

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO  
DEPARTAMENTO DE ZOOTECNIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

**SUPLEMENTAÇÃO DE COMPLEXO METAL-AMINOÁCIDO EM DIETAS DE  
FRANGAS DE REPOSIÇÃO**

ANDRESA DE GUSMÃO FARIA

RECIFE – PE  
AGOSTO – 2018

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO  
DEPARTAMENTO DE ZOOTECNIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

**SUPLEMENTAÇÃO DE COMPLEXO METAL-AMINOÁCIDO EM DIETAS  
DE FRANGAS DE REPOSIÇÃO**

ANDRESA DE GUSMÃO FARIA  
Zootecnista

RECIFE – PE  
AGOSTO – 2018

ANDRESA DE GUSMÃO FARIA

**SUPLEMENTAÇÃO DE COMPLEXO METAL-AMINOÁCIDO EM DIETAS  
DE FRANGAS DE REPOSIÇÃO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como requisito para obtenção do título de Mestre em Zootecnia.

**Comitê de orientação:**

Prof. Dr. Carlos Bôa-Viagem Rabello - Orientador

Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Helena Emília Cavalcanti da Costa Cordeiro Manso – Coorientadora

Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Mércia Rodrigues Barros – Coorientadora

RECIFE – PE  
AGOSTO - 2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE  
Biblioteca Central, Recife-PE, Brasil

F224s Faria, Andresa de Gusmão  
Suplementação de complexo metal-aminoácido em dietas de  
frangas de reposição / Andresa de Gusmão Faria. - Recife, 2018.  
47 f.: il.

Orientador(a): Carlos Bôa-Viagem Rabello.

Coorientador(a): Helena Emília Cavalcanti da Costa Cordeiro  
Manso, Mércia Rodrigues Barros.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Rural de  
Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Recife,  
BR-PE, 2018.

Inclui referências.

1. Frango de corte 2. Disponibilidade biológica 3. Minerais na  
nutrição animal 4. Aminoácidos na nutrição animal 5. Produção  
animal I. Rabello, Carlos Bôa-Viagem, orient. II. Manso, Helena  
Emília Cavalcanti da Costa Cordeiro, coorient. III. Barros, Mércia  
Rodrigues, coorient. IV. Título

CDD 636

ANDRESA DE GUSMÃO FARIA

**SUPLEMENTAÇÃO DE COMPLEXO METAL-AMINOÁCIDO EM DIETAS  
DE FRANGAS DE REPOSIÇÃO**

Dissertação defendida e aprovada pela comissão examinadora em 31 de agosto de 2018.

Orientador:

---

Prof. Dr. Carlos Bôa-Viagem Rabello  
Departamento de Zootecnia  
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Examinadores:

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Maria do Carmo Mohaupt Marques Ludke  
Departamento de Zootecnia  
Universidade Federal Rural de Pernambuco

---

Prof. Dr. Marcos José Batista dos Santos  
Departamento de Zootecnia  
Universidade Federal Rural de Pernambuco

RECIFE – PE  
AGOSTO – 2018

## **DADOS CURRICULARES DO AUTOR**

ANDRESA DE GUSMÃO FARIA - filha de Aderbal de Faria e Maria Aparecida de Gusmão Faria, nasceu em Taubaté - SP, no dia 21 de novembro de 1983. Iniciou a graduação em Zootecnia na Universidade Federal de Sergipe em fevereiro de 2010, onde cursou o primeiro e segundo semestre; posteriormente, deu continuidade ao curso na graduação em Zootecnia na Universidade Federal Rural de Pernambuco em agosto de 2011. Estagiou como voluntária no setor de não-ruminantes, foi bolsista, por dois anos consecutivos, no programa de iniciação científica pelo órgão de apoio à pesquisa e tecnologia do estado de Pernambuco – FACEPE, sob a orientação da Professora Maria do Carmo Mohaupt Marques Ludke, onde trabalhou com a avaliação de alimentos alternativos e no desenvolvimento de tabelas nutricionais para não-ruminantes, e também foi monitora da disciplina de Nutrição de Não-Ruminantes. Em dezembro de 2015 concluiu o curso de Bacharelado em Zootecnia pela UFRPE e iniciou o curso de Mestrado em Zootecnia pela Universidade Federal Rural de Pernambuco em março de 2016, concentrando seus estudos na área de Nutrição de Animais Não-ruminantes.

Aos meus pais, *Aderbal de Faria e Maria Aparecida de Gusmão*  
*Faria*, pelo amor, dedicação e desprendimento.  
Aos amigos e familiares, pelo apoio emocional. E à Ciência!

**AGRADECIMENTOS**

Agradeço, em primeiro lugar, à força Divina que me rege, me guia e me impulsiona, me dando sustento e coragem para questionar realidades e propor sempre um novo mundo de possibilidades.

Aos meus pais, Aderbal de Faria e Maria Aparecida de Gusmão Faria. Mãe, teu cuidado e dedicação deram a esperança para seguir. Pai, tua presença significou segurança e certeza de que não estou sozinha nesta caminhada.

Aos amigos queridos, que sempre estiveram ao meu lado, me dando apoio emocional e dividindo alegrias e tristezas.

Aos amigos e companheiros de trabalho, Heraldo Oliveira, Camilla Gomes, Waleska Medeiros, Rogério Ventura, Luiz Henrique, Júlia Silva Barros e Almir Ferreira, pelo apoio, dedicação, paciência e tempo dispensados para a concretização desta etapa que se finda.

À empresa Zinpro Corporation e à Granja Ovo Novo, pela parceria e por acreditarem no potencial dos pesquisadores da UFRPE. A toda equipe de pesquisa, colaboradores, professores e orientadores que contribuíram para a realização deste estudo, muito obrigada.

Agradeço aos *professores* que me acompanharam durante o curso de mestrado e que contribuíram, através da educação, ao meu processo de *formação profissional*, em especial ao Prof. Carlos Bôa-Viagem Rabello, pelo acolhimento, orientação, ensinamentos, paciência, apoio e confiança que em mim depositou. Por ser um exemplo de profissional, educador e ser humano. SOU GRATA!



*“Nunca deixe que lhe digam que não vale a pena acreditar no sonho que se tem, ou que seus planos nunca vão dar certo, ou que você nunca vai ser alguém...”*

*Quem acredita sempre alcança!”*

## SUMÁRIO

	<b>Pág</b>
<b>LISTAS DE TABELAS</b> .....	IX
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	X
<b>INTRODUÇÃO GERAL</b> .....	11
<b>1. CAPÍTULO 1 - REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	13
1.1 <i>Importância da suplementação mineral para frangas de reposição</i> .....	14
1.2 <i>Zinco</i> .....	14
1.3 <i>Manganês</i> .....	15
1.4 <i>Cobre</i> .....	16
1.5 <i>Cálcio e Fósforo</i> .....	17
1.6 <i>Conceitos de microminerais complexados</i> .....	18
1.7 <i>Tecido Ósseo</i> .....	20
1.8 <i>Histogênese</i> .....	20
1.9 <i>Integridade Intestinal</i> .....	21
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	23
<b>CAPÍTULO II - suplementação de complexo metal-aminoácido em dietas de frangas de reposição</b> .....	27
Resumo .....	28
Abstract .....	29
Introdução .....	30
Material e Métodos .....	31
Resultados .....	37
Discussão .....	39
Conclusão .....	42
Referências Bibliográficas .....	44

## LISTA DE TABELAS

Capítulo II	Pág.
<b>Tabela 1.</b> Composição mineral dos premixes inorgânicos e produto comercial nas dietas experimentais .....	33
<b>Tabela 2.</b> Suplementação por quilo de premix mineral inorgânico .....	33
<b>Tabela 3.</b> Composição das dietas experimentais na fase de recria .....	34
<b>Tabela 4.</b> Desempenho de frangas de reposição suplementadas com diferentes fontes de Zn, Mn e Cu aos 98 dias de idade .....	37
<b>Tabela 5.</b> Peso e rendimento dos órgãos do sistema digestivo de frangas de reposição suplementadas com diferentes fontes de Zn, Mn e Cu aos 98 dias de idade .....	37
<b>Tabela 6.</b> Características ósseas da tíbia de frangas de reposição suplementadas com diferentes fontes de Zn, Mn e Cu aos 98 dias de idade .....	38
<b>Tabela 7.</b> Composição mineral das tíbias de frangas de reposição suplementadas com diferentes fontes de Zn, Mn e Cu aos 98 dias de idade .....	38
<b>Tabela 8.</b> Composição mineral do fígado de frangas de reposição suplementadas com diferentes fontes de Zn, Mn e Cu aos 98 dias de idade .....	39

## LISTA DE FIGURAS

<b>CAPÍTULO II</b>	<b>Pág.</b>
<b>Figura 1.</b> Temperatura e Umidade Relativa do Ar .....	32

## INTRODUÇÃO GERAL

No Brasil, a avicultura destaca-se por ser uma das atividades agropecuárias com maior desenvolvimento no setor primário. A excelência tecnológica em genética, manejo e ambiência permitiram ao setor alcançar índices produtivos que garantiram a presença do produto avícola do Brasil na mesa dos consumidores pelos cinco continentes. A avicultura brasileira tornou-se referência por meio da combinação entre tecnologia, qualidade, sanidade e sustentabilidade, além do investimento em décadas pesquisas, o que garantiu ao país tornar-se um dos maiores produtores de carne de frango, havendo ainda grandes polos de produção de ovos em todas as regiões do Brasil.

Rico em nutrientes, os produtos avícolas são essenciais para uma dieta saudável. O ovo é um alimento nutritivo, rico em vitaminas e minerais. Recentemente, seu consumo foi liberado pela Associação Americana de Cardiologia, gerando um panorama favorável, que resultou no aumento significativo do consumo de ovos per capita. O aquecimento no mercado fez com que os produtores buscassem inovações tecnológicas, a fim de maximizar a produção, investindo em linhagens precoces. Em contrapartida, a precocidade das aves de postura altera aspectos fisiológicos importantes, havendo a necessidade de equacionar, nutrição à genética, de forma que ave tenha um bom desenvolvimento do sistema digestivo, bem como uma boa formação óssea.

As fases que antecedem a postura possuem estreita relação com a produção, pois é justamente quando a ave se prepara e se desenvolve fisiologicamente para o período produtivo (SANTOS 2014). O bom desenvolvimento é determinante para o sucesso na produção; para isso, é necessária uma dieta balanceada que atenda às necessidades e supra as exigências nutricionais da ave. A nutrição é um dos aspectos mais importantes para que o animal expresse seu potencial genético e garanta uma boa uniformidade dos plantéis, assim como para a receita do produtor, considerando o impacto do custo com alimentação sobre o custo total da produção, de tal forma que a busca por eficiência alimentar é o objetivo das empresas de nutrição animal.

