os valores de 96% e 88% de biodisponibilidade, usando as variáveis cobre na bile e concentração de cobre no fígado de frangos, respectivamente.

Aoyagi & Baker (1993b) verificaram que a biodisponibilidade de zinco-lisina foi 111%, quando comparado ao sulfato de zinco (100%), usando a concentração de zinco nos ossos como característica avaliada.

Ensaio de biodisponibilidade conduzidos por Wedekind et al. (1990) demonstraram que zinco-metionina mostrou-se sempre superior quando comparada a fontes tradicionais de suplementação deste mineral para aves.

A biodisponibilidade do manganês proveniente de diferentes fontes de suplementação foi determinada por Smith et al. (1995) em um experimento utilizando frangos de corte. Os valores de biodisponibilidade (Mn nos ossos) das fontes óxido de manganês e proteinato de manganês em relação ao sulfato de manganês (100%) foram de 91% e 120% (21 dias) e de 83% e 125% (49 dias) respectivamente.

Segundo Ammerman et al. (1995), a utilização (biodisponibilidade) de fontes orgânicas de ferro por aves é semelhante ao sulfato de ferro heptadidratado.

Cao et al. (1996) verificaram, em ensaio de biodisponibilidade com fontes de ferro para frangos de corte (FeSO_4 reagent-grade, FeSO_4 feed-grade e ferro-metionina), que a forma orgânica apresentou 88% de biodisponibilidade quando comparada à fonte reagent-grade, considerada padrão.

Dentre os microminerais, o selênio sob a forma orgânica é o mais consolidado e estudado, existindo evidências efetivas de que, sob essa forma,

este mineral é mais biodisponível (Arruda, 2004; Panton et al., 1998; Torrent, 1996).

Cao et al. (2000), ao estudarem características químicas e a biodisponibilidade relativa de seis diferentes fontes de zinco orgânico comercial em aves e ruminantes, verificaram que apenas um dos proteinatos de zinco teve biodisponibilidade estimada superior ao padrão (sulfato de zinco). Apesar das numerosas diferenças químicas observadas nas diferentes fontes de zinco orgânico, ensaios de alimentação de animais não detectaram diferenças na absorção e deposição de zinco nos tecidos. Os autores concluíram que as fontes de zinco orgânico testadas são geralmente iguais ao sulfato de zinco como fonte de suplementação de zinco para estes animais.

Em estudo conduzido por Banks et al. (2004), diferentes fontes de cobre foram avaliadas, verificando-se efeitos sobre o desempenho e características ósseas (% de cinzas e % de fósforo nos ossos) de frangos de corte e poedeiras. Os resultados apontam uma melhor retenção de fósforo e maior porcentagem de cinzas para as fontes cobre-lisina e cloreto de cobre em relação ao citrato de cobre e sulfato de cobre, não sendo observadas diferenças significativas no desempenho das aves.

2.4 Microminerais “orgânicos” e índices na avicultura industrial

Resultados positivos encontrados na literatura, para aves que recebem microminerais sob a forma de complexo orgânico, possivelmente, são consequência da maior biodisponibilidade relativa destes quando comparados às fontes inorgânicas na suplementação de rações à base de milho e farelo de soja. Na literatura, estudos com frangos de corte, poedeiras e matrizes são comuns. No entanto, na fase de cria e recria são escassos.

A busca pela melhoria na qualidade de casca (porcentagem de casca e peso específico) com o uso complexo de microminerais quelatados é uma prática efetiva, principalmente quando as poedeiras estão com idade mais avançada (Basauri, 1999; Klecker et al., 1997; Mabe, 2003 e Miles, 1998).

A excreção de microminerais já é preocupante em algumas regiões brasileiras, onde existe maior concentração de aves e suínos, podendo ocorrer a contaminação potencial do solo e do lençol freático. Nesse sentido, a utilização de microminerais sob a forma de complexo orgânico pode vir a reduzir a excreção de microminerais para o ambiente, seja pelo melhor aproveitamento pelos animais, como pela possível redução nos níveis de suplementação de cada micromineral e a associação dos dois fatores.

Em um amplo estudo conduzido na Universidade de Guelph, Leeson (2003) avaliou a redução gradativa de 100, 90, 30 e 5 ppm de zinco, manganês, ferro e cobre, respectivamente, de uma fonte inorgânica, para 14, 13, 3,6 e 0,6 ppm, usando uma fonte de proteinato de microminerais em contraste com a fonte inorgânica. Não foram verificadas diferenças significativas sobre o ganho de peso e conversão alimentar de frangos de corte, no período de 1 a 42 dias. Por outro lado, verificou redução significativa na excreção de zinco, cobre e manganês, com a redução da suplementação dos microminerais pela forma orgânica.

Rutz et al. (2003), em estudo conduzido com matrizes pesadas, verificaram aumento de 3,4% na eclodibilidade dos ovos provenientes de matrizes alimentadas com selênio, zinco e manganês, associados a moléculas orgânicas.

Xavier et al. (2004) observaram melhorias nos índices de produção de ovos, conversão alimentar, peso de casca, espessura de casca, peso específico dos ovos e unidade Haugh de poedeiras semipesadas no segundo ciclo de

produção, concluindo que existem benefícios na inclusão de selênio, zinco e manganês sob a forma de complexo orgânico nesta fase.

Sechinato et al. (2004) verificaram melhor desempenho de poedeiras suplementadas com todos os microminerais sob a forma de complexo orgânico, quando comparado à suplementação isolada de cada micromineral quelatado e não verificaram diferenças entre as duas fontes, quando todos os microminerais estavam na forma inorgânica ou orgânica.

Tucker & Esteve (2004) observaram melhor desempenho de frangos de corte quando o suplemento mineral inorgânico foi substituído em 66% por um suplemento mineral orgânico.

Murakami & Franco (2004) verificaram que ovos provenientes de poedeiras suplementadas com microminerais (zinco, selênio, cobre e manganês) sob a forma de complexo orgânico apresentaram maior vida de prateleira (menor queda da unidade Haugh) em relação à fonte inorgânica de microminerais. Por outro lado, quando armazenados em temperatura mais adequada (9°C), não se verificou diferença significativa, para a característica em questão, entre as fontes dos microminerais.

O desempenho de frangos de corte oriundos de matrizes pesadas, alimentadas com minerais associados a moléculas orgânicas, foi avaliado por Santos et al. (2004). Estes autores verificaram menor mortalidade, aos 7 dias, dos pintinhos oriundos de matrizes que receberam inclusão extra de selênio, zinco e manganês associados a moléculas orgânicas, quando comparados a um grupo controle (fonte inorgânica) sem, no entanto, afetar o ganho de peso aos 46 dias.

2.5 Necessidades nutricionais de microminerais para frangas de reposição

Apesar de considerar que aves em crescimento apresentam uma maior necessidade nutricional dos microminerais em relação a aves adultas, o NRC

(1994) preconiza níveis de suplementação para frangas de reposição de 30, 35, 60, 4, 0,35 e 0,10 ppm de manganês, zinco, ferro, cobre, iodo e selênio, respectivamente, para a fase de 6 a 18 semanas de idade, valores estes inferiores aos níveis indicados para frangos de corte.

Por outro lado, Rostagno et al. (2000) preconizam, para as condições brasileiras, os níveis de suplementação de 70, 60, 50, 8,5, 1 e 0,25 ppm de manganês, zinco, ferro, cobre, iodo e selênio, respectivamente, para todas as categorias de exploração avícola industrial (frangos de corte, aves de reposição, postura e matrizes). Devem ser levadas em consideração as condições climáticas tropicais do Brasil, que podem influenciar o consumo de ração e, conseqüentemente, exigir uma maior densidade na formulação, para que as necessidades nutricionais sejam atendidas, assim como o melhoramento genético constante, em que poedeiras cada vez mais leves, com menor consumo e altos índices produtivos, são introduzidas no mercado avícola nacional.

Segundo Leeson (2003), nos últimos 40 anos, estudos das necessidades nutricionais dos microminerais para aves receberam pouca atenção e, mais especificamente nos últimos 15 anos, apenas 1,5% das pesquisas realizadas com aves enfocou os microminerais. Ainda segundo o referido autor, a principal causa deste desinteresse é o baixo custo relativo dos microminerais na ração, representando menos que 0,5% do custo da dieta. As últimas pesquisas usadas pelo NRC (1994) para definir as exigências dos microminerais para frangas de reposição foram realizadas em 1972, 1971, 1968 e 1961, para zinco, manganês, ferro e cobre, respectivamente.

Em uma revisão de literatura, Vieira (2004) afirma que a determinação das exigências dos microminerais tem sido deixada em segundo plano com relação aos outros nutrientes. Segundo o autor, a utilização de microminerais tem agregado uma série de complicadores que não têm paralelo na utilização dos demais nutrientes essenciais para os animais.

De forma geral, as necessidades de microminerais para aves estão relacionadas, principalmente, à fonte, ingredientes usados na ração, idade das aves e interações dos microminerais entre si e outros componentes da dieta.

De acordo com Ashmed (1993), citado por Vieira (2004), a solubilização da fonte do micromineral em questão, em meio ácido no proventrículo, associada ao pH neutro do duodeno e ligantes disponíveis, como o fitato e ácidos graxos, é a principal causa da baixa biodisponibilidade dos microminerais para aves. O sinergismo e o antagonismo entre os microminerais também são fatores diretamente ligados à absorção e, conseqüentemente, à biodisponibilidade dos microminerais para aves, sendo a competição pela ligação com proteínas carreadoras na borda da mucosa intestinal o principal fator relacionado com essas interações. Um exemplo típico e tradicional, refere-se ao cobre e ferro, que competem pelos mesmos transportadores (Klasing, 1998; Miles et al., 2000a; Underwood, 1999).

Segundo Miles et al. (2000b), os microminerais, quando estão complexados a moléculas orgânicas, apresentam maior estabilidade, não necessitando ser solubilizados ou ligarem-se a carreadores de membrana, conferindo melhor absorção, bem como biodisponibilidade.

Os resultados da literatura mostram-se, portanto, inconsistentes sobre a utilização de microminerais sob a forma de complexo orgânico e seu uso ainda não é efetivo na avicultura. A escassez de trabalhos de pesquisa relacionando o uso destes microminerais para frangas de reposição e, ao mesmo tempo, a carência de pesquisas nos últimos anos determinando as reais necessidades nutricionais dos microminerais para cada categoria de exploração avícola revelam a importância do tema, buscando solidificar melhor os conceitos e sua aplicação na avicultura industrial.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local e época de realização

O experimento foi conduzido no Setor de Avicultura do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Lavras, no período de setembro de 2003 a fevereiro de 2004.

O município de Lavras localiza-se na região sul do estado de Minas Gerais, a uma altitude de 910 metros, tendo como coordenadas geográficas 21°14' de latitude sul e 45° de longitude oeste de Greenwich (Brasil, 1992).

3.2 Aves, instalações e equipamentos

Foram utilizadas 648 frangas da linhagem Lohmann-LSL com 42 dias de idade, alojadas em galpão convencional de recria, com cobertura de telhas de cimento amianto, em 4 fileiras de gaiolas, com divisões de 50x45x38cm, comedouros e bebedouros tipo calha, e escoamento contínuo de água.

No final da 16ª semana de idade, as aves foram transferidas para galpão de postura (fase de produção) sendo utilizadas 4 fileiras de gaiolas com divisões de 25x45x38, 3 aves por divisão, um bebedouro tipo nipple para cada duas divisões e comedouros tipo calha. A iluminação foi feita como uso de lâmpadas fluorescentes.

3.3 Delineamento, tratamentos e manejo experimental

3.3.1 Delineamento experimental

Na fase de recria, utilizou-se um delineamento inteiramente casualizado com 6 tratamentos e 6 repetições. A parcela experimental foi constituída de 18

aves, no período de 7 a 12 semanas e 16 aves, no período de 13 a 16 semanas. Na fase de produção, a parcela experimental foi constituída por 12 aves.

Para avaliação do desempenho e qualidade de ovos na fase de produção, foi utilizado um delineamento inteiramente casualizado, em esquema de parcela subdividida, estando os tratamentos distribuídos nas parcelas e os períodos (quatro períodos de 21 dias cada) na subparcelas.