As necessidades nutricionais variam de acordo com a idade fisiológica, temperatura e umidade do ambiente, finalidade da produção, entre outros fatores. O fornecimento adequado de energia, proteína, vitaminas e minerais é essencial para o metabolismo das aves. Os minerais são classificados em macro e microminerais;

embora exigidos em menores concentrações, os microminerais são igualmente essenciais na dieta de poedeiras (ARAÚJO et al., 2008; BERTECHINI, 2014) e são de grande importância para o desenvolvimento e formação do tecido ósseo (BRITO et al., 2006). Dentre os microminerais, o zinco, o manganês e o cobre destacam-se pela participação numa ampla variedade de processos fisiológicos, além de atuarem como cofatores essenciais para diversas enzimas celulares. A suplementação mineral pode ser feita na forma inorgânica ou na forma de quelatos ou complexos orgânicos. Segundo Reddy et al. (1992), as formas “orgânicas” aumentam a biodisponibilidade dos minerais em relação às formas inorgânicas, o que pode promover melhor aproveitamento desses elementos, diminuindo, assim, sua excreção no meio ambiente e, por consequência, melhores índices de produção.

No entanto, pouco se sabe da efetividade da suplementação mineral na forma de complexo orgânico na nutrição de galinhas de postura na fase de recria. Diante o discorrido, o objetivo deste estudo foi avaliar o efeito da suplementação de complexo metal-aminoácidos sobre o desempenho e características ósseas de frangas de reposição.

**CAPÍTULO I**  
**REFERENCIAL TEÓRICO**

## **1. REFERENCIAL TEÓRICO**

### *1.1 Importância da suplementação mineral para frangas de reposição*

A fase de recria está diretamente relacionada à eficiência de produção da galinha poedeira. É importante um bom desenvolvimento da franga nesta fase para garantir resultado satisfatório nos períodos que compreendem o início e a manutenção da produção de ovos. Esta fase está compreendida entre a 6<sup>a</sup> a 17<sup>a</sup> semana de idade, e é marcada por grandes transformações morfológicas e fisiológicas (RIBEIRO et al. 2008), com acentuado ganho de peso corporal, evidenciado pelo desenvolvimento ósseo e do sistema reprodutor. A proporção do crescimento nesta fase é maior quando comparada à fase inicial, que é marcada pelo desenvolvimento dos órgãos (FARIA, 2003). Dessa forma, uma nutrição adequada, voltada para a boa formação óssea, deve receber atenção especial, justamente por se tratar da fase com maior desenvolvimento e deposição mineral nos ossos.

A suplementação mineral na alimentação de galinhas de postura é de grande importância para seu bom desenvolvimento e produção. Na avaliação dos suplementos minerais alguns fatores devem ser considerados, tais como a concentração, solubilidades e biodisponibilidade do elemento. Os microminerais, embora exigidos em menores concentrações, são igualmente essenciais na dieta de poedeiras (ARAÚJO et al., 2008; BERTECHINI, 2014). Dentre os microminerais, destaca-se o zinco, o manganês e o cobre, que estão diretamente associados ao crescimento da ave, assim como no desenvolvimento e formação do tecido ósseo (UNDERWOOD, 1999). Além de participarem de uma ampla variedade de processos fisiológicos, atuam como cofatores essenciais para diversas enzimas celulares (MAIORKA; MACARI, 2002). Também estão envolvidos no metabolismo de carboidratos, síntese de proteínas e ácidos nucleicos (VIEIRA, 2008).

### *1.2 Zinco*

O zinco é um metal de transição e situa-se na Tabela Periódica no grupo 12. O zinco foi reconhecido pela primeira vez como essencial para sistemas biológicos em 1869, por Raulin, e sua essencialidade para aves de postura foi demonstrada pela primeira vez em 1958 por O'Dell (TRAMONTE, 1996). O zinco é um nutriente essencial para o metabolismo animal, pois participa de importantes funções no



organismo. Segundo Klasing (1998), o zinco pode ser considerado o mais importante mineral metabolicamente ativo e sua deficiência prejudica a maioria das rotas metabólicas, uma vez que tem participação em diversos processos enzimáticos. 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), além de atuar na fixação do cálcio sob a forma de carbonato de cálcio nos ossos e na casca do ovo, e na ativação de sistemas enzimáticos (TORRES, 1969).

O tecido ósseo parece ser o principal tecido de reserva de zinco, com capacidade de acumular e liberar este mineral de acordo com as concentrações no organismo (EMMERT; BAKER, 1995; UNDERWOOD, 1999). Sua absorção ocorre principalmente no intestino delgado por meio de uma molécula transportadora. Sua biodisponibilidade pode ser afetada pela interação do mesmo com outros compostos iônicos (AMMERMAN; BAKER; LEWIS, 1995). Agentes quelantes, como o fitato, podem interagir com o zinco e afetar a sua biodisponibilidade (AMMERMAN et al., 1998). Por outro lado, aminoácidos, como a histidina e cisteína, podem agir como facilitadores na absorção, aumentando a disponibilidade de zinco (CLYSDALE, 1998).

### *1.3 Manganês*

O manganês está presente nos ossos, fígado, pele e músculos e é essencial para deposição normal e espessura da casca. A suplementação desse microelemento em dietas à base de milho e farelo de soja, geralmente é feito na forma inorgânica e a interações com fitatos presentes reduz sua disponibilidade para a ave. Além desse fato, rações com altos teores de cálcio, normalmente utilizadas para poedeiras, podem interferir no aproveitamento desse micromineral. De acordo com Leeson e Summers (1997), a eficiência de absorção do manganês é bastante baixa. Outros minerais, como cálcio, fósforo e ferro podem reduzir a solubilidade do manganês e inibir sua absorção. O manganês compete pelos sítios de absorção de ferro e cobalto no enterócito.

Esse micromineral tem como funções essenciais o desenvolvimento da matriz óssea; é fundamental na reprodução e funcionamento do sistema nervoso central, atua no metabolismo dos lipídeos e carboidratos e no sistema imune (BERTECHINI, 2013), assim como 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, bem como a matriz orgânica dos ossos e da casca dos ovos (LEACH, 1983). No organismo das aves, o osso é a fonte mais rica em manganês, com cerca de 3 a 4 µg/g de tecido, seguido pelo fígado com 2 µg/g (LEESON; SUMMERS, 2001). Nos ossos, a tíbia é o tecido com maior sensibilidade de deposição em função dos níveis ingeridos (BERTECHINI, 2013).

#### *1.4 Cobre*

O cobre é um elemento essencial para todos os animais realizarem inúmeras funções bioquímicas. O estudo deste elemento teve início em 1925, com Hart e colaboradores, que descobriram a importância da união do cobre com o ferro na formação da hemoglobina (MAYNARD, 1984). Possui capacidade de se oxidar ou reduzir facilmente, característica fundamental para as metaloenzimas cúpricas que catalisam reações de óxido-redução (SILVA JÚNIOR, 2013). Na respiração celular, ele é componente da metaloenzima citocromo oxidase, responsável por transportar elétrons durante a respiração aeróbica, catalisando a redução do O<sub>2</sub> a H<sub>2</sub>O com formação de ATP (McDOWELL, 1992). É essencial na formação dos tecidos ósseos, pois atua como ativador da lisil-oxidase, enzima que participa da biossíntese de colágeno (SCOTT et al., 1982, VICENZI, 1996, LEESON; SUMMERS, 2001). De acordo Palermo-Neto et al. (2005), dietas deficientes em cobre resultam em ossos frágeis e cartilagens espessas. Também está presente em algumas metaloproteínas, como a ceruloplasmina, que regula a atividade da transferrina, e a metalotioneína, que entre outras funções regula a absorção do próprio cobre pelo organismo (ORTOLANI, 2002).

A biodisponibilidade do cobre dietético está intimamente ligada à forma química com que o cobre se encontra presente no alimento. Na forma metálica tem sua biodisponibilidade reduzida, embora quando associado a proteínas ou aminoácidos possa ter sua absorção aumentada (SILVA JÚNIOR, 2013), bem como pode sofrer com a ação antagonista de outros minerais, por exemplo: molibdênio, que antagoniza o cobre; ferro, que antagoniza fósforo e cobre; e enxofre, que antagoniza o cobre e selênio. Quando se agrega ferro, molibdênio ou enxofre nas misturas aumentam-se as necessidades de cobre (SOUSA, 1981; McDOWELL, 1999; TOKARNIA et al., 1999). O cobre é absorvido principalmente no intestino delgado, ligados a aminoácidos que funcionam como carreadores desse elemento. Após absorvido pelo organismo, liga-se a

albumina, sendo levado ao fígado, principal local de estoque. A partir do fígado, o cobre pode ter três destinos: integrar o estoque hepático no interior dos hepatócitos, manter-se no estoque temporário ligado a ceruloplasmina ou ser excretado principalmente pela secreção biliar (HOWELL; GOONERATNE, 1987).

A deficiência de cobre promove redução da capacidade imunológica do animal, anemia, despigmentação, entre outros. A redução da atividade da citocromo-oxidase pode ser observada em situações de deficiência de cobre em aves, resultando em depressão da síntese de fosfolipídios pelas mitocôndrias do fígado, inibindo a síntese de mielina, ocasionando o aparecimento de distúrbios nervosos. Anormalidades ósseas, redução da produção e eclodibilidade dos ovos também são constatadas em aves (McDOWELL, 1992).

### *1.5 Cálcio e Fósforo*

Cálcio, fósforo e vitamina D são elementos intimamente associados ao metabolismo animal, muitas vezes combinados entre si, de modo que a carência de um deles na dieta limita o desempenho das aves. O cálcio (Ca) é o componente inorgânico mais abundante no esqueleto, exercendo função estrutural, além de outras funções biológicas essenciais, tais como: coagulação normal do sangue, ação sobre o ritmo cardíaco, excitabilidade neuromuscular, permeabilização da membrana, secreção de hormônios e moderação do equilíbrio iônico entre sódio e potássio. De sua totalidade, 99% encontra-se no tecido ósseo, sendo requerido em quantidade maior que qualquer outro mineral, e somente 1% encontra-se distribuído nos tecidos moles, com alta concentração no plasma sanguíneo (SA et al., 2004).