3.3.2 Tratamentos

Os tratamentos experimentais foram constituídos pela inclusão de 0,4% de um suplemento inorgânico de microminerais na ração (tratamento controle) e 5 níveis de inclusão de um suplemento de microminerais sob a forma de complexo orgânico (0,4, 0,35, 0,30, 0,25 e 0,20%). A redução gradativa (0,05%) nos níveis do suplemento de microminerais sob a forma orgânica na ração foi efetuada simultaneamente com a inclusão de caulim nas rações experimentais. Os níveis de cada micromineral, conforme os tratamentos, estão apresentados na Tabela 1.

TABELA 1. Suplementação dos microminerais de acordo com as fontes e os níveis de inclusão estudados (tratamentos)

Micromin. (ppm)	Controle		Níveis suplementares* ¹ (%)			
	0,4 SI	0,4 SO	0,35 SO	0,3 SO	0,25 SO	0,2 SO
Zinco	60	60	52,5	45	37,5	30
Ferro	80	80	70	60	50	40
Manganês	70	70	61,25	52,2	43,75	35
Cobre	10	10	8,75	7,5	6,25	5
Iodo	1	1	0,875	0,75	0,625	0,5
Selênio	0,3	0,3	0,263	0,225	0,188	0,15

* SI – Suplemento inorgânico; SO – Suplemento sob forma de complexo orgânico

¹ Adição de caulim, somando 1,4kg e 2kg (caulim + tratamento) nas rações Recria I e II, respectivamente.

3.3.3 Rações e manejo experimental

As rações experimentais (Tabela 2) foram à base de milho e farelo de soja, de acordo com o programa alimentar recomendado para a linhagem.

TABELA 2. Composição percentual e níveis nutricionais calculados das rações experimentais.

Ingredientes (%)	Ração/Fase			
	Recria I	Recria II	Pré-Post	Postura
Milho	61,445	63,656	64,796	62,757
Farelo de soja	28,320	22,407	23,318	25,394
Farelo de trigo	4,714	8,000	4,792	-
Fosfato bicálcico	1,532	1,429	1,838	1,900
Calcário	1,445	1,418	3,760	7,887
Óleo de soja	0,500	0,500	0,500	0,959
Sal comum	0,394	0,401	0,401	0,377
DL-metionina (99%)	0,052	0,029	0,059	0,096
L-Lisina (78%)	0,038	-	-	-
Cl-Colina (70%)	0,035	0,035	0,035	0,029
Bacitracina de Zn (10%)	0,025	0,025	-	-
Suplemento vitamínico ^{1,2}	0,100	0,100	0,100	0,100
Suplemento mineral ³	-	-	0,400	0,400
Tratamento ⁴	1,400	2,000	-	-
TOTAL	100	100	100	100
NÍVEIS NUTRICIONAIS CALCULADOS:				
Energia Metabolizável (kcal/kg)	2850	2850	2850	2780
Proteína bruta (%)	19,0	17,0	17,0	17,0
Cálcio (%)	1,05	1,00	2,00	3,6
Fósforo disponível (%)	0,40	0,380	0,45	0,45
Lisina (%)	1,000	0,832	0,840	0,863
Metionina (%)	0,350	0,300	0,331	0,367
Metionina+Cistina (%)	0,663	0,591	0,620	0,650
Sódio (%)	0,19	0,19	0,19	0,18

¹Suplemento vitamínico Cria/Recria (Vaccinar). Níveis de garantia/kg do produto: Vitamina A 10.000.000 UI; Vit. D₃ 2.000.000 UI; Vit. E 20.000 UI; Vit. K₃ 2.000mg; Vit B₁ 2000mg; Vit B₂ 4.000mg; Vit. B₆ 4.000mg; Vit. B₁₂ 20.000mcg; Ac. Fólico 1.000mg; Ac. Pantotênico 10.000mcg; Niacina 30.000mg; Biotina 60mg; Vit C 50.000mg; Anti-oxidante 125mg;

²Suplemento vitamínico Postura (Guyomark). Níveis de garantia/kg do produto: Vitamina A 8.750.000 UI; Vit. D₃ 2.000.000 UI; Vit. E 7.000 UI; Vit. K₃ 1.400mg; Vit B₂ 3.760mg; Vit. B₆ 780mg; Vit. B₁₂ 6.000mcg; Ac. Fólico 200mg; Ac. Pantotênico 3920mcg; Vitamina PP 9.000mg; Biotina 9mg; Antioxidante 500mg; Selênio 170mg.

³Suplemento micromineral (Tortuga). Níveis de garantia/kg do produto: Mn 17.500mg; Zn 15.000mg; Fe 20.000mg; Cu 2.500mg; I 250mg; Se 75mg.

⁴Suplemento micromineral + caulim, conforme descrito na tabela 1.

As rações foram isonutrientes, com exceção dos níveis de microminerais, que constituíram os tratamentos. Durante a fase experimental, duas rações foram utilizadas, sendo uma para o período de 7 a 12 semanas e a outra para a fase de 13 a 16 semanas de idade, correspondendo às fases de Recria I e Recria II.

Do 1º ao 42º dia de idade, as aves receberam uma ração inicial padrão, balanceada de acordo com as necessidades recomendadas pelo Manual da Linhagem Lohmann – LSL (2002).

No início da 17ª semana, foi fornecida uma dieta pré-postura contendo 2% de cálcio, até atingir o início da produção (5% de postura). A partir do início da fase de produção de ovos, forneceu-se uma dieta padrão usando um suplemento de microminerais sob a forma inorgânica para a avaliação de possíveis efeitos dos tratamentos aplicados na fase de recria sobre o desempenho e qualidade de ovos até a 32ª semana.

A suplementação de colina foi efetuada seguindo-se as recomendações de Rostagno et al. (2000) e o calcário fornecido em 3 granulometrias na fase de produção: fina, média e grossa (fina: <0,6mm, média: 1-2mm e grossa: 2-3mm) em proporções iguais (1/3, 1/3 e 1/3).

A composição dos principais alimentos usados na formulação foi obtida nas tabelas brasileiras (Rostagno et al., 2000).

As rações experimentais foram preparadas quinzenalmente e estocadas em local apropriado. Os tratamentos foram sorteados para cada parcela experimental e as rações fornecidas à vontade duas vezes ao dia. A água foi fornecida à vontade, em todo o período experimental.

Foram efetuadas vacinações contra os principais desafios da região (Tabela 3), bem como a segunda debicagem.

TABELA 3. Vacinações e 2ª debicagem das frangas durante a fase experimental

Idade em dias	Vacinação e/ou debicagem	Via de aplicação
56	Coriza H. alumínio gel	Intramuscular
70	Bouba aviária e Newcastle	Punção na asa e oral
	Debicagem	-
100	Coriza oleosa, Newcastle+EDS+bronquite	Intramuscular Intramuscular

As pesagens das aves foram efetuadas individualmente no início do experimento, na 12ª e 16ª semanas. O controle do consumo de ração foi quinzenal, anotado em fichas apropriadas. Ao final da 12ª e 16ª semana, duas e uma ave(s) por parcela, respectivamente e, na 32ª semana, quatro aves por tratamento foram abatidas para avaliação de características ósseas sendo retirados os ossos longos (tíbia e fêmur).

Quando se iniciou a fase de produção, foi registrado diariamente, o número de ovos íntegros, quebrados, sem casca e ou casca mole, sendo realizadas duas coletas, às 10:00 e 16:00 horas. No final de cada semana, foi determinado, por meio da colheita da sobra de ração, o consumo médio diário na semana, de cada parcela experimental, assim como a colheita dos ovos para a determinação do peso dos ovos íntegros. A qualidade dos ovos foi avaliada por meio da colheita dos ovos dos três últimos dias de cada período de 21 dias.

As temperaturas (máxima e mínima) foram registradas diariamente às 16 horas, por meio de um termômetro localizado na parte central de cada galpão, tanto na fase de recria como na postura.

O programa de iluminação adotado foi iluminação natural até a 16ª semana de idade e 16 horas diárias na fase de produção de ovos.

3.4 Análises laboratoriais

Os resultados das análises laboratoriais das rações e suplementos, usados no período de 7 a 16 semanas (recria I e recria II), estão apresentados nas Tabelas 4, 5 e 6.

TABELA 4. Análise do teor dos microminerais nos suplementos¹

Micromineral	Comp.orgânico (mg/kg)	Inorgânico (mg/kg)
Zinco	15.570	14.850
Manganês	16.000	17.000
Ferro	21.750	22.020
Cobre	2.560	2.260

¹Análises realizadas no Laboratório de Pesquisa Animal/DZO/UFLA

Os suplementos de microminerais (inorgânico e orgânico) foram elaborados pela Tortuga Companhia Zootécnica Agrária, em Mairinque, estado de São Paulo, para fins de pesquisa, com os níveis de garantia (tabela 2), destinados a atender às recomendações nutricionais de frangos de corte. Usaram-se leveduras para incorporação dos microminerais utilizando soluções (sais de cada micromineral em estudo) em quantidades específicas, para a obtenção da concentração desejada.

Os resultados das análises não revelaram grandes variações em relação ao rótulo do produto, apenas com pequenas variações entre as fontes.

TABELA 5. Composição analisada da proteína bruta, cálcio e microminerais das rações experimentais - Recria I¹

Análise	Controle	Níveis suplementares* (%)					Media
	0,4 SI	0,4 SO	0,35 SO	0,3 SO	0,25 SO	0,2 SO	
PB (%)	18,4	18,6	18,4	18,2	18,2	18,3	18,35
Ca (%)	1,00	1,01	1,01	1,02	1,01	1,00	1,01
Zn (ppm)	114,3	111,7	103,1	95,5	87,3	80,6	98,75
Fe (ppm)	151,2	143,7	130,5	124,7	120,8	111,1	130,3
Mn (ppm)	111,4	109,1	100,3	95,6	93,5	80,6	98,4
Cu (ppm)	18,0	18,8	17,5	15,6	12,0	9,5	15,2

*S I – Suplemento inorgânico; SO – Suplemento sob forma de complexo orgânico

¹Análises realizadas no Laboratório de Pesquisa Animal/DZO/UFLA

TABELA 6. Composição analisada da proteína bruta, cálcio e microminerais das rações experimentais - Recria II¹

Análise	Controle	Níveis suplementares* (%)					Media
	0,4 SI	0,4 SO	0,35 SO	0,3 SO	0,25 SO	0,2 SO	
PB (%)	16,8	16,6	16,4	16,1	16,2	16,5	16,43
Ca (%)	0,97	0,95	0,99	0,98	1,01	0,99	0,98
Zn (ppm)	116,9	117,4	109,7	97,5	91,3	79,6	102,1
Fe (ppm)	162,2	158,7	141,1	134,0	129,7	115,4	140,2
Mn (ppm)	115,2	110,8	105,2	102,1	96,5	83,6	102,2
Cu (ppm)	18,3	19,0	17,9	16,1	12,4	10,1	15,6

*S I – Suplemento inorgânico; SO – Suplemento sob forma de complexo orgânico

¹Análises realizadas no Laboratório de Pesquisa Animal/DZO/UFLA

A análise de solubilização dos suplementos de microminerais foi efetuada pela modificação e adaptação da metodologia descrita por Cheng & Coon (1990), para a avaliação da solubilidade de calcários. Um erlenmeyer de 250ml, contendo 100ml de solução de HCl previamente preparada e padronizada para pH 3, buscando simular o ambiente ácido no proventrículo e na moela foi

aquecido em estufa com agitação (60rpm) e controle de temperatura (42°C), por 20 minutos. Após esse período, dois gramas de suplemento de microminerais (6 repetições/fonte) foram adicionados à solução, reagindo por 30 minutos. A reação foi parada pela adição de 100ml de água deionizada e, posteriormente, a solução foi filtrada em papel filtro “Whatman 42” previamente seco em estufa e com peso conhecido. Os filtros contendo as amostras foram levados à estufa (55°C) por 8 horas, sendo então pesados e transferidos para a mufla onde foram incinerados por 12 horas a 550°C. A amostra resultante foi solubilizada com ácido clorídrico (40ml, HCl 1:3) e transferida para balão de 100ml, que teve seu volume completado com água deionizada.

A amostra filtrada teve seu volume completado para 250ml. Novamente, ambas as soluções foram filtradas e levadas ao aparelho de absorção atômica (Varian EspectrAA – 100) para leitura dos principais microminerais. O valor da solubilidade foi obtido pela divisão da concentração de cada mineral, obtida pela leitura da amostra solubilizada no ensaio (balão de 250ml), pelo somatório das duas leituras (que indica o teor total de micromineral no suplemento).

3.5 Avaliação do desempenho

Foram avaliadas as características de ganho de peso, consumo de ração e conversão alimentar das aves, nos períodos de 7 a 12 e 7 a 16 semanas de idade.