A homeostase do cálcio é um dos mecanismos mais importantes responsáveis pela manutenção da integridade do esqueleto (MAZZUCO, 2006). Devido a sua grande utilização, encontra-se sempre em transição entre o plasma e os ossos. Quando a ingestão é suficiente ou excessiva, o cálcio é rapidamente depositado nos ossos; porém, quando em concentração insuficiente, o cálcio dos ossos é mobilizado, aumentando sua concentração no sangue (SIMÕES, 2005). Esse mecanismo fisiológico é particularmente importante para aves em postura devido à alta exigência de cálcio para formação da casca durante toda a vida produtiva (MAZZUCO, 2006).

O fósforo é o segundo mineral de maior concentração no corpo animal. Cerca de 80% do fósforo corporal encontram-se nos ossos e nos dentes, sendo que o restante é

distribuído nos tecidos mole, particularmente concentrado nas células sanguíneas, músculos e nervos. O fósforo desempenha uma função importante na fisiologia celular e na mineralização óssea (MAZZUCO, 2006), além de atuar na manutenção da pressão osmótica e equilíbrio ácido-básico, controle do metabolismo celular e funções metabólicas variadas: metabolização de carboidratos, formação dos fosfolípídeos, formação das proteínas e do metabolismo dos aminoácidos e ativador de sistemas enzimáticos. O fósforo é o mineral que acompanha o metabolismo do cálcio, principalmente no que se refere à absorção em níveis séricos. A deficiência de um deles na dieta limita o valor nutritivo de ambos (BERTECHINI, 2003).

### *1.6 Conceitos de microminerais complexados*

Nas formulações de ração para aves de produção, as fontes de minerais comumente utilizadas são as fontes inorgânicas: óxidos, sulfatos, cloretos, carbonatos e fosfatos (ARAÚJO et al., 2008). No entanto, os microminerais também podem ser encontrados ligados a uma molécula orgânica, assumindo a forma de complexos ou quelatos.

Foram definidos por Leeson e Summers (1997) como a mistura de elementos minerais ligados a um carreador orgânico ou sintético, como aminoácidos, peptídeos ou complexos polissacarídeos, que formam uma estrutura cíclica mais estável e solúvel por não se ligar a outras substâncias. Já 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 amino 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 1mol do íon metálico com 1 a 3 moles de aminoácidos na forma de ligações covalentes coordenadas;

- **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.

Na forma complexada ou quelatada, os microminerais são absorvidos por carreadores intestinais de aminoácidos e de peptídeos, e não pelos transportadores intestinais clássicos de minerais. Isto reduz a competição entre minerais pelos mesmos mecanismos de absorção. Portanto, não só a biodisponibilidade é superior, mas os minerais complexados a moléculas orgânicas são prontamente transportados para os tecidos, onde permanecem armazenados por períodos mais longos que os inorgânicos (RUTZ et al., 2007). Desta forma, devido à perspectiva de melhor absorção e menor excreção mineral pelo animal, a suplementação de minerais em forma de complexo orgânico cada vez mais vem sendo utilizado nas formulações de ração para aves de postura.

As necessidades orgânicas reais de minerais, visando adequada nutrição dependem de uma série de fatores, sendo a absorção ponto fundamental para o aproveitamento dos minerais. De maneira geral, existe uma barreira intestinal (condições físico-químicas, pH e viscosidade intestinal) que dificulta a absorção da maioria dos minerais. Outro fator a considerar é a solubilidade das fontes de minerais normalmente disponíveis para serem utilizadas na suplementação de rações de aves. Essas fontes podem estar na forma de sais com estabilidades e hidratação variadas ou tidas como orgânicas ou quelatadas. Portanto, os níveis dietéticos normalmente utilizados podem encontrar-se, às vezes, além das necessidades reais, resultando em baixo aproveitamento mineral com conseqüente poluição ambiental pelo excesso de excreção (BERTECHINI, 2003).

### *1.7 Tecido Ósseo*

O tecido ósseo é uma estrutura dinâmica, influenciada por fatores fisiológicos, nutricionais e físicos. É formado por células vivas e uma matriz intracelular impregnada em sais minerais, composto por aproximadamente 70% de minerais, 20% de matéria orgânica e 10% de água (RATH et al., 2000). O osso é um tecido de suporte

vascularizado modelado por osteoblastos, osteócitos e osteoclastos. Estruturalmente, possui uma camada externa e uma interna. As células da camada externa transformam-se facilmente em osteoblastos e têm papel essencial no crescimento ósseo (PIZAURO JÚNIOR, 2002).

Os osteoblastos são responsáveis por sintetizar e secretar a matriz orgânica. São também responsáveis pela produção de fatores regulatórios, que estimulam a formação e reabsorção óssea (GARCIA FAITARONE et al., 2012). A camada interna é coberta por células osteogênicas achatadas que revestem as cavidades do osso esponjoso, o canal medular, os canais de Havers e os de Volkman (PIZAURO JÚNIOR, 2002). Os osteócitos se encontram no interior da matriz óssea e são essenciais para a manutenção desta. Sua morte é seguida por reabsorção da matriz (JUNQUEIRA; CARNEIRO, 2004). É o tipo de célula mais abundante do osso (PIZAURO JÚNIOR, 2002). Os osteoclastos são responsáveis pela desmineralização óssea e digestão da matriz óssea. Durante o processo de crescimento do osso são necessários para reabsorção da cartilagem calcificada e para modelação óssea (GARCIA FAITARONE et al., 2012).

### *1.8 Histogênese*

A formação do tecido ósseo engloba dois processos de ossificação: a intramembranosa, que ocorre no interior de uma membrana do tecido conjuntivo, com a substituição de células mesenquimatosas por osteoblastos, que sintetizam os osteoides, originando uma matriz não mineralizada, para, em seguida, mineralizar-se. Este processo participa da formação de diversos tipos de ossos e também do crescimento dos ossos curtos e o aumento em espessura dos ossos longos (JUNQUEIRA; CARNEIRO, 2004). E a ossificação endocondral inicia sobre um molde de cartilagem hialina, que é gradualmente destruído e substituído por tecido ósseo. A cartilagem não é completamente substituída até que o osso tenha seu crescimento finalizado. Este processo é responsável pelo crescimento em comprimento e aumento do esqueleto durante o crescimento (PIZAURO JÚNIOR, 2002).

O crescimento ósseo se dá a partir de estruturas planas de cartilagem, constituídas por osteoblastos, que secretam e sintetizam os osteoides, que dão origem à matriz não mineralizada, onde ocorre a absorção dos íons de cálcio e fosfato para posterior mineralização (ROSE, 1997). A formação e mineralização do osso é um processo

complexo, regulado por hormônios, fatores de crescimento locais e sistêmicos (MOREKI, 2005).

### *1.9 Integridade Intestinal*

O bom desempenho das aves de postura é dependente da ingestão de dietas devidamente balanceadas em nutrientes e que estas sejam devidamente processadas, ou seja, digeridas e os nutrientes absorvidos. Assim, a mucosa intestinal deve apresentar características morfofisiológicas adequadas, uma vez que o processo de absorção dos nutrientes é dependente de mecanismos de transporte que ocorrem na membrana das células epiteliais da mucosa (MAIORKA et al., 2004).

O intestino delgado é a parte mais longa do sistema digestório e é subdividido em três partes: duodeno, jejuno e íleo, sendo o responsável pela digestão final e absorção dos nutrientes nas aves. A ligação das glândulas anexas ao duodeno possibilita a ocorrência das principais etapas da digestão química e da absorção dos nutrientes da dieta (BOLELI, MAIORKA; MACARI, 2002). A mucosa intestinal apresenta estruturas microscópicas denominadas vilosidades ou vilos, que proporcionam um aumento na superfície interna do órgão, ou seja, aumento na área de digestão e absorção intestinal. As vilosidades são mais longas no duodeno que jejuno e íleo (ITO et al., 2004). Os vilos são revestidos por epitélio simples, constituído por três tipos celulares: células caliciformes, os enterócitos e as células enteroendócrinas, que respondem, em geral, pela defesa, digestão e absorção, e pela regulação desses processos e pela proliferação e diferenciação desses mesmos tipos celulares, respectivamente (BOLELI, MAIORKA; MACARI, 2002).

As células caliciformes são especializadas em secretar uma mistura de glicoproteínas denominadas mucinas, formando muco gastrointestinal. O muco cobre e lubrifica a mucosa do trato gastrointestinal, nele encontram-se integradas a microbiota intestinal natural e imunoglobulinas, e ainda atua como barreira física dificultando ou prevenindo a fixação de microrganismos patogênicos (BOLELI, MAIORKA; MACARI, 2002). Os enterócitos são células que respondem pela absorção do alimento. Essas células apresentam um processo de maturação que ocorre durante o processo de migração da cripta (base) para o ápice do vilos, dependendo da síntese de proteínas estruturais codificadas pelo genoma das células intestinais (MAIORKA et al., 2004). As células enteroendócrinas são produtoras de hormônios peptídicos (gastrina, secretina e

colecistoquinina) substâncias essas que participam na regulação da digestão, absorção e utilização dos nutrientes (BOLELI, MAIORKA; MACARI, 2002).

O processo de renovação e perda de células dos vilos na mucosa intestinal é constante e o equilíbrio desse processo de renovação celular no epitélio da mucosa intestinal, denominado de turnover, é responsável pela manutenção do tamanho e densidade das vilosidades e, conseqüentemente, da manutenção da capacidade digestiva e absorção intestinal (MAIORKA et al., 2002). Para a homeostase intestinal alguns nutrientes são essenciais, os quais estimulam o desenvolvimento da mucosa intestinal e são chamados agentes tróficos. Segundo Boaro (2009), esses compostos aceleram o processo de mitose que ocorre na região cripta-vilo, provocando, assim, o aumento no número de enterócitos, que é a camada celular responsável pela absorção dos nutrientes.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

AMMERMAN, C. B.; BAKER, D. H.; LEWIS, A.J. **Methods for estimation of mineral bioavailability**. In: Academic Press. San Diego. CA. 1995. p. 83-94.

\_\_\_\_\_; HENRY, P. R.; MILES, R. D. Supplemental organically bound mineral compounds in livestock nutrition. In: GAMSWORTHY, P. C.; WISEMAN, J. (Eds.) **Recent advances in animal nutrition**. Nottingham: University Press; 1998. p. 67-91.

ARAUJO, J. A.; SILVA, J. H. V.; AMANCIO, A.L.L.; LIMA, C.B.; OLIVEIRA, E.R.A. Fontes de minerais para poedeiras. **Acta Veterinaria Brasilica**. v.2. n.3. p.53-60. 2008.

BERTECHINI, A. G. Mitos e verdades sobre o ovo e consumo. In: CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS, 2003, Santos. **Anais...** Campinas: FACTA, 2003. p.19–26.

\_\_\_\_\_. **Nutrição de monogástricos**. v.2. p. 209-212.239-254. 2013.

\_\_\_\_\_. Exigências de minerais para aves. In: SAKOMURA, N.K. et al. **Nutrição de Não-ruminantes**. Jaboticabal: FUNEP. p. 375-388. 2014.

BOARO, M. **Morfofisiologia do trato intestinal. Conferência Facta de Ciência e Tecnologia Avícolas**; 2009; Porto Alegre, Brasil. Porto Alegre: FACTA; 2009. p.121-139.

BOLELI, I.C.; MAIORKA, A.; MACARI, M. Estrutura funcional do trato digestório. In: Macari M, Furlan RL, Gonzales E, editores. **Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte**. 2ª ed. Jaboticabal: FUNEP/UNESP; 2002. p.75-95.

CLYDESDALE, F. M. Mineral interactions in foods. In: BODWELL, C. E.; ERDMAN, J. W. Jr. **Nutrients Interactions**. New York: Marcel Dekker, 1998. p. 257-268.

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.

GARCIA FAITARONE, A.B.; GARCIA, E.A.; ARTONI, S.M.B.; GAVIOLI, S.; SILVA, M.D.S.; GOLÇALVES, H.C.; PELÍCIA, K. Qualidade óssea de poedeiras comerciais leves alimentadas com rações suplementadas com diferentes óleos vegetais. **Veterinária e Zootecnia**, São Paulo, v.19, n 3, p. 356 – 365, 2012.

HOWELL, J. M.; GOONERATNE, S. R. The pathology of copper toxicity in animals. **Copper in animals and man**. CRC Press, v. 2, p. 53-78, 1987.

ITO, N.M.K.; MIYAGI, C.I.; LIMA, A.E.; OKABAYASHI, S. Saúde gastrointestinal, manejo e medidas para controlar as enfermidades gástricas. In: Mendes AA, Naas IA, Macari M, editores. **Produção de frangos de corte**. Campinas: Facta; 2004. p.205-260.

JUNQUEIRA, L.C.; CARNEIRO, J. **Histologia Básica**. Ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004.

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

LEACH, JR. R.; MONSONEGO-ORNANT. E. Tibial Dyschondroplasia 40 years later. **Poultry Science**. v. 86. p.2053/2058. 2007.

LEESON, S.; SUMMERS, J.D. **Commercial Poultry Nutrition**. 2.ed. Guelph, Ontario: University Books, 1997. 335p.

\_\_\_\_\_. **Nutrition of the chicken**. 4.ed. Guelph, Ontario: University Books. 2001. 591p.

MABE, I. et al. 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, p. 1903–1913, 2003.

MAIORKA, A.; MACARI. M. Equilíbrio ácido-básico. In: MACARI. M.; FURLAN. R.L.; GONZALES. E. (Ed.) **Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte**. 2.ed. Jaboticabal: FUNEP. p.167-173. 2002.

\_\_\_\_\_; BOLELI, I.C.; MACARI, M. Desenvolvimento e reparo da mucosa intestinal. In: Macari M, Furlan RL, Gonzales E, editores. **Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte**. 2a ed. Jaboticabal: FUNEP/UNESP; 2002. p.113-123.

\_\_\_\_\_; SANTIN, A.M.E.; BORGES, S.A.; OPALINSKI, M.; SILVA, A.V.F. Emprego de uma mistura de ácido fumárico, láctico, cítrico e ascórbico em dietas iniciais de frangos de corte. *Arch. Vet. Sci.* 2004; 9 (1): 31-37. ISSN: 1517-784X.

MAZZUCO, H. **Integridade Óssea em Poedeiras Comerciais: Influência de Dietas Enriquecidas com Ácidos Graxos Poliinsaturados e Tipo de Muda Induzida**. Concórdia: EMBRAPA, CNPSA, 2006, 12 p.

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

\_\_\_\_\_. **Minerais para ruminantes sob pastejo em regiões tropicais, enfatizando o Brasil**. 3. ed. Gainesville: University Press, 1999. 292 p.

MOREKI, J.C. **The influence of calcium intake by broilers breeders on bone development and egg characteristics**. 2005. 217 f. Tese (Doutorado em ciências naturais e agricultura) – Departamento de Ciência animal, vida selvagem e pradarias. University of the State. Bloenfontein, República da África do Sul. 2005.

ORTOLANI, E. L. Macro e microelementos. In: SPINOSA, H. S.; GÓRNIK, S. L.; BERNARDI, M. M. **Farmacologia aplicada à medicina veterinária**. 3. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2002. P. 641-651.

PALERMO-NETO, J.; et al. **Farmacologia aplicada à avicultura**. 1. ed. São Paulo: Roca. 2005

PARK, S.Y.; BIRKHOLD, S.G.; KUBENA, L.F. et al. Review on the role of dietary zinc in poultry nutrition. immunity. and reproduction. **Biological Trace Element Research**. v.102. n.2. p.147-163. 2004.

PIZAURO JÚNIOR, J.M. Estrutura e função do tecido ósseo. In: MACARI, M.; FURLAN, R.L.; GONZALES, E. **Fisiologia Aviária Aplicada a Frango de Corte**. Capítulo 19, p. 247 – 262 e Capítulo 20 – Hormônios e regulação do metabolismo do tecido ósseo p. 267 – 278. Jaboticabal, SP. 2002.

RATH, N.; HUFF, W, E.; BALOG, J.M. Factors regulating bone maturit and strength in oultry. **Poultry Science**, Estados Unidos,v. 79, p. 10241032, 2000.

RIBEIRO, A.M.L.; VOGT, L.K.; CANAL, C.W.; LAGANA, C.; STRECK, A.F. Suplementação de vitaminas e minerais orgânicos e sua ação sobre a imunocompetência de frangos de corte submetidos a estresse por calor. **Revista Brasileira de Zootecnia**. [online]. 2008. vol.37. n.4. pp. 636-644.

ROSE, S.P. **Principles of Poultry Science**. ed. CAB Internacional, Wallingford, Reino Unido. 1997. p. 33 – 35.

RUTZ, F.; et al. 2007. **Efeito de minerais orgânicos sobre o metabolismo e desempenho de aves**.

SA, L. M. et al. Exigência nutricional de cálcio para frangos de corte, nas fases de crescimento e terminação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 33, p. 397-406, 2004.UNDERWOOD, E. **The mineral nutrition of livestock**. London: Academic Press. 1981. p.15.

SCOTT, M. L.; NESHEIM, M. C.; YOUNG, R. G. **Nutrition of the chicken**. 3rd ed. Ithaca: ML Scott and Associates, 1982. 562 p.

SILVA JÚNIOR, S. S. **Diagnóstico e Determinação de Cobre e seus antagonistas em Caprinos e Ovinos criados no Território do Sertão do São Francisco em Pernambuco**. 26 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) - Universidade Federal do Vale do São Francisco, Campus de Ciências Agrárias, PE, 2013.

SIMÕES, A. F. **Influência da atividade física no tratamento da osteoporose**. 2012. Disponível em: <<http://www.cdof.com.br/fisio5.htm>>. Acesso em: Maio de 2018.

SOUSA, J. C. Aspectos da suplementação mineral de bovinos de corte. **Circular técnica - EMBRAPA**, n. 5, p. 50, 1981.

TOKARNIA, C. H.; DÖBEREINER, J.; MORAES, S. S.; PEIXOTO, P. V. Deficiências e desequilíbrios minerais em bovinos e ovinos- revisão dos estudos realizados no Brasil de 1987 a 1998. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 19, n. 2, p. 47-62, 1999.

TORRES, A. P. **Alimentação das Aves**. São Paulo: Edições Melhoramentos, 1969. 259 p.

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

VICENZI, E. Fadiga de gaiola e qualidade da casca do ovo: aspectos nutricionais. In: SIMPÓSIO TÉCNICO DE PRODUÇÃO DE OVOS, 6, 1996, São Paulo. **Anais...** São Paulo: APA, 1996. p. 77-91.

**CAPÍTULO II**  
**SUPLEMENTAÇÃO DE COMPLEXO METAL-AMINOÁCIDO EM DIETAS  
DE FRANGAS DE REPOSIÇÃO**

## METABOLISMO E NUTRIÇÃO

### RESUMO

O presente estudo foi conduzido com o objetivo de avaliar o efeito da suplementação parcial dos microminerais zinco, manganês e cobre na forma de complexo metal-aminoácido na alimentação de frangas de reposição, sobre os parâmetros de desempenho, desenvolvimento dos órgãos do sistema linfático, hepático, digestivo e características ósseas. Foram utilizadas 1120 pintainhas da linhagem Lohmann Brown Lite, no período de 35 a 98 dias de idade. As aves foram alojadas em gaiolas e distribuídas em delineamento inteiramente casualizado, consistindo de dois tratamentos, 20 repetições e 28 aves por unidade experimental. Os tratamentos consistiram de uma dieta suplementada com 70, 70 e 8 mg/kg de zinco, manganês e cobre, respectivamente, provenientes de fontes inorgânicas e uma dieta com 40, 40 e 2,75 mg/kg de zinco, manganês e cobre, respectivamente, a partir de fontes inorgânicas mais 30, 30 e 5,25 mg/kg de Zinco, Manganês e Cobre, respectivamente, provenientes de fontes orgânicas. A água foi fornecida à vontade e a ração ajustada de acordo com o manual da linhagem. O período experimental compreendeu nove semanas, da 6ª a 14ª semana de vida. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias, comparadas pelo teste t de Student ( $P < 0,05$ ), pelo programa SAS. A suplementação de zinco, cobre e manganês na forma de complexo metal-aminoácido não influenciou o desempenho (ganho de peso, consumo de ração, conversão alimentar e uniformidade) e características ósseas (peso e comprimento das tíbias, resistência óssea e índice de Seedor) das frangas de reposição aos 98 dias de idade. No entanto, maiores concentrações de cálcio e fósforo foram encontradas nas tíbias das aves alimentadas com a dieta-teste, com minerais complexados à aminoácidos. Não foram observadas diferenças significativas no peso do pâncreas e comprimento do intestino grosso. No entanto, o peso dos intestinos delgado e grosso e o comprimento do intestino delgado foram superiores para as aves que consumiram a dieta suplementada com complexo metal-aminoácido, sugerindo melhor desenvolvimento do trato gastrointestinal, maior área de absorção de nutrientes e integridade intestinal. Desta forma, conclui-se que a suplementação mineral na forma de complexo metal-aminoácido beneficiou o desenvolvimento do trato gastrointestinal, assim como a deposição de cálcio e fósforo nos ossos das frangas de reposição.