A uniformidade foi obtida pela pesagem individual das aves de cada parcela experimental na 12ª e 16ª semanas e conseqüente obtenção da média de cada tratamento. Apartir da média de cada tratamento, considerou-se o percentual das aves de cada parcela, com peso corporal dentro do intervalo da média de peso do respectivo tratamento, com desvio de 10% (acima ou abaixo). Com a média da uniformidade de cada parcela experimental, procedeu-se a análise estatística dos resultados.

3.6 Características dos ossos longos

Foi realizada a medição do comprimento de canela das aves abatidas na 12^a e 16^a semanas, com auxílio de um paquímetro, relacionando ao peso vivo para corrigir variações do acaso.

Após retirar resíduos de carne, os ossos (tíbia e fêmur) foram secos em estufa a 100°C por, aproximadamente, 2 horas. Em seguida, foram colocados em um recipiente fechado contendo éter etílico, para serem desengorduradas. Após 2 dias, os ossos foram lavados com éter etílico em um aparelho de Soxhlet por 12 horas.

A determinação do comprimento e espessura dos ossos foi efetuada por meio de um paquímetro. O peso dos ossos foi obtido com auxílio de balança de precisão (0,0001g) e a relação peso/comprimento foi obtida segundo Seedor et al. (1991). Os ossos foram, então, moídos, pesados, levados à estufa de 105°C para determinação da matéria seca desengordurada, sendo posteriormente encaminhados para mufla, onde foram incinerados a uma temperatura de 550°C por, aproximadamente, 8 horas obtendo, dessa forma, as cinzas na matéria seca desengordurada. Foi determinada a concentração de zinco de acordo com a metodologia descrita por Silva (2002), usando o aparelho de absorção atômica Varian SpectrAA – 100.

A densidade real no álcool foi obtida segundo adaptação da metodologia descrita por Groham (1975) para determinar densidade de solos, citada por Fassani (2003), de acordo com a variação no volume (em proveta com precisão de 0.1mL) com inclusão do osso moído com peso conhecido (aproximadamente 1 g), sendo utilizada a fórmula: Densidade = Massa (g)/Volume (cm³).

3.7 Avaliação do desempenho das aves na fase de produção

Quando as aves atingiram 50% de produção (maturidade sexual), foi iniciada a coleta de dados na fase de postura. O desempenho foi avaliado por meio da produção de ovos (%/ave/dia), produção de ovos vendáveis (%/ave/dia), sendo esta determinada pela subtração do total de ovos produzidos pelas perdas (ovos quebrados, trincados, casca mole, sem casca e deformado), peso dos ovos (g), consumo de ração (g/ave/dia), massa de ovos (g/ave/dia) e conversão alimentar (g/g), durante 4 períodos de 21 dias cada.

3.8 Qualidade do ovo

Nos últimos 3 dias de cada período, 3 ovos por parcela foram pesados individualmente e determinada a altura de albúmen. Com estas medidas, determinou-se a unidade Haugh, segundo fórmula descrita por Card & Nesheim (1966):

$$UH = 100 \log (H + 7,57 - 1,7 \times PO^{0,37})$$

Sendo:

H= altura de albúmen (mm);

PO= peso do ovo (g).

Os ovos quebrados tiveram suas cascas lavadas e colocadas em estufa ventilada (55°C) para posterior pesagem e obtenção da porcentagem de casca.

O restante dos ovos íntegros da parcela experimental, durante os três dias de análise, foi passado por soluções com diferentes densidades (1,062, 1,066, 1,070, 1,074, 1,078, 1,082, 1,086, 1,090, 1,094, 1,098, 1,102 e 1,106 g/cm³), que foram obtidas pela adição de sal à água e calibradas com um densímetro, sendo determinada a densidade específica dos ovos (g/cm³).

3.9 Modelo estatístico e análise

Os modelos estatísticos adotados na fase de recria, assim como na fase de produção, estão apresentados a seguir:

$$Y_{ij} = \mu + S_i + e_{(i)j}$$

Sendo:

Y_{ij} = Valor observado na variável analisada, quando submetido ao suplemento micromineral i, na repetição j;

μ = Média geral do experimento

S_i = Efeito do suplemento micromineral i, sendo i = 1,2,3,4,5 e 6;

$e_{(i)j}$ = Erro associado a cada observação que, por suposição, é NID (0, σ^2) sendo as repetições j = 1,2,3,4,5 e 6;

$$Y_{ijk} = \mu + S_i + e_{(i)k} + P_j + (SP)_{ij} + e_{ijk}$$

Sendo:

Y_{ijk} = Valor observado na variável analisada no período j, quando submetido ao tratamento i durante recria, na repetição k;

μ = Média geral do experimento

S_i = Efeito do suplemento i, aplicado na recria, sendo i = 1,2,3,4,5 e 6;

$e_{(i)k}$ = Erro associado a cada observação da parcela que, por suposição, é NID (0, σ^2), sendo as repetições k = 1,2,3,4,5 e 6;

P_j = Efeito do período j, sendo j= 1,2,3 e 4;

$(SP)_{ij}$ = Efeito da interação entre o tratamento i e o período j;

$e_{(i)jk}$ = Erro associado a cada observação da subparcela que, por suposição, é NID (0, σ^2).

Os dados foram submetidos à análise estatística utilizando-se o software Sistema de Análise de Variância para dados balanceados (SISVAR), descrito por

Ferreira (2000), procedendo-se as análises de regressão (linear, quadrática e cúbica) para os níveis do suplemento sob a forma de complexo orgânico. Foi realizado o teste de Dunnet, a 5% de probabilidade, para comparar cada nível de suplementação do complexo orgânico com o tratamento controle (inorgânico).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Análise de solubilidade dos suplementos de microminerais

A análise de solubilização dos suplementos (Tabela 7) demonstrou que existem diferenças entre as duas fontes. Seguindo o conceito de microminerais sob a forma de complexo orgânico, a não solubilização em meio ácido pode vir a indicar maior estabilidade e possíveis ligações com proteínatos ou leveduras, podendo, possivelmente, modificar a forma de absorção e, conseqüentemente, trazer algum benefício sobre as características avaliadas.

O zinco e o manganês apresentaram alta solubilidade na fonte inorgânica e valores intermediários para a fonte orgânica. Por outro lado, o cobre e o ferro apresentaram valores intermediários de solubilidade para fonte inorgânica e baixos valores para a fonte orgânica.

TABELA 7. Análise da solubilidade (média (desvio-padrão)) dos suplementos de microminerais, submetidos a solução ácida (HCl) pH 3, à 42°C, com agitação 60 RPM por 35'

Micromineral	Complexo orgânico (%)	Inorgânico (%)
Zinco	50,65(1,56)	99,81(0,10)
Manganês	66,01(1,68)	97,12(0,90)
Ferro	4,39(0,41)	64,38(1,60)
Cobre	7,15(0,62)	45,48(3,91)

4.2 Desempenho e uniformidade na fase de recria

Os resultados referentes ao desempenho das frangas de reposição submetidas às duas fontes de microminerais e os diferentes níveis dos microminerais provenientes do complexo orgânico, nas fases de 7 a 12 e 7 a 16 semanas, estão apresentados nas Tabelas 8 e 9, respectivamente.

TABELA 8. Ganho de peso (GP), consumo de ração (CR), conversão alimentar (CA), peso corporal (PC) e viabilidade (Viabil.) de frangas de reposição na fase de 7 a 12 semanas, segundo a suplementação dos microminerais na ração.

Característica ^{1,2}	Controle	Níveis suplementares* (%)					CV %
	0,4 SI	0,4 SO	0,35 SO	0,3 SO	0,25 SO	0,2 SO	
GP (g/ave)	536,9	531,9	536,9	524,6	528,3	530,0	2,69
CR (g/ave)	2326	2297	2330	2296	2306	2298	1,60
CA (g/g)	4,33	4,32	4,34	4,38	4,37	4,34	1,97
PC (g)	924,8	918,8	923,4	915,5	914,3	917,6	1,83
Viabil. (%)	99,2	100,0	99,2	100,0	98,7	99,4	1,32

*S I – Suplemento inorgânico; SO – Suplemento sob forma de complexo orgânico

¹ Teste de Dunnet (P>0,05);

² Regressão para níveis (P>0,05);

TABELA 9. Ganho de peso (GP), consumo de ração (CR), conversão alimentar (CA), peso corporal (PC) e viabilidade (Viabil.) de frangas de reposição na fase de 7 a 16 semanas, segundo a suplementação dos microminerais na ração.

Característica ^{1,2}	Controle	Níveis suplementares* (%)					CV %
	0,4 SI	0,4 SO	0,35 SO	0,3 SO	0,25 SO	0,2 SO	
GP (g/ave)	787,3	785,3	792,8	771,9	783,5	788,0	3,53
CR (g/ave)	4260	4191	4277	4188	4217	4218	2,32
CA (g/g)	5,42	5,34	5,40	5,43	5,38	5,35	2,26
PC (g)	1175,2	1172,2	1179,4	1162,9	1169,9	1175,6	2,51
Viabil. (%)	99,2	99,2	98,1	100,0	98,7	99,4	2,41

*S I – Suplemento inorgânico; SO – Suplemento sob forma de complexo orgânico

¹ Teste de Dunnet (P>0,05);

² Regressão para níveis (P>0,05);

As fontes e os níveis dos microminerais não influenciaram (P>0,05) o desempenho de frangas de reposição no período de 7 a 12 e 7 a 16 semanas e todas as características apresentaram comportamento condizentes com os

padrões do Manual da Linhagem Lohmann – LSL (2002), para cada fase em estudo. Estes resultados sugerem que os níveis suplementares de microminerais preconizados pelo NRC (1994), muito semelhantes ao utilizado neste experimento, no menor nível de inclusão do complexo orgânico, no entanto, considerados relativamente inferiores aos indicados pelas tabelas brasileiras (Rostagno et al., 2000) e manuais de linhagens de poedeiras, podem ser adotados, com pequenas variações, quando a fonte de suplementação dos microminerais for orgânica.

Não houve diferenças entre a fonte orgânica e a inorgânica de microminerais, na fase de 7 a 16 semanas ($P>0,05$), sobre o desempenho de frangas de reposição. Estes resultados diferem dos encontrados por Ferket et al. (1992), que observaram melhoria na conversão alimentar e viabilidade de perus suplementados com zinco e manganês quelatados com metionina, em relação à fonte inorgânica destes minerais. Os mesmos autores afirmam que obtiveram melhoria nas características em questão, com a redução da suplementação de 80 para 20 ppm e de 120 para 40 ppm de zinco e manganês quelatados, quando comparados à fonte inorgânica, com os níveis mais altos de suplementação.

Os resultados obtidos corroboram com os encontrados por Leeson (2003) que não verificou diferenças no desempenho de frangos de corte aos 42 dias, quando reduziu a suplementação dos principais microminerais em até 20% da fonte inorgânica, considerada controle. Porém, diferem dos encontrados por Tucker & Esteve (2004), que verificaram melhoria no desempenho de frangos de corte ao substituir a fonte inorgânica em até 66% pela fonte sob a forma de complexo orgânico.

Considerando o desempenho para avaliar a boa formação e o desenvolvimento corporal de frangas de reposição na fase de 7 a 16 semanas, a redução nos níveis de microminerais sob a forma de complexo orgânico, mostrou-se eficiente na manutenção do desempenho e crescimento, devido,

provavelmente, a menores necessidades nutricionais dos microminerais na fase estudada, ou melhor aproveitamento (maior taxa de absorção e/ou menor quantidade de interações entre os minerais) destes quando suplementados em níveis mais baixos ou mesmo, os dois fatores citados, associados.

Convém ressaltar a dificuldade em comparar resultados de desempenho, devido, principalmente, aos diversos produtos existentes no mercado, com características que podem variar, assim como a espécie avícola estudada, pois são escassos trabalhos com frangas de reposição, envolvendo microminerais e sobretudo diferentes fontes destes.

Os resultados da uniformidade, segundo os níveis de suplementação do complexo orgânico e fonte inorgânica, determinados no final da 12^a e 16^a semana, estão apresentados na Tabela 10.

TABELA 10. Uniformidade (%) de frangas de reposição na 12^a e 16^a semana em relação à média dos tratamentos.

Característica. ^{1,2}	Controle	Níveis suplementares* (%)					CV %
	0,4 SI	0,4 SO	0,35 SO	0,3 SO	0,25 SO	0,2 SO	
Uniformidade 12s	100	95,37	96,19	95,37	98,15	95,37	4,39
Uniformidade 16s	90,56	86,46	90,63	87,08	89,58	87,50	7,96

*S I – Suplemento inorgânico; SO – Suplemento sob forma de complexo orgânico

¹ Teste de Dunnet (P>0,05);

² Regressão para níveis (P>0,05);

A uniformidade não foi influenciada significativamente (P>0,05) pelos tratamentos, tanto na 12^a quanto na 16^a semana, assim como no desempenho. As duas fontes de microminerais e a redução nos níveis de suplementação da fonte orgânica não influenciaram a homogeneidade dentro dos tratamentos, apresentando valores considerados ótimos até a 12^a semana e bons para 16^a semana, o que é considerado normal, devido à maior variação que ocorre na fase final de criação das frangas.

A redução dos níveis dos microminerais, utilizando fonte orgânica em detrimento da inorgânica para esta característica, mostrou-se benéfica, pois não alterou a uniformidade, apresentando índices semelhantes ao tratamento controle.

4.3 Características ósseas

4.3.1 Cinzas e zinco

Os resultados obtidos para cinzas ósseas e concentração de zinco, determinados em tíbias (esquerda) na 12, 16 e 32ª semanas, estão apresentados na Tabela 11.

TABELA 11. Teor de cinzas (%) e zinco (%) em tíbias de frangas de reposição na 12ª, 16ª e galinhas na 32ª semana, segundo a suplementação dos microminerais na ração, expressos na matéria seca desengordurada.

Característica	Controle	Níveis suplementares* (%)					CV %
	0,4 SI	0,4 SO	0,35 SO	0,3 SO	0,25 SO	0,2 SO	
Cinzas 12s ^{1,2}	60,30	61,09	60,71	60,55	60,47	59,96	1,16
Cinzas 16s ^{2,3}	61,34	61,24	61,03	60,63	60,97	60,58	1,47
Cinzas 32s ^{2,3}	60,20	59,94	60,34	60,66	60,92	59,49	2,31
Zinco 12s ^{2,3}	234,6	222,9	219,2	225,4	242,6	226,3	8,23
Zinco 16s ^{2,3}	214,5	216,7	206,9	217,3	216,1	193,5	7,76
Zinco 32s ^{2,3}	236,0	235,8	261,8	249,2	241,3	245,3	6,36

*S I – Suplemento inorgânico; SO – Suplemento sob forma de complexo orgânico

¹ Regressão para níveis: Efeito linear: $Y = 59,0556 + 4,9983 x$; $R^2 = 0,9314$

² Teste de Dunnet ($P > 0,05$);

³ Regressão para níveis ($P > 0,05$)

O tratamento controle (0,4% do suplemento inorgânico) não se mostrou superior ($P > 0,05$) a nenhum dos níveis de suplementação dos microminerais sob

a forma de orgânico para a concentração de cinzas nas tíbias para as idades avaliadas.

Houve diferença significativa ($P < 0,05$) entre os níveis da fonte de microminerais orgânica sobre o teor de cinzas na 12^a semana, com efeito linear (Figura 1), ou seja, o teor de cinzas na tíbia diminuiu com a redução nos níveis de suplementação. O efeito linear revelou que a redução de 0,05% na suplementação da fonte orgânica (que corresponde a redução de 7,5, 10, 8,75, 1,25, 0,125 e 0,0375 ppm suplementar de zinco, ferro, manganês, cobre, iodo e selênio, respectivamente) provoca uma redução de 0,25% no teor de cinzas em tíbias, na idade avaliada.

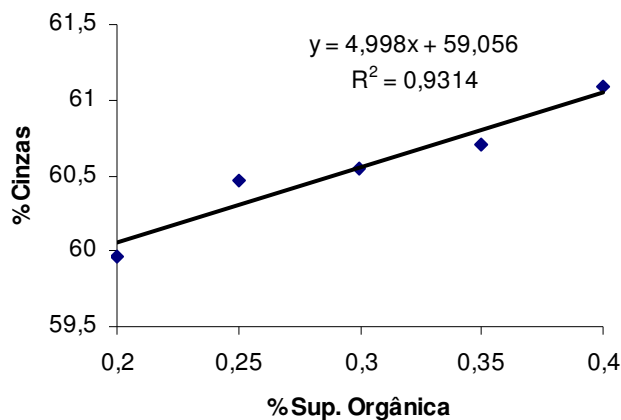


FIGURA 1. Efeito dos níveis de suplementação de microminerais sob a forma orgânica, sobre o teor de cinzas em tíbias de frangos com 12 semanas de idade

Estes resultados diferem dos encontrados por Schoulten (2001), que verificou redução linear no teor de cinzas, em tíbias de frangos de corte, alimentados no período de 1 a 21 dias, com aumento nos níveis de cálcio de 0,46% a 1,3%. Geraldo (2003) também verificou redução linear nos teores de cinzas em tíbias de frangos com 12 semanas de idade, com aumento na suplementação de cálcio de 0,6% para 1,2%. Esses autores correlacionaram tal

fato a uma menor absorção e retenção de zinco e manganês nos ossos que apresentam antagonismo ao cálcio e, dessa forma, contribuíram para redução nos teores de cinzas, com o aumento nos níveis de cálcio, não tendo o oposto sido verificado neste experimento. Por outro lado, Schoultens et al. (2003), não verificaram diferenças para teor de cinzas, cálcio, fósforo, zinco e manganês em frangos no período de 22 a 42 dias, submetidos aos níveis de 0,4%, 0,59%, 0,78%, 0,97% e 1,16% de cálcio, em rações suplementadas com fitase (600 FTU).

A resposta linear observada na avaliação da 12ª semana não foi verificada ($P>0,05$) nas fases subsequentes (16ª e 32ª semanas), indicando, possivelmente, um incremento na composição mineral óssea, ou mesmo, as necessidades nutricionais diferentes, para os microminerais estudados.

A fase de 7 a 12 semanas, por ser a de maior crescimento e formação do tecido ósseo, pode ter respondido mais facilmente ao incremento na suplementação dos microminerais sob a forma de complexo orgânico. Por outro lado, o organismo geralmente consegue regular eficientemente as variações em médio prazo, e a fonte pode ter colaborado para que níveis mais baixos de suplementação tenham o mesmo comportamento, em relação ao teor de cinzas, que os níveis mais altos.

A recomendação do NRC (1994), para frangas na fase de 6 a 18 semanas (30, 35, 60, 4, 0,35 e 0,1 ppm de manganês, zinco ferro, cobre, iodo e selênio respectivamente) é bastante semelhante ao menor nível de suplementação usado neste experimento, que corresponde a 35, 30, 40, 5, 0,5 e 0,15 ppm de manganês, zinco, ferro, cobre, iodo e selênio, respectivamente, sendo provavelmente, mais indicado após a 12ª semana de idade, quando a formação óssea das aves está praticamente consolidada. Convém ressaltar que, apesar do efeito linear dentro dos níveis de microminerais sob a forma de complexo orgânico para cinzas na 12ª semana, não há diferenças ($P>0,05$) entre o

tratamento controle (0,4% de suplementação inorgânica) e os demais, ou seja, mesmo o menor nível de suplementação orgânica (0,2%) é estatisticamente igual ao tratamento controle.

O teor de cinzas é um dos principais indicadores usados para avaliar a boa ou má formação óssea em poedeiras que, por sua vez, apresentam uma série de problemas ósseos na fase de produção, como fadiga de gaiola, osteoporose e má formação da casca dos ovos. Seu diagnóstico na fase de cria e recria é uma preocupação atual, para que se evitem perdas na fase de produção. A redução nos níveis de suplementação, usando microminerais sob a forma de complexo orgânico, mostrou-se como uma boa ferramenta para adequar as necessidades nutricionais sem afetar o desempenho e cinzas ósseas em médio prazo, reduzindo possíveis interações entre os microminerais, desde a sua solubilização até que desempenhe o papel fisiológico no organismo.

O teor de zinco nas tíbias também não foi influenciado ($P>0,05$) pelos tratamentos, em nenhuma das idades avaliadas. Os ossos, por serem local de reserva deste micromineral no corpo, é um importante indicador de possíveis deficiências ou problemas futuros na postura. Os níveis de zinco no ovo (casca e gema) são altos e dietas deficientes neste mineral, ou baixa biodisponibilidade, podem ocasionar reabsorção óssea.

4.3.2 Características estruturais dos ossos longos (tíbia, fêmur e metatarso)

A avaliação das características estruturais da tíbia e fêmur foi efetuada no final da 12^a e 16^a semanas idade, com o objetivo de verificar a evolução do desenvolvimento ósseo, possíveis diferenças entre os tratamentos e também entre os diferentes ossos. Os resultados das características estudadas estão apresentados nas Tabelas 12 e 13, respectivamente.

TABELA 12. Comprimento (mm), peso (mg), espessura (mm) e índice peso/comprimento (mg/mm) em tíbias de frangas de reposição na 12ª semana, segundo a suplementação dos microminerais na ração, expressos na matéria seca desengordurada.

Característica ^{1,2}	Controle	Níveis suplementares* (%)					CV %
	0,4 SI	0,4 SO	0,35 SO	0,3 SO	0,25 SO	0,2 SO	
Comprimento	103,4	103,5	102,1	103,4	103,3	101,9	1,64
Peso	2778	2764	2677	2724	2731	2669	4,95
Espessura	5,08	5,15	5,01	4,99	5,16	5,03	3,75
Índice	26,87	26,70	26,21	26,34	26,44	26,18	4,05

*S I – Suplemento inorgânico; SO – Suplemento sob forma de complexo orgânico

¹ Teste de Dunnet (P>0,05)

² Regressão para níveis (P>0,05)

TABELA 13. Comprimento (mm), peso (mg), espessura (mm) e índice peso/comprimento (mg/mm) em tíbias de frangas de reposição na 16ª semana, segundo a suplementação dos microminerais na ração, expressos na matéria seca desengordurada.

Característica ^{1,2}	Controle	Níveis suplementares* (%)					CV %
	0,4 SI	0,4 SO	0,35 SO	0,3 SO	0,25 SO	0,2 SO	
Comprimento	107,3	106,3	106,6	106,0	105,9	107,0	1,86
Peso	3558	3371	3566	3505	3404	3413	6,50
Espessura	5,22	5,27	5,29	5,38	5,21	5,51	5,31
Índice	33,17	31,72	33,42	33,09	32,16	31,86	5,98

*S I – Suplemento inorgânico; SO – Suplemento sob forma de complexo orgânico

¹ Teste de Dunnet (P>0,05)

² Regressão para níveis (P>0,05)

A análise estatística dos dados não revelou diferenças significativas (P>0,05) entre os tratamentos para comprimento, peso, espessura e o índice peso/comprimento nas tíbias na 12ª e na 16ª semana de idade das aves. Pôde-se verificar que o crescimento ósseo ainda ocorre da 12ª para 16ª semana, mesmo que em pequenas proporções. Cerca de 97% do comprimento na 16ª semana já

foram alcançados na 12ª semana e esses valores para espessura e peso são de 95% e 79%, respectivamente.

Segundo Seedor et al. (1991) em estudo conduzido com ratos, Bruno et al. (2000) e Kocabagli (2001), em estudos conduzidos com frangos de corte, o índice ósseo tem boa correlação com densidade e cinzas ósseas. Kocabagli (2001) verificou comportamento semelhante entre as cinzas na tíbia e o índice peso/comprimento, não tendo sido observada tal relação neste trabalho. Ainda segundo Kocabagli (2001), a adição de fitase acima de 300 FTU (500 e 700 FTU) não foi eficiente para melhorar o índice peso/comprimento e o teor de cinzas na tíbia, provavelmente devido à alta liberação de fósforo e, ao mesmo tempo, microminerais como zinco e manganês que competem direta e indiretamente com o cálcio e outros minerais, pelos sítios de absorção e proteínas carreadoras.

Os resultados da avaliação para o fêmur estão apresentados nas Tabelas 14 e 15, segundo as idades avaliadas.

TABELA 14. Comprimento (mm), peso (mg), espessura (mm), índice (mg/mm) e densidade aparente (g/cm^3) do fêmur de frangas na 12ª semana, segundo a suplementação dos microminerais na ração, expressos na matéria seca desengordurada.