**Palavras-chave:** Biodisponibilidade. Características ósseas. Composição mineral. Microminerais complexados. Metal-aminoácido. Recria.

## METABOLISM AND NUTRITION

### ABSTRACT

This study has the objective of evaluating the effect of partial supplementation of zinc, manganese and copper microminerals in the form of a metal-amino acid complex in the feeding of replacement pullets, on performance parameters, development of organs of the lymphatic system, hepatic, digestive and bone characteristics. 1120 chickens of the Lohmann Brown Lite strain were used in the 35-98 days of age. The birds were housed in cages and distributed in a completely randomized design, consisting of two treatments, 20 replicates, and 28 birds per experimental unit. The treatments consisted of a diet supplemented with 70, 70 and 8 mg / kg of zinc, manganese and copper respectively from inorganic sources and a diet of 40, 40 and 2.75 mg / kg of zinc, manganese and copper, respectively, from inorganic sources plus 30, 30 and 5.25 mg / kg of zinc, manganese and copper, respectively, from organic sources. The water was supplied at will and the feed adjusted according to the lineage manual. The experimental period comprised nine weeks, from the 6th to the 14th week of life. The data were submitted to analysis of variance and the means, compared by the Student t test ( $P < 0.05$ ) by the SAS program. The supplementation of zinc, copper and manganese in the form of metal-amino acid complex did not influence the performance (weight gain, feed intake, feed conversion and uniformity) and bone characteristics (tibial weight and length, bone resistance and Seedor index) of replacement pullets at 98 days of age. However, higher concentrations of calcium and phosphorus were found in the tibia of birds fed the test diet, with minerals complexed to amino acids. No significant differences were observed in the weight of the pancreas and length of the large intestine. However, the weight of the small and large intestines and the length of the small intestine were higher for the birds that consumed the diet supplemented with metal-amino acid complex, suggesting a better development of the gastrointestinal tract, greater area of nutrient absorption and intestinal integrity. Thus, it was concluded that mineral supplementation in the form of a metal-amino acid complex benefited the development of the gastrointestinal tract, as well as the deposition of calcium and phosphorus in the bones of the replacement pullets.

**Key Words:** Bioavailability. Bone characteristics. Complexed microminerals. Mineral composition. Metal-amino acid. Rearing.

## INTRODUÇÃO

Atualmente, as galinhas de postura atingem a maturidade sexual e o período de postura precocemente em função da evolução genética, de forma que é necessária uma adequação nutricional que atenda às necessidades fisiológicas dessas aves, garantindo-lhes um bom desenvolvimento. Segundo Sechinato (2006), para um bom desenvolvimento corporal é necessário que o animal receba quantidades adequadas de nutrientes, incluindo vitaminas, aminoácidos e minerais, que são considerados de grande importância para as aves, por participarem de diversos processos metabólicos. Dentre os minerais, destacam-se o zinco, o manganês e o cobre, devido à sua participação numa ampla variedade de processos fisiológicos, além de atuarem como cofatores essenciais para enzimas celulares, estando diretamente associados ao crescimento e desenvolvimento do tecido ósseo.

O zinco está distribuído em todos os tecidos orgânicos, porém, 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). Possui, também, papel importante na reparação tecidual e cicatrização, na síntese de proteínas e digestão (MURRAY et al., 2013). O zinco participa de diversos processos enzimáticos, relacionado à síntese de DNA e de proteínas ligadas ao sistema imune e à mineralização óssea (CHENG et al., 1998). Segundo Leach (2007), o manganês está envolvido na síntese da matriz orgânica da cartilagem epifiseal, além de participar na formação do tecido ósseo em especial na síntese de mucopolissacarídeos e glicoproteínas (SISKE et al. 2000). O cobre é um ativador enzimático e está envolvido no transporte e transferência do oxigênio, participa do metabolismo de aminoácidos e tecido conectivo (ARAUJO et al., 2008), assim como na síntese de colágeno e formação do tecido ósseo (SCHEIDELER, 2008).

Segundo Miles et al. (2000), os microminerais, quando estão complexados a moléculas orgânicas, apresentam maior estabilidade, não havendo a necessidade de serem solubilizados ou ligados a carreadores de membrana, conferindo-lhes melhor biodisponibilidade e absorção. Estudos avaliando a eficiência da inclusão de microminerais complexados a moléculas orgânicas na alimentação de suínos, frangos de corte e galinhas poedeiras são cada vez mais frequentes. No entanto, pouco se sabe sobre a influência da suplementação dos microminerais na forma de complexo metal-aminoácido para aves de postura na fase de recria. Nesse contexto, esta pesquisa foi



idealizada e desenvolvida com o objetivo de avaliar o efeito da suplementação de zinco, manganês e cobre complexados a aminoácidos sobre o desempenho e desenvolvimento de frangas de reposição.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

O protocolo para a realização deste estudo foi autorizado pela Comissão de Ética no uso de animais – CEUA – da Universidade Federal Rural de Pernambuco sob o número da licença 064/2016.

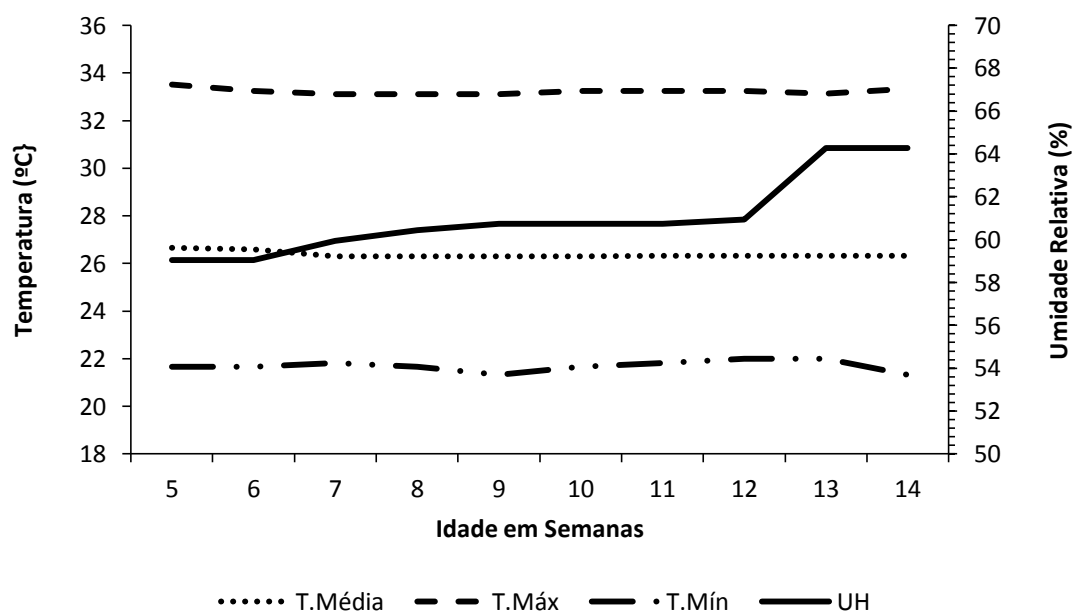
O experimento foi conduzido em granja comercial, localizada na zona rural de Caruaru, mesorregião do Agreste Pernambucano. O clima é considerado semiárido, caracterizado por verões quentes e secos, e invernos amenos e chuvosos. As análises laboratoriais foram realizadas nos laboratórios de Nutrição Animal (Departamento de Zootecnia), de Patologia Clínica (Departamento de Medicina Veterinária), no Centro de apoio à Pesquisa (CENAPESQ) e no Centro de Tecnologias Estratégicas do Nordeste (CETENE).

### ***Animais, instalações e manejo***

As aves foram provenientes da primeira etapa do estudo, com 35 dias de idade, compreendida pela fase de cria, na qual receberam as mesmas dietas experimentais: controle, com a suplementação mineral na forma inorgânica, e dieta-teste, com inclusão de mineral na forma de complexo metal-aminoácido. Para a pesquisa utilizou-se 1120 frangas de reposição, da linhagem Lohmann Brow-Lite, com 36 dias de vida e peso médio de  $285,70 \pm 1,00\text{g}$ , que foram distribuídas em 40 gaiolas equipadas com comedouro tipo calha e bebedouro tipo taça, em delineamento inteiramente casualizado, sendo dois tratamentos, com 20 repetições e 28 aves por unidade experimental.

O período total do experimento de campo foi de 9 semanas. Durante este período, o fornecimento de água para os animais foi *ad libitum*, enquanto o de ração era ajustado semanalmente, conforme recomendação do manual da linhagem. As aves foram vacinadas contra os principais desafios da região e com 11 semanas foi feito o repasse da debicagem tradicional. Esta prática de manejo tem como objetivo melhorar o desempenho produtivo, além de prevenir o canibalismo e a quebra de ovos na fase de postura.

A temperatura e a umidade relativa do ar foram registradas através de datalogger (HOBO U12-012), instalado no centro do galpão. A temperatura média registrada durante o período experimental foi de 27°C e umidade relativa média de 62% (Figura 1), dentro do aviário.



**Figura 1:** Variação média, máxima e mínima da temperatura (T, °C) e Umidade relativa do ar (UH, %), durante o período experimental

### *Tratamentos e dietas experimentais*

Os tratamentos foram compostos por uma dieta-controle, suplementação mineral inorgânica e uma dieta-teste, contendo: zinco, manganês e cobre, na forma de complexo orgânico. Para elaboração dos premixes experimentais foram utilizadas como fontes inorgânicas: o óxido de zinco monohidratado (73% Zn), o óxido de manganês monohidratado (60% Mn) e o sulfato de cobre pentahidratado (25% Cu) e, como fontes orgânicas, o produto Availa ZMC (Zinpro Performance Minerals®), que contém esses minerais complexados na forma de metal-aminoácido, conforme demonstrado na Tabela 1. Foram formulados dois premixes minerais, o controle e o reduzido; o primeiro foi composto por minerais inorgânicos, atendendo os níveis utilizados na indústria avícola brasileira, e o segundo com os níveis de zinco, manganês e cobre inorgânicos reduzidos, para a inclusão do Availa ZMC (Tabela 1).