Característica ^{1,2}	Controle	Níveis suplementares* (%)					CV %
	0,4 SI	0,4 SO	0,35 SO	0,3 SO	0,25 SO	0,2 SO	
Comprimento	68,90	69,25	68,48	69,09	68,21	68,76	1,44
Peso	1979	1971	1932	1956	1888	1918	4,50
Espessura	6,19	6,23	6,05	6,25	6,10	6,11	2,97
Índice	28,72	28,46	28,21	28,30	27,66	27,89	3,75
Densidade	2,151	2,291	2,121	2,147	2,173	1,983	16,40

*S I – Suplemento inorgânico; SO – Suplemento sob forma de complexo orgânico

¹Teste de Dunnet (P>0,05)

²Regressão para níveis (P>0,05)

TABELA 15. Comprimento (mm), peso (mg), espessura (mm), índice (mg/mm) e densidade aparente (g/cm^3) do fêmur de frangas na 16ª semana, segundo a suplementação dos microminerais na ração, expressos na matéria seca desengordurada.

Característica ^{1,2}	Controle	Níveis suplementares* (%)					CV %
	0,4 SI	0,4 SO	0,35 SO	0,3 SO	0,25 SO	0,2 SO	
Comprimento	72,94	71,98	72,18	72,26	72,54	73,15	1,99
Peso	2817	2735	2749	2706	2572	2537	10,20
Espessura	6,43	6,38	6,38	6,37	6,50	6,24	5,33
Índice	38,64	38,00	38,08	37,44	35,46	34,66	10,07
Densidade	1,924	2,265	2,148	2,117	2,207	2,20	16,18

*S I – Suplemento inorgânico; SO – Suplemento sob forma de complexo orgânico

¹Teste de Dunnet ($P>0,05$)

²Regressão para níveis ($P>0,05$)

Os resultados para as características do fêmur seguem o mesmo comportamento observado para tíbias na 12 e 16ª semana, sem apresentar qualquer diferença significativa ($P>0,05$). Da mesma forma, a proporção de crescimento ósseo é bastante semelhante comparando-se os dois tipos de ossos nas duas idades em questão. Cerca de 91%, 97% e 72% do comprimento, espessura e peso, respectivamente, da 16ª semana já são atingidos na 12ª semana. Verifica-se, dessa forma, a importância da fase de 7 a 12 semanas na formação e desenvolvimento dos ossos longos.

A densidade (g/m^3) apresentou um coeficiente de variação relativamente alto, não se mostrando efetiva para indicar indiretamente a evolução da formação e composição mineral dos ossos longos.

Os resultados das características estruturais dos ossos longos estão de acordo com os encontrados por Ferket et al. (1992), que não verificaram diferenças significativas quando reduziram a suplementação de 80 e 120 ppm de zinco e manganês, respectivamente, para 20 e 40 ppm de zinco-metionina e manganês-metionina, sobre problemas e anormalidades de pernas de perus. Por

outro lado, esses autores verificaram melhores respostas para a fonte orgânica destes minerais quando compararam as duas fontes (sais de zinco e manganês com os quelatos) no mesmo nível de suplementação (80 e 120 ppm).

Na Tabela 16 estão apresentados os valores de comprimento do metatarso em relação ao peso vivo, segundo os níveis e fontes dos microminerais suplementados, avaliados nas 12^a e 16^a semanas.

TABELA 16. Comprimento do metatarso em relação ao peso vivo (cm/kg) de frangas de reposição na 12^a e 16^a semana, segundo a suplementação dos microminerais na ração.

Característica ^{1,2}	Controle	Níveis suplementares* (%)					CV %
	0,4 SI	0,4 SO	0,35 SO	0,3 SO	0,25 SO	0,2 SO	
Comp.Met 12s	10,03	9,97	9,90	10,02	9,94	9,99	1,84
Comp.Met 16s	8,14	8,04	8,07	8,11	8,10	8,10	2,44

*SI – Suplemento inorgânico; SO – Suplemento sob forma de complexo orgânico

¹ (P>0,05)

² Regressão para níveis (P>0,05)

Não houve diferenças significativas (P>0,05) entre os tratamentos, para a característica comprimento de metatarso em relação ao peso vivo. Os valores encontrados para esta característica, neste experimento, estão condizentes com os encontrados por Geraldo (2003), em estudo conduzido com frangas de mesma linhagem que a usada neste experimento, assim como as idades de avaliação, alimentadas com rações contendo níveis crescentes de cálcio e duas granulometrias de calcário, não verificando diferenças significativas entre os tratamentos aplicados.

É importante salientar que a formação e o desenvolvimento dos ossos longos são importantes na formação de uma poedeira moderna, visto que problemas ósseos na fase de produção são responsáveis por grandes perdas, ocasionadas por alto índice de mortalidade, assim como problemas com má qualidade de casca e, conseqüentemente, dos ovos. A carência de estudos com

microminerais na fase de cria e recria de frangas, associando-os com a formação óssea, não permite tecer maiores comparações, sendo uma área que necessita ser mais pesquisada.

4.4 Avaliação na fase de produção de ovos

4.4.1 Desempenho

Na Tabela 17 estão apresentados os resultados obtidos para as principais características de desempenho na fase de produção, avaliadas por 4 períodos experimentais. As aves atingiram maturidade sexual aproximadamente aos 134 dias de idade, conforme pode ser observado na Tabela 3A (Anexos).

Não houve interação entre os níveis de suplementação dos microminerais da fonte orgânica, inorgânica e os períodos de avaliação ($P>0,05$), indicando que possíveis efeitos dos tratamentos são independentes do período de estudo até 32 semanas.

TABELA 17. Produção do ovos (PO), ovos vendáveis (OV), peso dos ovos (PMO), consumo de ração (CR), massa de ovos (MO) e conversão alimentar (CA) de poedeiras na fase de 20 a 32 semanas, em função da suplementação de microminerais na recria.

Característica ^{1,2}	Controle	Níveis suplementares* (%)					CV
	0,4 SI	0,4 SO	0,35 SO	0,3 SO	0,25 SO	0,2 SO	%
PO (%/ave/dia)	92,24	92,36	91,81	92,69	93,20	91,86	4,34
OV (%/ave/dia)	91,02	90,43	89,62	91,36	91,68	90,73	7,07
PMO (g)	57,47	57,37	57,84	57,23	57,17	57,49	3,18
CR (g/ave/dia)	102,43	102,04	101,81	101,88	101,93	102,84	4,29
MO (g/ave/dia)	53,17	53,16	53,29	53,22	53,40	53,03	5,73
CA (g/g)	1,93	1,92	1,91	1,91	1,91	1,94	5,18

*S I – Suplemento inorgânico; SO – Suplemento sob forma de complexo orgânico

¹ Teste de Dunnet($P>0,05$)

² Regressão para níveis ($P>0,05$)

Os tratamentos aplicados na fase de recria não influenciaram ($P>0,05$) as características de desempenho estudadas. Na fase de postura, as aves receberam uma ração padrão, suplementada com 60, 80, 75, 10, 1 e 0,3 ppm de zinco, ferro, manganês, cobre, iodo e selênio, respectivamente, oriundos de fonte inorgânica.

Segundo Abdallah et al. (1994), a não suplementação de ferro zinco e cobre na fase de 20 a 30 semanas não afetou a produção e peso dos ovos. Inal et al. (2001) demonstraram que uma dieta basal contendo 24, 15 e 6 ppm de zinco, manganês e cobre, respectivamente, sem ser suplementada com minerais e vitaminas, não afetou o peso dos ovos em poedeiras de 30 a 40 semanas, porém, reduziu o peso dos ovos em poedeiras com idade avançada (62-70 semanas). Resultados semelhantes a este foram obtidos por Mabe et al. (2003), que não verificaram efeitos da suplementação de 60, 60 e 10 ppm de zinco manganês e cobre, respectivamente, de fonte orgânica e inorgânica, a uma dieta base contendo 33 ppm de zinco, 25 ppm de manganês e 5 ppm de cobre, sobre a produção e peso dos ovos na fase de 32 a 45 semanas. Em síntese, os autores afirmam que, na fase inicial de postura, dificilmente os microminerais afetam o desempenho de poedeiras. Assim sendo, mais estudos devem ser conduzidos com fontes de microminerais e níveis de suplementação, verificando efeitos ao longo do ciclo de postura, assim como o uso a longo prazo (cria, recria e postura) de fontes orgânicas comparadas com fontes inorgânicas sobre desempenho, características ósseas, viabilidade produtiva e econômica e qualidade dos ovos.

Nas Tabelas 18 e 19 estão apresentados os resultados das principais características de desempenho avaliadas, segundo os períodos experimentais.

De forma geral, todas as características de desempenho apresentaram o mesmo comportamento no decorrer do ciclo de postura, que culminou com diferenças significativas entre os períodos experimentais ($P<0,05$). No primeiro período de postura (20-22 semanas), a taxa de produção foi relativamente

menor, assim como o peso dos ovos e consumo de ração, o que originou uma menor massa de ovos e uma pior conversão alimentar.

No segundo período, as aves atingiram pico de postura, permanecendo em pico até o final do experimento. Também nessa fase, houve um incremento no consumo de ração, assim como no peso médio dos ovos, influenciando, por consequência, os demais índices. A evolução nestes índices já era esperada e foram observadas em outros trabalhos. Houve apenas uma pequena variação do que está descrito no manual da linhagem, devido à maior precocidade dessas aves. Este fato também considerado normal, pois foram criadas no período de luz crescente (setembro a dezembro) que acelerou a maturidade reprodutiva.

TABELA 18. Produção de ovos (%/ave dia), ovos vendáveis (%/ave/dia) e peso médio dos ovos (g), em função dos períodos experimentais e dos tratamentos.

Produção de ovos (%/ave/dia)							
Período	Controle	Níveis suplementares* (%)					Média ¹
	0,4 SI	0,4 SO	0,35 SO	0,3 SO	0,25 SO	0,2 SO	
1(20-22 sem)	83,14	81,40	81,28	82,95	87,57	80,89	82,87 a
2(23-25 sem)	93,40	94,57	92,65	94,86	91,98	94,28	93,62 b
3(26-28 sem)	95,47	98,04	97,88	96,29	96,58	95,14	96,57 c
4(29-32 sem)	96,96	95,44	95,42	96,67	96,69	97,13	96,38 c
Média	92,24	92,36	91,81	92,69	93,20	91,86	92,36
Ovos viáveis (%/ave/dia)							
1(20-22 sem)	81,22	77,25	79,03	79,96	85,71	79,50	80,45 a
2(23-25 sem)	92,54	94,02	91,96	94,21	90,87	93,35	92,83 b
3(26-28 sem)	94,77	96,75	93,85	95,04	94,38	93,95	94,79 b
4(29-32 sem)	95,56	93,70	93,65	96,21	95,76	96,12	95,17 b
Média	91,02	90,43	89,62	91,36	91,68	90,73	90,81
Peso médio dos ovos (g)							
1(20-22 sem)	52,93	52,77	52,96	52,37	51,91	52,07	52,50 a
2(23-25 sem)	56,40	56,30	57,08	56,55	57,01	56,81	56,69 b
3(26-28 sem)	59,62	59,52	59,98	59,24	59,29	59,77	59,57 c
4(29-32 sem)	60,93	60,87	61,33	60,77	60,46	61,32	60,95 d
Média	57,47	57,37	57,84	57,23	57,17	57,49	57,43

*S I – Suplemento inorgânico; SO – Suplemento sob forma de complexo orgânico

¹ Médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (P<0,05)

TABELA 19. Consumo de ração (g/ave dia), massa de ovos (g/ave/dia) e conversão alimentar (g/g), em função dos períodos experimentais e dos tratamentos.

Consumo de ração (g)							
Período	Controle	Níveis suplementares* (%)					Média ¹
	0,4 SI	0,4 SO	0,35 SO	0,3 SO	0,25 SO	0,2 SO	
1(20-22 sem)	89,81	89,61	90,51	90,67	91,76	89,11	90,25 a
2(23-25 sem)	104,05	103,80	105,53	104,17	103,64	104,94	104,35b
3(26-28 sem)	106,14	105,33	104,34	104,16	104,53	106,21	105,12b
4(29-32 sem)	109,73	109,41	106,87	108,51	107,78	111,10	108,90c
Média	102,43	102,04	101,81	101,88	101,93	102,84	102,16
Massa de ovos (g/ave/dia)							
1(20-22 sem)	44,01	42,95	43,05	43,44	45,46	42,12	43,50 a
2(23-25 sem)	52,68	53,24	52,88	53,64	52,44	53,56	53,07 b
3(26-28 sem)	56,92	58,35	58,71	57,04	57,26	56,87	57,53 c
4(29-32sem)	59,08	58,09	58,52	58,75	58,46	59,56	58,74 d
Média	53,17	53,16	53,29	53,22	53,40	53,03	53,21
Conversão alimentar (g/g)							
1(20-22 sem)	2,04	2,08	2,10	2,08	2,02	2,10	2,07 a
2(23-25 sem)	1,98	1,95	1,99	1,94	1,98	1,95	1,96 b
3(26-28 sem)	1,86	1,80	1,77	1,82	1,82	1,87	1,82 c
4(29-32sem)	1,84	1,88	1,82	1,84	1,84	1,86	1,85 c
Média	1,93	1,92	1,91	1,91	1,91	1,94	1,92

*S I – Suplemento inorgânico; SO – Suplemento sob forma de complexo orgânico

¹ Médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (P<0,05)

4.4.2 Qualidade de ovo

Os resultados da qualidade dos ovos são apresentados nas Tabelas 20 e 21. Não foi observada diferença significativa (P>0,05) entre o tratamento controle e demais tratamentos em estudo, assim como não houve efeito (P>0,05) dos diferentes níveis de suplementação da fonte orgânica de microminerais sobre a qualidade interna e externa dos ovos, no período de 20 a 32 semanas. Não houve interação (P>0,05) entre os períodos estudados e os tratamentos, assim como para características de desempenho, demonstrando que os tratamentos e períodos atuam independentemente sobre a qualidade dos ovos na fase avaliada.

TABELA 20. Porcentagem de casca (%), peso específico (g/cm³) e unidade Haugh, de acordo com a suplementação dos microminerais na ração na fase de recria

Característica ^{1,2}	Controle	Níveis suplementares* (%)					CV %
	0,4 SI	0,4 SO	0,35 SO	0,3 SO	0,25 SO	0,2 SO	
Porc.Casca	9,67	9,74	9,75	9,73	9,74	9,65	4,58
P. Especifico	1,0867	1,0867	1,0865	1,0871	1,0865	1,0865	0,19
UH	102,31	102,48	102,79	101,65	101,77	102,22	2,18

*S I – Suplemento inorgânico; SO – Suplemento sob forma de complexo orgânico

¹ Teste de Dunnet (P>0,05)

² Regressão para níveis (P>0,05)

TABELA 21. Porcentagem de casca (%), peso específico (g/cm³) e unidade Haugh, em função dos períodos experimentais e dos tratamentos.

Porcentagem de casca (%)							
Período	Controle	Níveis Suplementares* (%)					Média ¹
	0,4 SI	0,4 SO	0,35 SO	0,3 SO	0,25 SO	0,2 SO	
1(20-22 sem)	9,91	10,13	9,86	9,91	10,01	9,90	9,95 a
2(23-25 sem)	9,59	9,77	9,92	9,78	9,80	9,61	9,74 b
3(26-28 sem)	9,60	9,57	9,72	9,73	9,62	9,51	9,63 bc
4(29-32 sem)	9,56	9,49	9,50	9,48	9,53	9,59	9,52 c
Média	9,67	9,74	9,75	9,73	9,74	9,65	9,71
Peso específico (g/cm ³)							
1(20-22 sem)	1,0875	1,0878	1,0872	1,0884	1,0874	1,0873	1,0875 a
2(23-25 sem)	1,0867	1,0863	1,0866	1,0871	1,0866	1,0865	1,0866 b
3(26-28 sem)	1,0870	1,0873	1,0861	1,0870	1,0863	1,0868	1,0867 b
4(29-32 sem)	1,0857	1,0854	1,0861	1,0861	1,0857	1,0856	1,0858 c
Média	1,0867	1,0867	1,0865	1,0871	1,0865	1,0865	1,0867
Unidade Haugh							
1(20-22 sem)	102,62	104,56	105,02	102,75	101,79	102,57	103,05 a
2(23-25 sem)	103,86	103,6	103,71	103,35	103,95	104,66	103,85 a
3(26-28 sem)	101,30	100,93	102,14	100,01	100,26	100,56	100,86 b
4(29-32 sem)	101,45	100,82	101,31	100,48	101,08	101,08	101,04 b
Média	102,31	102,48	102,79	101,65	101,77	102,21	102,20

*S I – Suplemento inorgânico; SO – Suplemento sob forma de complexo orgânico

¹ Médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (P<0,05)

Do mesmo modo que a formação óssea, os microminerais zinco, manganês e cobre estão diretamente associados à formação da matriz orgânica da casca dos ovos e, como consequência, estão associados tanto à qualidade externa quanto à interna dos ovos. Pesquisas indicando efeito benéfico no incremento da suplementação destes microminerais sobre a qualidade de casca sugerem a revisão das necessidades nutricionais em relação a estas características.

Os valores obtidos para porcentagem de casca, unidade Haugh e peso específico estão coerentes com resultados encontrados na literatura, para poedeiras no início do primeiro ciclo de postura. A unidade Haugh, que avalia frescor e vida de prateleira dos ovos, é considerada ótima acima de 100. Por outro lado, o peso específico dos ovos de poedeiras é uma característica altamente correlacionada com a qualidade externa (% casca e espessura) e indiretamente com a qualidade interna, valores considerados bons para poedeiras nesta idade situam-se acima de $1,085\text{g/cm}^3$, segundo a literatura (Abdallah et al., 1993; Britton, 1977).

Houve efeito dos períodos experimentais ($P < 0,05$) sobre porcentagem de casca, peso específico e unidade Haugh. No primeiro período, a porcentagem de casca foi maior em relação aos demais períodos estudados, devido, principalmente, ao baixo peso dos ovos no início de postura. Com o aumento no peso do ovo com o aumento na idade, ocorre redução na proporção da casca em relação aos outros componentes do ovo. A maior demanda por nutrientes das poedeiras com altos índices de produção, no pico de produção, reflete diretamente no incremento no consumo de ração como foi mencionado, sendo estes nutrientes destinados primariamente a formar os componentes do ovo. No entanto, a formação da casca não acompanha proporcionalmente o incremento no tamanho do ovo.

Dessa forma, a porcentagem de casca foi reduzindo gradativamente conforme os períodos, influenciando outras características correlacionadas, tanto de qualidade externa como interna.

O uso de microminerais sob a forma de complexo orgânico durante a fase de produção, visando melhorar a qualidade dos ovos, é uma realidade. Vários trabalhos demonstram maior concentração de selênio, assim como zinco e ferro na gema, sugerindo melhor imunidade em pintos de um dia e produtos mais saudáveis para a alimentação humana, bem como melhoria na qualidade de casca em poedeiras em fase avançada de produção.

Apesar de não se verificar diferenças estatísticas entre as fontes de suplementação de microminerais, para as características estudadas, a utilização de níveis de suplementação da fonte orgânica inferiores à fonte inorgânica, denota vantagens da fonte orgânica. Por ser uma fase importante na formação de poedeiras, mais trabalhos devem ser realizados na recria, para que se determine níveis adequados de suplementação de microminerais e seja verificada a eficácia da redução dos níveis de suplementares sob a forma de complexo orgânico na fase de recria em rações à base de milho e farelo de soja, tanto para fonte inorgânica quanto para orgânica, ressaltando os aspectos de desempenho e formação óssea e avaliando viabilidade, desempenho e qualidade de ovos na fase de produção, por um período maior.

5 CONCLUSÕES

Nas condições em que o experimento foi realizado, pôde-se concluir que:

- apesar de não haver diferenças entre a fonte orgânica de microminerais e a fonte inorgânica, sobre o desempenho e características ósseas de frangas de reposição, no período de 7 a 16 semanas, a redução nos níveis de suplementação da fonte orgânica conferiu-lhe vantagem comparativa;
- O menor nível de suplementação da fonte orgânica (0,2%), que corresponde à suplementação de 30; 40; 35; 5; 0,5 e 0,15 ppm de zinco, ferro manganês, cobre, iodo e selênio, respectivamente, pode ser adotado, pois mostrou-se igual ao tratamento controle para características ósseas em todas idades de avaliação, manteve o desempenho na fase de recria e não afetou negativamente o desempenho e a qualidade dos ovos até 32^a semana.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDALLAH, A. G.; HARMS, R. H.; EL-HUSSEINI, O. Various methods of measuring shell quality relation to percentage of cracked eggs. **Poultry Science**, Champaign, v. 72, n. 11, p. 2038-2043, Nov. 1993.

ABDALLAH, A. G.; HARMS, R. H.; WILSON, H. R.; EL-HUSSEINI, O. Effect of removing trace minerals from the diet of hens laying eggs with heavy or light shell weight. **Poultry Science**, Champaign, v. 73, n. 1, p. 295-301, Jan. 1994.

AMERICAN ASSOCIATION FEED CONTROL OFFICIALS. **AAFCO (1997)**.

AMMERMAN, C. B.; BAKER, D. H.; LEWIS, A. J. **Bioavailability of nutrients for animals**. New York: Academic Press, 1995.

ARRUDA, J. S.; RUTZ, F.; PAN, E. A. Influence of replacing dietary inorganic with organic selenium on performance of broilers. In: ANNUAL SYMPOSIUM ON BIOTECHNOLOGY IN THE FEED INDUSTRY, 20., 2004, Lexington, Kentucky, EUA. **Proceedings...** Lexington, Kentucky, EUA. 2004. p. 13.

AOYAGI, S.; BAKER, D. H. Nutritional evaluation of a copper-methionine complex for chicks. **Poultry Science**, Champaign, v. 72, n. 12, p. 2309-2315, Dec. 1993a.

AOYAGI, S.; BAKER, D. H. Nutritional evaluation of a copper-lysine and zinc-lysine complexes for chicks. **Poultry Science**, Champaign, v. 72, n. 1, p. 16-171, Jan. 1993b.

BAKER, D. H.; ODLE, J.; FUNK, M. A.; WIELAND, T. M. Bioavailability of copper in cupric oxide, cuprous oxide, and in a copper-lysine complex. **Poultry Science**, Champaign, v. 70, n. 1, p. 177-179, Jan. 1991.

BANKS, K. M.; THOMPSON, K. L.; RUSH, J. K.; APPELEGATE, T. J. Effects of copper source on phosphorus retention in broiler chicks and laying hens. **Poultry Science**, Champaign, v. 83, n. 6, p. 990-996, June 2004.

BARUSELLI, M. S. Efeito do uso de minerais orgânicos no desempenho e comportamento animal. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE ZOOTECNIA - ZOOTEC 2003, Uberaba. **Anais...** Uberaba, 2003.

BASAURI, J. G. Eggshell quality and economic losses: The potential for improvement with dietary trace mineral proteinates. In: ANUAL SYMPOSIUM ON BIOTECHNOLOGY IN THE FEED INDUSTRY, 15., 1999, Nicholasville, Kentucky, EUA. **Proceedings...** Nicholasville, Kentucky, EUA, 1999. p. 381-388.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Normais climatológicas:** 1961 - 1990. Brasília: MARA, 1992. 84 p.

BRITTON, W. N. Shell membranes of eggs differing in shell quality from young and old hens. **Poultry Science**, Champaign, v. 56, n. 2, p. 647-653, Mar. 1977.

BRUNO, L. D. G.; FURLAN, R. L.; MALHEIROS, E. B.; MACARI, M. Influence of early quantitative food restriction on long bone growth at different environmental temperatures in broiler chickens. **British Poultry Science**, Edinburgh, v. 41, n. 4, p. 389-394, Sept. 2000.

CAO, J.; HENRY, P. R.; AMMERMANN, C. B.; LITTELL, R. C.; MILES, R. D. Effect of dietary iron concentration, age and length of iron for use on feed intake and tissue iron concentration of broiler chicks for use as a bioassay on supplemental iron sources. **Poultry Science**, Champaign, v. 75, n. 4, p. 495-504, Apr. 1996.

CAO, J.; HENRY, P. R.; GUO, R.; HOLWERDA, R. A.; TOTH, J. P.; LITTELL, R. C.; MILES, R. D.; AMMERMANN, C. B. Chemical characteristics and relative bioavailability of supplemental organic zinc sources for poultry and ruminants. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 78, n. 8, p. 2039-2054, Aug. 2000.

CARD, L. E.; NESHEIM, M. C. **Poultry production**. 10. ed. Philadelphia: Lea e Febiger, 1966. 400 p.

CHENG, T. K.; COON, C. N. Comparison of various *in vitro* methods for the determination of limetone solubility. **Poultry Science**, Champaign, v. 69, n. 12, p. 2204-2208, Dec. 1990. .