**Tabela 1.** Composição mineral dos premixes inorgânicos e produto comercial utilizados nas dietas experimentais

<b>Microminerais</b>	<b>Fonte Mineral</b>	<b>Inorgânico</b>	<b>Reduzido</b>	<b>Availa ZMC</b> (mg/kg de ração)
<b>Zinco</b>	<b>Óxido de zinco</b>	70	40	30
<b>Manganês</b>	<b>Óxido de manganês</b>	70	40	30
<b>Cobre</b>	<b>Sulfato de cobre</b>	8	2,75	5,75
<b>Ferro</b>	<b>Sulfato de ferro</b>	50	50	0
<b>Iodo</b>	<b>Iodato de cálcio</b>	1	1	0
<b>Selênio</b>	<b>Selenito de sódio</b>	0,25	0,25	0

A suplementação por quilo de premix mineral encontra-se descrita na Tabela 2. As rações experimentais foram formuladas de acordo com as exigências nutricionais da linhagem e balanceadas de acordo com a composição química e valores energéticos dos alimentos (Tabela 3), levando em consideração a idade e condição fisiológica da ave através das pesagens para adequação nutricional. As dietas utilizadas foram isonutritivas, variando apenas as fontes de minerais utilizadas e formuladas para atender as exigências das aves na fase de recria, de acordo com o manual da linhagem.

**Tabela 2.** Suplementação por quilo de premix mineral inorgânico

<b>Micromineral</b>	<b>Fonte Mineral Inorgânico</b>	<b>Premix MI (g)</b>	<b>Premix CMA (g)</b>
<b>Zinco</b>	<b>Óxido de zinco<sup>1</sup></b>	95,89	54,79
<b>Manganês</b>	<b>Óxido de manganês<sup>2</sup></b>	116,67	66,67
<b>Cobre</b>	<b>Sulfato de cobre<sup>3</sup></b>	32,00	11,00
<b>Ferro</b>	<b>Sulfato de ferro<sup>4</sup></b>	166,67	166,67
<b>Iodo</b>	<b>Iodato de cálcio</b>	1,61	1,61
<b>Selênio</b>	<b>Selenito de sódio</b>	0,56	0,56
<b>Inerte</b>	<b>Caulim</b>	586,60	698,70
<b>Total</b>		1000,00	1000,00

MI: minerais inorgânicos; CMA: complexo metal-aminoácido; <sup>1</sup>Níveis de garantia por quilo do produto: 799 g/kg (Mín.); <sup>2</sup>Óxido de manganês 60-62% MnO, Níveis de garantia por quilo do produto: 600 g/kg (Mín.); <sup>3</sup>CuSO<sub>4</sub>.5H<sub>2</sub>O, Níveis de garantia por quilo do produto: 250 g/Cu; <sup>4</sup>Sulfato Ferroso Mono, FeSO<sub>4</sub>H<sub>2</sub>O, Níveis de garantia por quilo do produto: 300 g/kg (Mín.).

**Tabela 3.** Composição das dietas experimentais na fase de recria

Ingredientes, %	Inicial (6 sems)		Cresc I (7-10 sems)		Cresc II (11-13 sems)	
	MI	CMA	MI	CMA	MI	CMA
Milho	63,46	63,46	66,61	66,61	68,02	68,02
Farelo de soja	30,30	30,30	29,60	29,60	28,30	28,30
Óleo de Soja	0,19	0,19	0,00	0,00	0,00	0,00
Sal	0,29	0,29	0,34	0,34	0,34	0,34
Calcário	1,25	1,25	1,21	1,21	1,21	1,21
Fosfato bicálcico 18,5%	1,43	1,43	1,45	1,45	1,35	1,35
Premix vitamínico <sup>1</sup>	0,12	0,12	0,10	0,10	0,10	0,10
Premix mineral controle	0,10	0,00	0,10	0,00	0,10	0,00
Premix mineral teste	0,00	0,10	0,00	0,10	0,00	0,10
Galipro/calsporing bsg <sup>3</sup>	0,04	0,04	0,05	0,05	0,05	0,05
Betafix/ biobond <sup>4</sup>	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
Bicarbonato de sódio	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
Dl-metionina 99%	0,15	0,15	0,07	0,07	0,06	0,06
Premix mineral	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Phytase	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Caulin	2,20	2,20	0,10	0,10	0,10	0,10
<b>Total</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>
<b>Composição Química</b>						
Energia Met., kcal/kg	2.850	2.850	2.900	2.900	2.800	2.800
Proteína bruta	18,80	18,80	18,50	18,50	18,00	18,00
Extrato etéreo	2,960	2,960	2,905	2,905	2,936	2,936
Fibra bruta	2,917	2,917	2,928	2,928	2,873	2,873
Matéria mineral	5,743	5,743	5,747	5,747	5,586	5,586
Cálcio	1,020	1,020	1,030	1,030	1,000	1,000
Fósforo disponível	0,460	0,460	0,470	0,470	0,450	0,450
Sódio	0,190	0,190	0,200	0,200	0,200	0,200
Lisina digestível	0,913	0,913	0,890	0,890	0,859	0,859
Metionina digestível	0,412	0,412	0,335	0,335	0,321	0,321
Met. + cist. Digestível	0,666	0,666	0,590	0,590	0,570	0,570
Treonina digestível	0,638	0,638	0,629	0,629	0,612	0,612
Triptofano digestível	0,208	0,208	0,204	0,204	0,197	0,197
Arginina digestível	1,797	1,797	1,155	1,155	1,117	1,117
Isoleucina digestível	0,794	0,794	0,783	0,783	0,763	0,763
Valina digestível	0,799	0,799	0,788	0,788	0,766	0,766
Colina (mg/kg)	1.241	1.241	1.239	1.239	1.211	1.211

MI: minerais inorgânicos; CMA: complexo metal-aminoácido; <sup>1</sup>Premix vitamínico fornece por kg de dieta: Vitamina A (mín): 8.000.000 UI/kg, Vitamina D3 (mín): 2.500.000 UI/kg, Vitamina E (mín): 6.000 UI/kg, Vitamina K3 (mín): 1.000 mg/kg, Vitamina B1 (mín): 1.000 mg/kg, Vitamina B2 (mín): 4.500 mg/kg, Vitamina B6 <sup>2</sup>(AvailaZMC mín): 2.000 mg/kg, Vitamina B12 (mín) 12.000 mcg/kg, Niacina (mín): 15 g/kg, Pantotenato de Cálcio (mín): 6.000 mg/kg, Ácido Fólico (mín): 400 mg/kg, Biotina (mín): 25 mg/kg. <sup>3</sup>Calsporin® BSG fornece por kg de dieta: Bacillus subtilis: 1x10<sup>10</sup> ufc/g. <sup>4</sup>Biobond fornece por kg de dieta: Aluminossilicatos hidratados de sódio e cálcio: 1000 g/kg.

No final do período experimental, 80 animais foram abatidos, sendo duas aves por unidade experimental de cada tratamento para a coleta de tecidos. As aves foram selecionadas adotando o critério do peso médio da parcela. O abate foi realizado por meio de deslocamento cervical de acordo com as normas de bem-estar animal. Foram coletados os órgãos do sistema linfático e hepático (fígado, pâncreas, timo, baço e bursa de Fabricius), do sistema digestivo (intestino delgado e grosso) e as tíbias direita e esquerda. Os órgãos e ossos foram pesados, individualmente, em balança eletrônica digital semi-analítica com precisão de 0,01g (Bel, modelo L 3102iH). Os intestinos delgado e grosso (ceco) foram medidos, utilizando-se uma fita métrica de 150 cm, e as tíbias foram mensuradas através de um paquímetro digital.

### **Variáveis de desempenho analisadas**

O ganho de peso (g), o consumo de ração (g), a conversão alimentar (g/g) e a uniformidade (%) foram avaliados semanalmente e período total. O cálculo de ganho de peso se deu pela diferença dos pesos corporais, de uma semana para a outra, assim como a contabilização do consumo de ração e conversão alimentar foi realizada semanalmente, em que o consumo de ração foi determinado pela diferença do fornecido e a quantificação das sobras nos comedouros. A conversão alimentar foi determinada, dividindo-se o consumo de ração pelo ganho de peso. A uniformidade foi determinada pelo número de aves que se encontravam na faixa de peso. Admitiu-se 10% do peso médio.

### **Resistência óssea e índice de Seedor**

As tíbias foram coletadas após procedimento de eutanásia de 80 aves, sendo duas aves por unidade experimental de cada tratamento. A tíbia direita das duas aves de cada parcela foi destinada à composição mineral, enquanto que a tíbia esquerda da primeira ave, destinada à histologia, e a da segunda ave, destinada à análise de resistência óssea.

Após coleta, as tíbias esquerdas da segunda ave foram devidamente identificadas, armazenadas em embalagens plásticas e congeladas. Para avaliação da resistência óssea, as tíbias foram descongeladas e desossadas, fazendo-se a limpeza dos tecidos aderentes, sem provocar injúrias à estrutura óssea. Posteriormente à secagem foram mensuradas as medidas de comprimento com auxílio de um paquímetro digital (capacidade de 0 a 150 mm e precisão de 0,01 mm) e peso das tíbias em balança semi-analítica ( $\pm 0,01g$ ), a fim

de fornecer uma estimativa da densidade óssea (quantidade de minerais por unidade de área ou volume), por meio da relação peso (mg) e comprimento (mm) do osso, segundo Seedor (1993). A resistência óssea foi determinada pelo aparelho Instron Corporation IX Automated Materials Testing System, o qual exerce um teste de flexão à quebra do osso, medida no mesmo ponto de quebra.

### **Pâncreas e intestinos**

Após coleta, o pâncreas e os intestinos foram pesados individualmente em balança semi-analítica ( $\pm 0,01g$ ), posteriormente, os intestinos foram mensurados com auxílio de uma fita métrica de 150 cm.

### **Composição mineral**

A quantificação de minerais no fígado e tibia se deu, conforme adaptação do protocolo definido por Santos et al. (2004), em que 2g de cada amostra foram previamente diluídos em 6 ml de  $HNO_3$  e, em seguida, digerido em forno micro-ondas modelo MarsXpress – CEM Technology. As amostras de fígado e tibia digeridas foram novamente diluídas em água deionizada, 50 e 75 ml, respectivamente e filtradas em papel filtro quantitativo faixa azul para quantificação dos macro e microminerais: cálcio, fósforo, zinco, manganês e cobre. A quantificação, propriamente dita, foi feita por espectrofotometria de absorção atômica de chama (FAAS), por intermédio do aparelho Optima 7000 DV (Optical Emission Spectrometer).