EMMERT, J. L.; BAKER, D. H. Zinc stores in chickens delay the onset of zinc deficiency symptoms. **Poultry Science**, Champaign, v. 74, n. 6, p. 1011-1021, June 1995.

FARIA, D. E.; ROMBOLA, L. G. Manejo e alimentação nas fases de cria e recria e seus efeitos sobre o desempenho de poedeiras. In: SIMPÓSIO SOBRE O MANEJO DE AVES E SUÍNOS, 2003, Campinas. **Anais...** Campinas: CBNA, 2003. p. 5-34.

FASSANI, E. J. **Características físico-químicas de calcários calcínicos do estado de Minas Gerais, utilizados em rações de poedeiras**. 2003. 83 p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras - MG.

FERKET, P. R.; NICHOLSON, L.; ROBERTSON, K. D.; YOONG, C. K. Effect of level of inorganic and organic zinc and manganese on the performance and leg abnormalities of turkey toms. **Poultry Science**, Champaign, v. 71, p. 60, 1992. Abstracts. Supplement, 1.

FERREIRA, D. F. **Sistema para análise de variância para dados balanceados: SISVAR**. Lavras: UFLA, 2000.

GEORGIEVSKII, V. I. **Mineral nutrition of animals**. London: Butterworths, 1982. 475 p.

GERALDO, A. **Níveis de cálcio e granulometria do calcário para frangas de reposição**. 2003, 102 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

INAL, F.; COSKUN, B.; GUSLEN, N.; KORTOGLU, V. The effects of withdrawal of vitamin and trace mineral supplements from layer diets on egg yield and trace mineral composition. **British Poultry Science**, Edinburgh, v. 42, n. 1, p. 77-80, Mar. 2001.

KLASING, K. C. **Comparative avian nutrition**. Wallingford: CAB International, 1998. p. 350.

KLECKER, D.; ZEMAR, L.; SISKE, V.; GÓMEZ, J. Influence of trace mineral protein supplement on egg shell quality. **Poultry Science**, Champaign, v. 76, p. 131, 1997. Supplement, 1.

KOCABAGLI, N. The effect of dietary phytase supplementation at different levels on tibial bone characteristics and strength in broilers. **Turkey Journal Veterinary Animal Science**, Ankara, v. 25, n. 5, p. 797-802, 2001.

KOH, T. S.; PENG, R. K.; KLASSING, K. C. Dietary copper level affects copper metabolism during lipopolysaccharide-induced immunological stress in chicks. **Poultry Science**, Champaign, v. 75, n. 7, p. 867-872, July 1996.

LEACH JR., R. M.; GROSS, J. R. The effects of manganese deficiency upon the ultrastructure of the eggshell. **Poultry Science**, Champaign, v. 62, n. 3, p. 499-504, Mar. 1983.

LEESON S. A new look at trace mineral nutrition of poultry: can we reduce the environmental burden of poultry manure. In: ANNUAL SYMPOSIUM ON BIOTECHNOLOGY IN THE FEED INDUSTRY, 19., 2003, **Proceedings...** Nottingham, 2003. p. 147-162.

LEESON, S.; SUMMERS, J. D. **Nutrition of the chickens**. 4. ed. Guelph, Ontario, CA, 2001. p. 591.

MABE, I.; RAPP, C.; BAIN, M. M.; NYS, Y. Supplementation of a corn-soybean meal diet with manganese, copper and zinc from organic or inorganic sources improves eggshell quality in aged laying hens. **Poultry Science**, Champaign, v. 82, n. 12, p. 1903-1913, Dec. 2003.

MANUAL DA LINHAGEM LOHMANN CRIA E RECRIA. **Granja Planalto**. Uberlândia – MG, 2002. 6 p.

MARTINS, P. C. Cria e recria de poedeiras comerciais no século XXI. In: CONGRESSO DE PRODUÇÃO E CONSUMO DE OVOS, 2., 2000, São Paulo. **Anais...** São Paulo: APA, 2000. p. 133-153.

MCDOWELL, L. R. **Minerals in animal and human nutrition**. New York: Academic Press, 1992. 524 p.

MILES, R. D. The influence of eggshell-49 on shell quality of hens grouped by their shell quality. **Poultry Science**, Champaign, v.77, p.43, 1998. Supplement, 1.

MILES, R. D.; HENRY, P. R. Interactions among the trace minerals. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v. 1, n. 2, p. 95-106, jul./dez. 2000a.

MILES, R. D.; HENRY, P. R. Relative trace mineral bioavailability. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v. 1, n. 2, p. 73-93, jul./dez. 2000b.

MURAKAMI, A. E. FRANCO, J. R. D. The effect of Bioplex™ laying hen diets on quality and stability during storage. In. ANUAL SYMPOSIUM ON BIOTECHNOLOGY IN THE FEED INDUSTRY, 20., 2004, Lexington, Kentucky, EUA **Proceedings...** Lexington, Kentucky, EUA 2004. p. 20.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient Requirement of Poultry**. 9. ed. Washington: National Academic Science, 1994. 155p. (Nutrient Requirements of Domestic Animals).

PANTON, N. D.; CANTOR, A. H.; FORD, M. J.; SLAUGH, B. T.; RIZVI, A. F.; KARNEZOS, T. P. Effect of providing organic selenium and chromium as yeast in laying hen diets composition of eggs. In: ANNUAL MEETING SOUTHERN POULTRY SCIENCE SOCIETY, 19, 1998. v. 77. supplement 1.

PEREIRA, M. N. Minerais orgânicos em dietas para ruminantes. In: SIMPÓSIO SOBRE INGREDIENTES NA ALIMENTAÇÃO ANIMAL, 2., 2002, Uberlândia. **Anais...** Uberlândia: CBNA, 2002. p. 193-206.

PIMENTEL, J. L.; COOK, M. E.; GREGER, J. L. bioavailability of zinc-methionine for chicks. **Poultry Science**, Champaign, v. 70, n. 7, p. 1637-1639, July 1991.

ROSTAGNO, H. S. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. Viçosa: UFV, 2000. p. 141.

RUTZ, F.; PAN, E. A.; XAVIER, G. B.; ANCIUTI, M. A. Meeting selenium demands of modern poultry: responses to organic selenium in broiler and breeder diets. In: ANNUAL SYMPOSIUM ON BIOTECHNOLOGY IN THE FEED INDUSTRY, 19., 2003, Nottingham. **Proceedings..** Nottingham, 2003. p. 147-162.

SANTOS, T. T.; GONZATTO, H.; VIGNE, R. Desempenho de frango de corte oriundos de matrizes pesadas alimentadas com minerais associados à moléculas orgânicas. In: **Anais da Conferência APINCO**. p. 68 (2004).

SCHOULTEN, N. A. **Níveis de cálcio em dietas para frangos de corte suplementadas com fitase**. 2001. 79 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

SCHOULTEN, N. A.; TEIXEIRA, A. S.; CONTE, A. J.; SILVA, H. O.; BERTECHINI, A. G.; FIALHO, E. T. Efeito dos níveis de cálcio da ração suplementada com fitase sobre a deposição de minerais na tíbia de frangos de corte de 22 a 42 dias. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 27, n. 1, p. 206-210, jan./fev. 2003.

SCOTT, M. L.; NESHEIM, M. C.; YOUNG, R. G. **Nutrition of the chicken**. 3. ed. Ithaca, New York: ML Scott and Associates, 1982.

SECHINATO, A. S.; NAKADA, S.; ALBUQUERQUE, R. Efeito da suplementação dietética de microminerais orgânicos no desempenho produtivo de poedeiras comerciais In: CONFERENCIA APINCO 2004 de Ciencia e Tecnologia Avícolas, Santos. **Anais...** Campinas: FACTA, 2004. p. 49.

SEEDOR, J. G.; QURTUCCIO, H. A.; THOMPSON, D. D. The bisphosphonate alendronate (MK-217) inhibits bone loss due to ovariectomy in rats. **Journal of Bone and Mineral Reserch**, Cambridge, v. 6, n. 4, p. 339-346, Apr. 1991.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3. ed. Viçosa: UFV, 2002. 235 p

SMITH, M. O.; SHERMAN, I. L.; MILLER, L. C.; ROBBINS, K. R. Relative biological availability of manganese proteinate, manganese sulfate and manganese monoxide in broilers reared at elevated temperatures. **Poultry Science**, Champaign, v. 74, n. 4, p. 702-707, Apr. 1995.

TORRENT, J. Selenium yeast and pork quality. In: ANUAL SYMPOSIUM ON BIOTECHNOLOGY IN THE FEED INDUSTRY, 12., 1996, Nicholasville. **Proceedings...** 1996. p. 161-164.

TUCKER, L. A.; ESTEVE, E. G. Practical replacement of inorganic minerals with organic sources in poultry diets. In: ANUAL SYMPOSIUM ON BIOTECHNOLOGY IN THE FEED INDUSTRY, 20., 2004, Lexington, Kentucky, EUA **Proceedings** Lexington, Kentucky, EUA, 2004. p. 15.

UNDERWOOD, E. J. **The mineral nutrition of livestock**. 3. ed. Wallingford: CABI, 1999. 614 p.

VIEIRA, S. L. Minerais quelatados na nutrição animal. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO E NUTRIÇÃO DE AVES E SUÍNOS, 2004, Campinas. **Anais...** Campinas: CBNA, 2004. p. 51-70.

XAVIER, G. B.; RUTZ, F.; DIONELLO, N. J. L.; DUARTE, A. D.; GONÇALVES, F. M.; ZAUK, N. H. F.; RIBEIRO, C. L. G. Performance of layers fed diets containing organic selenium, zinc and manganese, during a second cycle of production. In: ANUAL SYMPOSIUM ON BIOTECHNOLOGY IN THE FEED INDUSTRY, 20., 2004, Lexington, Kentucky, EUA **Proceedings...** Lexington, Kentucky, EUA, 2004. p. 19.

WEDEKIND, K. J.; BAKER, D. H. Zinc bioavailability in feed-grade sources of zinc. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 68, n. 3, p. 684-689, Mar. 1990.

WHITEHEAD, C. C. Overview of bone biology in the egg-laying hen. **Poultry Science**, Champaign, v. 83, n. 1, p. 193-199, Jan. 2004.

ANEXOS

LISTA DE TABELAS

	Página
TABELA 1A. Temperaturas médias do interior do galpão no período de recria.....	55
TABELA 2A. Temperaturas médias no interior do galpão de postura.....	55
TABELA 3A. Idade média das aves ao atingirem 50% de produção.....	55
TABELA 4A. Quadrados médios da análise de variância para ganho de peso (GP), consumo de ração (CR) e conversão alimentar (CA) das aves, no período de 7 a 12 semanas de idade.....	56
TABELA 5A. Quadrados médios da análise de variância para ganho de peso (GP), consumo de ração (CR) e conversão alimentar (CA) das aves, no período de 7 a 16 semanas de idade.....	56
TABELA 6A. Quadrados médios da análise de variância para peso corporal (PC) e uniformidade do tratamento (UT) das aves, na 12ª semana de idade.....	57
TABELA 7A. Quadrados médios da análise de variância para peso corporal (PC) e uniformidade do tratamento (UT) das aves, na 16ª semana de idade.....	57
TABELA 8A. Quadrados médios da análise de variância das cinzas ósseas e concentração de zinco (tíbias) das aves com 12 e 16 semanas de idade.....	58

TABELA 9A.	Quadrados médios da análise de variância das cinzas ósseas e concentração de zinco (tíbias) das aves com 32 semanas de idade.....	58
TABELA 10A.	Quadrados médios da análise de variância para peso (P), comprimento (C), espessura (E) e índice ósseo de tíbias, na 12ª semana de idade.....	59
TABELA 11A.	Quadrados médios da análise de variância para peso (P), comprimento (C), espessura (E) e índice ósseo de tíbias, na 16ª semana de idade.....	59
TABELA 12A.	Quadrados médios da análise de variância para peso (P), comprimento (C), espessura (E) e índice ósseo do fêmur, na 12ª semana de idade.....	60
TABELA 13A.	Quadrados médios da análise de variância para peso (P), comprimento (C), espessura (E) e índice ósseo do fêmur, na 16ª semana de idade.....	60
TABELA 14A.	Quadrados médios da análise de variância da densidade real (D) do fêmur de frangas na 12ª e 16ª semana de idade.....	61
TABELA 15A.	Quadrados médios da análise de variância do comprimento do metatarso de frangas na 12ª e 16ª semana de idade.....	61
TABELA 16A.	Quadrados médios da análise de variância da produção de ovos (P), ovos viáveis (OV) e peso médio dos ovos (PMO).....	62
TABELA 17A.	Quadrados médios da análise de variância do consumo de ração (CR), massa de ovos (MO) e conversão alimentar (CA).....	62
TABELA 18A.	Quadrados médios da análise de variância da porcentagem de casca (PC), peso específico (PE) e unidade Haugh.....	63