### **Análise estatística**

Os dados foram analisados pelo programa Statistical Analysis System versão 3.1 (SAS, 2009) e submetidos à análise de variância, e as médias foram comparadas pelo teste t de Student com probabilidade de  $P < 0,05$  de significância. Os dados que não se adequavam foram submetidos à transformação boxcox, de acordo com o seguinte modelo matemático:  $Y_{ij} = \mu + \alpha_i + e_{ij}$ , em que:

$Y_{ij}$  – É a resposta na unidade de observação j no grupo de tratamento i;

$\mu$  – É a média global esperado a partir da variável de resposta;

$\alpha_i$  – É o efeito diferencial atribuível ao i tratamento;

$e_{ij}$  – É o erro aleatório associado a unidade experimental j no tratamento Grupo.

## RESULTADOS

Como pode ser observado na Tabela 4, não houve efeito dos tratamentos experimentais sobre as variáveis de desempenho avaliadas e na uniformidade.

**Tabela 4.** Desempenho de frangas de reposição suplementadas com diferentes fontes de Zn, Cu e Mn aos 98 dias de idade

Tratamentos	Ganho de Peso (g)	Consumo de Ração (g)	Conversão Alimentar (g/g)	Uniformidade (%)
MI <sup>1</sup>	726,26	2675,50	3,644	71,32
CMAA <sup>2</sup>	737,98	2697,97	3,615	74,05
Médias	732,12	2686,44	3,629	72,68
P_valor	0,206	0,514	0,547	0,299
CV %	3,941	3,931	4,022	11,299
EPM	4,599	6,911	0,024	1,299

MI<sup>1</sup> – Mineral inorgânico; CMAA<sup>2</sup> – Complexo metal-aminoácido; P\_valor - probabilidade; CV – coeficiente de variação; EPM – Erro padrão da média

O peso relativo do intestino e o comprimento relativo foram maiores para as frangas alimentadas com dietas contendo zinco, cobre e manganês na forma de complexo metal-aminoácido (Tabela 5).

**Tabela 5.** Peso e rendimento dos órgãos do sistema digestivo de frangas de reposição suplementadas com diferentes fontes de Zn, Cu e Mn aos 98 dias de idade

Tratamentos	Pâncreas		Intestino		Intest. Delgado		Intest. Grosso	
	(g)	(%)	(g)	(%)	(cm)	(%)	(cm)	(%)
MI <sup>1</sup>	2,61	0,25	55,33	<b>5,29<sup>b</sup></b>	139,58	<b>13,36<sup>b</sup></b>	17,41	1,67
CMAA <sup>2</sup>	2,70	0,27	57,28	<b>5,57<sup>a</sup></b>	142,93	<b>13,92<sup>a</sup></b>	17,18	1,65
Médias	2,66	0,26	56,29	5,43	141,26	13,64	17,29	1,66
P_valor	0,293	0,158	0,076	<b>0,014</b>	0,095	<b>0,014</b>	0,433	0,576
CV%	13,77	16,901	14,663	9,131	6,178	7,25	7,664	9,075
EPM	0,042	0,005	0,595	0,057	1,001	0,115	0,149	0,017

MI<sup>1</sup> – Mineral inorgânico; CMAA<sup>2</sup> – Complexo metal-aminoácido; P\_valor - probabilidade; CV – coeficiente de variação; EPM – Erro padrão da média. Letras distintas, diferem na coluna pelo teste t de Student a 5%.

Os resultados das características ósseas estudadas estão apresentados nas Tabelas 6 e 7. Nenhuma diferença significativa foi observada em relação ao peso, tamanho e resistência das tíbias, bem como o índice de Seedor.

**Tabela 6.** Características ósseas da tíbia de frangas de reposição suplementadas com diferentes fontes de Zn, Cu e aos 98 dias de idade

Tratamentos	Peso (g)	Comprimento (cm)	Resistência Óssea (kgf/cm <sup>2</sup> )	Índice de Seedor (mg/mm)
MI <sup>1</sup>	9,06	109,49	19,608	82,71
CMAA <sup>2</sup>	9,22	109,74	19,255	84,05
Médias	9,14	109,62	19,43	83,38
P_valor	0,363	0,818	0,739	0,379
CV%	6,327	3,075	17,166	5,719
EPM	0,091	0,527	0,521	0,752

MI<sup>1</sup> – Mineral inorgânico; CMAA<sup>2</sup> Complexo metal-aminoácido; P\_valor - probabilidade; CV – coeficiente de variação; EPM – Erro padrão da média

A avaliação do conteúdo de cálcio e fósforo revelou que as fontes de microminerais interferiram na composição da tíbia das aves. De acordo com os resultados demonstrados (Tabela 7) houve maior deposição de cálcio e fósforo nos ossos das aves que receberam a dieta com inclusão de minerais amino-complexados. Quanto aos teores de zinco, manganês e cobre nos ossos, não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos experimentais.

**Tabela 7.** Composição mineral das tíbias de frangas de reposição suplementadas com diferentes fontes de Zn, Cu e Mn aos 98 dias de idade

Tratamentos	Zn	Cu	Mn	Ca	P
	(mg/kg)			(g/kg)	
MI <sup>1</sup>	392,70	85,00	9,10	<b>667,88<sup>b</sup></b>	<b>345,83<sup>b</sup></b>
CMAA <sup>2</sup>	401,20	82,00	8,70	<b>728,91<sup>a</sup></b>	<b>371,04<sup>a</sup></b>
Médias	396,95	83,50	8,90	698,39	358,44
P_valor	0,577	0,512	0,409	<b>0,0001</b>	<b>0,0001</b>
CV%	8,430	12,009	11,882	3,042	3,156
EPM	0,0073	0,0002	0,0002	8,3894	3,7985

MI<sup>1</sup> – Mineral inorgânico; CMAA<sup>2</sup> Complexo metal-aminoácido; P\_valor - probabilidade; CV – coeficiente de variação; EPM – Erro padrão da média <sup>ab</sup>. Letras diferentes diferem na coluna.

A análise de composição mineral no fígado não demonstrou efeito significativo (Tabela 8) entre as fontes de microminerais utilizadas, sugerindo boa metabolização da suplementação mineral na forma de complexo.



**Tabela 8.** Composição mineral do fígado de frangas de reposição suplementadas com diferentes fontes de Zn, Cu e Mn aos 98 dias de idade

Tratamentos	Zn	Cu	Mn	Ca	P
	(mg/kg)				(g/kg)
MI <sup>1</sup>	101,90	19,30	10,50	506,20	12,65
CMAA <sup>2</sup>	100,60	19,10	9,80	525,10	12,18
Médias	101,25	19,20	10,15	515,65	12,42
P_valor	0,803	0,797	0,165	0,312	0,128
CV%	16,582	12,755	15,464	11,310	7,498
EPM	0,0027	0,0004	0,0003	0,0092	0,1537

MI<sup>1</sup> – Mineral inorgânico; CMAA<sup>2</sup> Complexo metal-aminoácido; P\_valor - probabilidade; CV – coeficiente de variação; SEM – Erro padrão da média.

## DISCUSSÃO

Considerando o desempenho animal para avaliar a boa formação e desenvolvimento corporal de frangas de reposição na fase de 6 a 14 semanas, a inclusão de microminerais sob a forma de complexo metal-aminoácido mostrou-se eficiente na manutenção do desempenho e crescimento. Brito et al. (2006), ao avaliarem o efeito da suplementação mineral na forma inorgânica e associada a moléculas orgânicas, verificaram que as fontes dos microminerais não influenciaram o desempenho das aves de postura no período de 7 a 12 semanas de idade, bem como os resultados obtidos 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.

No entanto, diferem dos resultados 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. Tucker & Esteve (2004) relataram melhoria no desempenho de frangos de corte ao substituírem a fonte inorgânica pela fonte sob a forma de complexo orgânico. Ressaltaram a dificuldade em comparar resultados de desempenho das aves de postura na fase de recria, pois são escassos os trabalhos com frangas de reposição, envolvendo microminerais, assim como a grande variedade de produtos existentes no mercado, com características que podem variar, assim como a espécie avícola estudada.

O desenvolvimento animal está diretamente ligado ao fornecimento de uma dieta balanceada que atenda às exigências nutricionais requeridas pelas aves de postura em

todas as fases de vida, assim como a absorção e metabolização desses nutrientes. A absorção, em sua maior parte, ocorre no intestino delgado, de forma que um trato gastrointestinal melhor desenvolvido sugere maior área de absorção. Segundo Kiefer (2005), os microminerais na forma inorgânica são absorvidos em média de 10 a 18% pelas células epiteliais do trato gastrointestinal, enquanto que ligados a uma molécula orgânica essa absorção pode chegar a 90%.

Conforme resultados obtidos nesta pesquisa, na qual foram observados maiores peso e comprimento dos intestinos, infere-se que é possível melhor aproveitamento destes microminerais, bem como melhor eficiência alimentar e integridade intestinal. Estudos com zinco “orgânico” evidenciaram uma redução de *Escherichia coli* no plasma de perus (KIDD et al., 1994). Richards e Dibner (2005) avaliaram a resistência intestinal e a resposta imune de frangos de corte recebendo dietas contendo sulfato de zinco, zinco-metionina ou zinco quelatado com hidroxí-análogo da metionina, comparativamente a um grupo controle que não recebeu zinco. Todas as formas de zinco propiciaram melhora nas condições intestinais, entretanto, o grupo-controle e aquele que recebeu sulfato de zinco não diferiram significativamente.

Já para a resposta imunológica, somente o grupo de aves que receberam zinco quelatado com hidroxí-análogo da metionina responderam imunologicamente ao desafio. Tucker (2008) menciona que frangos de corte que receberam dietas contendo manganês na forma de complexo orgânico apresentaram melhor desempenho que aqueles que receberam este micromineral na forma inorgânica. Desta forma, a suplementação mineral confere melhor resistência intestinal e resposta imunológica em aves.