TABELA 1A. Temperaturas médias do interior do galpão no período de recria

PERÍODO	TEMPERATURA ° C		Média
	Máxima	Mínima	
7 a 12 semanas	27,9	18,4	23,15
13 a 16 semanas	29,7	19,8	24,75

TABELA 2A. Temperaturas médias no período de postura

PERÍODO	TEMPERATURA ° C		MÉDIA
	Máxima	Mínima	
1	31,7	19,8	25,75
2	29,9	19,5	24,70
3	32,2	19,1	25,65
4	29,2	19,8	24,5

TABELA 3A. Idade média das aves ao atingirem 50% de produção

Tratamentos	Idade a 50% de produção de ovos
0,40% suplemento inorgânico	135
0,40% suplemento orgânico	135
0,35% suplemento orgânico	134
0,30% suplemento orgânico	134
0,25% suplemento orgânico	132
0,20% suplemento orgânico	134

TABELA 4A. Quadrados médios da análise de variância para ganho de peso (GP), consumo de ração (CR) e conversão alimentar (CA) das aves, no período de 7 a 12 semanas de idade

CAUSAS DE VARIACÃO	GL	GP ¹	CR ¹	CA ¹
Tratamentos	5	141,83	1438,13	0,0027
Reg. níveis (SO)	4	124,15	1258,08	0,0032
Efeito linear	1	91,76	268,39	0,0021
Efeito quadrático	1	40,32	631,41	0,0097
Efeito cúbico	1	139,23	1458,29	0,0005
Desvio	1	225,28	2676,23	0,0007
Erro	30	203,602	1366,601	0,0074
C.V. (%)		2,69	1,60	2,21

¹ (P>0,05).

TABELA 5A. Quadrados médios da análise de variância para ganho de peso (GP), consumo de ração (CR) e conversão alimentar (CA) das aves no período de 7 a 16 semanas de idade

CAUSAS DE VARIACÃO	GL	GP ¹	CR ¹	CA ¹
Tratamentos	5	297,26	7848,50	0,0073
Reg. níveis (SO)	4	360,25	7632,14	0,0076
Efeito linear	1	9,20	15,40	0,0002
Efeito quadrático	1	302,86	1167,79	0,0273
Efeito cúbico	1	270,94	12783,8	0,0010
Desvio	1	858,00	16561,6	0,0021
Erro	30	766,970	9576,498	0,0148
C.V. (%)		3,53	2,32	2,26

¹ (P>0,05).

TABELA 6A. Quadrados médios da análise de variância para peso corporal (PC) e uniformidade do tratamento (UT) das aves, na 12ª semana de idade

CAUSAS DE VARIÇÃO	GL	PC ¹	UT ¹
Tratamentos	5	107,38	22,27
Reg. níveis (SO)	4	75,86	8,70
Efeito linear	1	81,90	4,63
Efeito quadrático	1	7,03	8,35
Efeito cúbico	1	175,79	18,53
Desvio	1	38,71	3,30
Erro	30	283,283	18,00
C.V. (%)		1,83	4,39

* (P<0,05); ns ¹(P>0,05).

TABELA 7A. Quadrados médios da análise de variância para peso corporal (PC) e uniformidade do tratamento (UT) das aves, na 16ª semana de idade

CAUSAS DE VARIÇÃO	GL	PC ¹	UT ¹
Tratamentos	5	198,66	20,38
Reg. níveis (SO)	4	234,40	18,82
Efeito linear	1	6,53	4,96
Efeito quadrático	1	188,40	25,87
Efeito cúbico	1	322,48	4,76
Desvio	1	420,20	39,72
Erro	30	863,860	49,784
C.V. (%)		2,51	7,96

¹(P>0,05).

TABELA 8A. Quadrados médios da análise de variância das cinzas ósseas e concentração de zinco (tíbias) das aves com 12 e 16 semanas de idade

CAUSAS DE VARIACÃO	GL	Cinzas 12s	Cinzas ¹ 16s	Zinco ¹ 12s	Zinco ¹ 16s
Tratamentos	5	0,869 ns	0,576	469,42	519,98
Reg.níveis (SO)	4	1,006 ns	0,466	508,83	626,15
Efeito linear	1	3,748*	1,126	354,21	831,83
Efeito quadrático	1	0,016 ns	0,069	178,84	591,01
Efeito cúbico	1	0,251 ns	0,167	1301,20	1040,33
Desvio	1	0,009 ns	0,502	201,08	41,43
Erro	30	0,494	0,800	351,91	267,667
C.V. (%)		1,16	1,47	8,23	7,76

* (P<0,05); ns ¹(P>0,05)

TABELA 9A. Quadrados médios da análise de variância das cinzas ósseas e concentração de zinco (tíbias) das aves com 32 semanas de idade

CAUSAS DE VARIACÃO	GL	Cinzas ¹ 32s	Zinco ¹ 32s
Tratamentos	5	1,043	382,957
Reg.níveis (SO)	4	1,301	384,455
Efeito linear	1	0,043	1,109
Efeito quadrático	1	3,937	442,603
Efeito cúbico	1	1,064	1021,090
Desvio	1	0,160	73,020
Erro	18	1,94	242,885
C.V. (%)		2,31	6,36

¹(P>0,05)

TABELA 10A. Quadrados médios da análise de variância para peso (P), comprimento (C), espessura (E) e índice ósseo (I) de tíbias, na 12ª semana de idade

CAUSAS DE VARIACÃO	GL	P ¹	C ¹	E ¹	I ¹
Tratamentos	5	0,012	3,008	0,033	0,460
Reg.níveis (SO)	4	0,009	3,423	0,041	0,269
Efeito linear	1	0,011	2,258	0,006	0,408
Efeito quadrático	1	0,00004	0,844	0,022	0,079
Efeito cúbico	1	0,025	8,870	0,108	0,579
Desvio	1	0,0018	1,719	0,027	0,008
Erro	30	0,018	2,864	0,036	1,150
C.V. (%)		4,95	1,64	3,75	4,05

¹(P>0,05)

TABELA 11A. Quadrados médios da análise de variância para peso (P), comprimento (C), espessura (E) e índice ósseo (I) de tíbias, na 16ª semana de idade

CAUSAS DE VARIACÃO	GL	P ¹	C ¹	E ¹	I ¹
Tratamentos	5	0,043	1,973	0,078	3,301
Reg.níveis (SO)	4	0,039	1,351	0,081	3,478
Efeito linear	1	0,0037	0,320	0,097	0,565
Efeito quadrático	1	0,0729	2,006	0,039	9,035
Efeito cúbico	1	0,0803	3,0330	0,098	4,307
Desvio	1	0,0003	0,047	0,091	0,003
Erro	30	0,051	3,925	0,090	3,789
C.V. (%)		6,50	1,86	5,65	5,98

¹(P>0,05)

TABELA 12A. Quadrados médios da análise de variância para peso (P), comprimento (C), espessura (E) e índice ósseo (I) do fêmur de frangas, na 12ª semana de idade

CAUSAS DE VARIACÃO	GL	P ¹	C ¹	E ¹	I ¹
Tratamentos	5	0,0071	0,898	0,038	0,885
Reg.níveis (SO)	4	0,0063	1,098	0,045	0,628
Efeito linear	1	0,0136	0,948	0,0004	1,714
Efeito quadrático	1	0,0009	0,590	0,028	0,023
Efeito cúbico	1	0,0007	0,002	0,108	0,171
Desvio	1	0,0099	2,850	0,129	0,603
Erro	30	0,0076	0,980	0,033	1,118
C.V. (%)		4,50	1,44	2,97	3,75

¹(P>0,05)

TABELA 13A. Quadrados médios da análise de variância para peso (P), comprimento (C), espessura (E) e índice ósseo (I) do fêmur de frangas, na 16ª semana de idade

CAUSAS DE VARIACÃO	G L	P ¹	C ¹	E ¹	I ¹
Tratamentos	5	0,071	1,255	0,043	15,502
Reg.níveis (SO)	4	0,058	1,233	0,050	14,781
Efeito linear	1	0,197	4,374	0,017	51,968
Efeito quadrático	1	0,015	0,443	0,058	4,116
Efeito cúbico	1	0,015	0,113	0,084	2,170
Desvio	1	0,004	0,0015	0,043	0,873
Erro	30	0,075	2,079	0,116	13,913
C.V. (%)		10,20	1,99	5,33	10,07

¹(P>0,05)

TABELA 14A. Quadrados médios da análise de variância para densidade real (D) do fêmur de frangas, na 12^a e 16^a semana de idade

CAUSAS DE VARIÇÃO	GL	D 12s ¹	D 16s ¹
Tratamentos	5	0,059	0,085
Reg.níveis (SO)	4	0,074	0,020
Efeito linear	1	0,192	0,0026
Efeito quadrático	1	0,0007	0,0512
Efeito cúbico	1	0,102	0,0191
Desvio	1	0,00003	0,0053
Erro	30	0,125	0,120
C.V. (%)		16,40	16,18

¹(P>0,05).

TABELA 15A. Quadrados médios da análise de variância para comprimento de metatarso de frangas, na 12^a e 16^a semana de idade.

CAUSAS DE VARIÇÃO	GL	CM 12s ¹	CM 16s ¹
Tratamentos	5	0,073	0,0074
Reg. níveis (SO)	4	0,0121	0,051
Efeito linear	1	0,0034	0,0116
Efeito quadrático	1	0,0010	0,0074
Efeito cúbico	1	0,0,0015	0,0001
Desvio	1	0,0428	0,0013
Erro	30	0,034	0,039
C.V. (%)		1,84	2,44

¹(P>0,05)

TABELA 16A. Quadrados médios da análise de variância da produção de ovos (P), ovos viáveis (OV) e peso médio dos ovos (PMO)

CAUSAS DE VARIACÃO	GL	P	OV	PMO
Tratamentos	5	6,685	32,435	1,364
Reg.níveis (SO)	4	8,251	32,962	1,693
Efeito linear	1	0,364	33,835	0,420
Efeito quadrático	1	6,499	1,210	0,105
Desvio	2	13,069	96,803	3,124
Erro (a)	30	16,087	41,313	3,342
Períodos	3	1506,3**	1767,6**	501,55**
Trat. X períodos	15	16,728	19,055	0,542
Erro (b)	90	10,208	15,471	0,478
C.V. (%)	1	4,34	7,07	3,18
	2	3,46	4,33	1,20

** (P<0,01);

TABELA 17A. Quadrados médios da análise de variância do consumo de ração (CR), massa de ovos (MO) e conversão alimentar (CA).

CAUSAS DE VARIACÃO	GL	CR	MO	CA
Tratamentos	5	3,867	1,698	0,0057
Reg.níveis (SO)	4	4,279	2,013	0,0071
Efeito linear	1	7,126	0,430	0,0008
Efeito quadrático	1	8,699	0,097	0,0075
Desvio	2	0,646	3,763	0,0101
Erro (a)	30	19,250	9,251	0,0102
Períodos	3	2411,1**	1629,5**	0,5356**
Trat. X períodos	15	7,748	4,729	0,0059
Erro (b)	90	5,371	3,928	0,0052
C.V. (%)	1	4,29	5,73	5,18
	2	2,27	3,73	3,69

** (P<0,01);

TABELA 18A. Quadrados médios da análise de variância da porcentagem de casca (PC), peso específico (PE) e unidade haugh (UH)

CAUSAS DE VARIAÇÃO	GL	PC	PE	UH
Tratamentos	5	0,042	10^{-6}	4,476
Reg.níveis (SO)	4	0,036	2×10^{-6}	5,516
Efeito linear	1	0,078	0	5,711
Efeito quadrático	1	0,039	10^{-6}	4,025
Desvio	2	0,014	3×10^{-6}	6,163
Erro (a)	30	0,197	4×10^{-6}	2,282
Períodos	3	1,231**	2×10^{-5} **	79,204**
Trat. X períodos	15	0,055	6×10^{-7}	2,472
Erro (b)	90	0,047	10^{-6}	2,282
C.V. (%)	1	4,58	0,19	2,18
	2	2,23	0,11	1,48

** (P<0,01);