A matriz óssea é composta por uma porção orgânica, que confere flexibilidade ao osso e uma porção inorgânica, que é responsável pelas propriedades de rigidez e resistência à compressão, cuja composição é dada basicamente por íons de fosfato e cálcio e outros elementos minerais em menores proporções. De acordo com os resultados obtidos nesta pesquisa, Brito et al. (2006), ao avaliarem características ósseas da tíbia de frangas com 12 semanas de idade, não observaram influência das dietas suplementadas com minerais inorgânicos em relação a suplementação na forma “orgânica”. Resultados semelhantes foram obtidos por Nunes et al. (2013) que avaliaram o fornecimento de minerais “orgânicos” para poedeiras e não observaram efeito significativo para resistência óssea. Pacheco (2012) relata não ter obtido efeito

significativo sobre o peso, o comprimento e a largura dos ossos da tíbia de frangos de corte de 1 a 42 dias ao se fornecer zinco e manganês “orgânico” e inorgânico na dieta. Porém, Bao e Choct (2009) observaram maior comprimento da tíbia com o aumento dos níveis de zinco “orgânico” na dieta. Já Ferket et al. (1992) 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 associada a moléculas orgânicas destes minerais quando compararam as duas fontes (sais de zinco e manganês com os quelatos) no mesmo nível de suplementação (80 e 120 ppm).

A quantificação mineral nos ossos é um importante indicativo para avaliação do estado fisiológico e estrutural das aves de postura. O principal local de deposição e reserva mineral no corpo é o tecido ósseo. O cálcio e o fósforo perfazem cerca de 70% da composição óssea e os 30% restantes são constituídos de água e matéria orgânica, principalmente, colágeno (KÄLEBO; STRID, 1988; FIELD, 1999; BRUNO, 2002). A regulação destes minerais em nível plasmático são controlados pelo paratormônio, vitamina D e calcitonina, e a relação cálcio e fósforo da dieta parece ter influência na absorção, excreção e metabolização destes minerais (MACARI, 2002).

A ossificação é outro processo fisiológico envolvendo estes dois minerais, com a precipitação dos sais do osso na matriz, por meio de um equilíbrio físico-químico. Segundo Tardin (1995), em condições fisiológicas normais, o cálcio e o fósforo ficam em solução metaestável, isto é, suas concentrações no líquido extracelular seriam suficientemente altas para que se precipitassem em solução. No entanto, a interação destes com outros constituintes pode alterar este processo, tornando-os indisponíveis para exercer tal função na formação do tecido osso, bem como os elementos minerais podem interagir entre si, com outros nutrientes e também com alguns fatores não nutritivos da dieta.

Esta interação pode ser do tipo sinérgica ou antagônica e pode ocorrer na própria dieta e/ou durante o metabolismo no trato digestivo. Como exemplo, o antagonismo entre cálcio, fósforo e zinco, na presença em excesso do cálcio, formando o complexo Ca-P-Zn, tornando-os, assim, indisponíveis. Tais fatos podem explicar em parte os resultados alcançados neste experimento, em que maiores concentrações de cálcio e fósforo foram observadas nas tíbias das aves suplementadas com o complexo metal-

aminoácido. No entanto, a carência de estudos com microminerais, associando-os com a formação óssea, não permite tecer maiores comparações, sendo esta uma linha de pesquisa que merece mais atenção, devido à importância que uma boa conformação esquelética e corporal propicia às galinhas poedeiras.

## **CONCLUSÃO**

A suplementação de microminerais complexados a aminoácidos beneficiou o desenvolvimento do trato gastrointestinal, bem como a deposição de cálcio e fósforo nos ossos das frangas de reposição.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

AMMERMAN, C. B.; BAKER, D. H.; LEWIS, A.J. **Methods for estimation of mineral bioavailability**. In: Academic Press. San Diego. CA. 1995. p. 83-94.

ARAÚJO, J. A.; SILVA, J. H. V.; AMANCIO, A.L.L.; LIMA, C.B.; OLIVEIRA, E.R.A. Fontes de minerais para poedeiras. **Acta Veterinaria Brasilica**. v.2. n.3. p.53-60. 2008.

BAO, Y.M.; CHOCT, M. Trace mineral for broiler chickens and prospects of application of organically complexed trace mineral: a review. **Animal Production Science**. Australia. v.49. p.269-282. 2009.

BERTECHINI, A.G. Exigências de minerais para aves. In: SAKOMURA. N.K. et al. **Nutrição de Não-ruminantes**. Jaboticabal: FUNEP. p. 375-388. 2014.

\_\_\_\_\_. **Nutrição de monogástricos**. v.2. p. 209-212.239-254. 2013.

BRITO, J.A.G. BERTECHINI. A.G.; FASSANI. E.J.; RODRIGUES. P. B.; FREITAS. R. T. F. Uso de microminerais sob a forma de complexo orgânico em rações para frangas de reposição no período de 7 a 12 semanas de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.35. n.4. p.1342-1348. 2006.

BRUMANO, G. **Níveis de metionina+cistina digestíveis em rações para poedeira nos períodos de 24 a 40 e de 42 a 58 semanas de idade**. Tese (Doutorado em Avicultura). Universidade Federal de Viçosa. UFV. Viçosa. MG. p.103. 2008.

BRUNO, L. D. G. **Desenvolvimento ósseo em frangos de corte: Influência da restrição alimentar e da temperatura ambiente**. [Tese]. Jaboticabal (SP): Universidade Estadual Paulista. 2002.

CHENG, J.; KORNEGAY, E.T.; SCHELL, T. Influence of dietary lysine on the utilization of zinc from zinc sulfate and a zinc-lysine complex by young pigs. **Journal of Animal Science**. 76:1064-1074. 1998.

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.

FASSANI, E.J.; BERTECHINI, A.G.; OLIVEIRA, B.L. et al. Manganês na nutrição de poedeiras no segundo ciclo de produção. **Ciência e Agrotecnologia**. v.24. n.2. p.468-478. 2000.

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.

- FIELD, R.A. Ash and calcium as measures of bone in meat and bone moistures. **Meat Science**. 1999; 55: 255-264.
- GARCIA, J.R.M. Avanços na nutrição da poedeira moderna. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO E NUTRIÇÃO DE AVES E SUÍNOS. Campinas. 2003. **Anais...** Campinas: CBNA. 2003. pp. 35-96.
- HURWITZ, S.; BARR, A. The effect of pre-laying mineral nutrition on the development, performance and mineral metabolism of pullets. **Poultry Science**. Champaign . v. 50. p.1044-1055. 1971.
- KÄLEBO, P.; STRID, K.G. Bone mass determination from microradiographs by computerassisted videodensitometry. **Acta Radiologica** 1988; 29(4):465-472.
- KIDD, M. T.; QURESHI, M. A.; FERKET, P. F.; THOMA, L. N. Blood clearance of *Escherichia coli* and evaluation of mononuclear-phagocytic system as influenced by supplemental dietary zinc-methionine in young turkeys. **Poultry Science**. v. 73. P.1381-1389. 1994.
- KIEFER, C. Minerais quelatados na nutrição de aves e suínos. **Revista Eletrônica Nutritime**. V.2. nº3. p.206 – 220. maio;junho. 2005.
- KLASING, K. C. **Comparative avian nutrition**. Wallingford: CAB International. 1998. p. 350.
- LEACH JR, R.; MONSONEGO-ORNANT. E. Tibial Dyschondroplasia 40 years later. **Poultry Science**. v. 86. p.2053/2058. 2007.
- LEESON, S.; SUMMERS, J.D. **Commercial Poultry Nutrition**. 2.ed. Guelph: Ontario. 1997. 335p.
- MAIORKA, A.; MACARI, M. Equilíbrio ácido-básico. In: MACARI, M.; FURLAN, R.L.; GONZALES, E. (Ed.) **Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte**. 2.ed. Jaboticabal: FUNEP. p.167-173. 2002.
- MILES, R. D.; HENRY, P.R. Relative trace mineral bioavailability. **Ciência Animal Brasileira** vol 1 (2): 73-93. 2000.
- MURRAY. R.K. et al. **Hapes Illustrated Biochemistry (Lange Basic Science)** 29<sup>th</sup>. McGraw-Hill. 2013.
- NUNES, J.K.; SANTOS, V.L.; ROSSI, P. et al. 2013. Qualidade de ovos e resistência óssea 1254 de poedeiras alimentadas com minerais orgânicos. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec**. 65:610-1255 618.
- NYS, Y.; REVY, P.S.; JONDREVILLE, C. Zinc, cuivre et manganese en aviculture: role, disponibilité et risque pour l'environnement. **JOURNÉES DE LA RECHERCHE AVICOLE**. 5.. 2003. Tours. **Annales...** Tours. 2003.
- PACHECO, B.H.C. **Avaliação Morfológica do Oviduto e Qualidade de Ovos de Poedeiras Comerciais Suplementadas com Minerais Orgânicos**. [tese]. Pirassununga (SP): Universidade de São Paulo – USP, 2012.

- PALERMO-NETO J. et al. **Farmacologia aplicada à avicultura**. 1. ed. São Paulo: Roca.2005.
- PARK, S.Y.; BIRKHOLOD, S.G.; KUBENA, L.F. et al. Review on the role of dietary zinc in poultry nutrition. immunity. and reproduction. **Biological Trace Element Research**. v.102. n.2. p.147-163. 2004.
- REDDY, A. B.; DWIVED, J. N.; ASHMEAD, A. D. Mineral chelation generates profit. **Misset-World Poultry**. v. 8. p. 13-15. 1992
- RIBEIRO, A.M.L.; VOGT, L.K.; CANAL, C.W.; LAGANA, C. STRECK. A.F. Suplementação de vitaminas e minerais orgânicos e sua ação sobre a imunocompetência de frangos de corte submetidos a estresse por calor. **Revista Brasileira de Zootecnia**. [online]. 2008. vol.37. n.4. pp. 636-644.
- RICHARDS, J.; DIBNER, J. Organic trace minerals are not all equally effective. **World Poultry**. vol 21. p. 17-19. 2005.
- ROSSI, P.; RUTZ, F.; ANCIUTI, M. A.; RECH, J. L.; ZAUKE, N. H. F.. Influence of graded levels of organic zinc on growth performance and carcass traits of broilers. **J. Appl. Poult. Res**. 16:219-225. 2007.
- RUTZ, F. et al. **Efeito de minerais orgânicos sobre o metabolismo e desempenho de aves**. 2007.
- SAS. **SAS/STAT 3.1 User's Guide**. Version 3.1 Cary. NC: SAS. Institute Inc. 2009.
- SCHEIDELER, S.E. Trace minerals balance in poultry. Proceedings of the Midwest Poultry Federation Convention; 2008; Minnesota. USA. Lincoln: University of Nebraska. Department of Animal Science; 2008.
- SECHINATO, A.S. **Efeito da suplementação dietética com microminerais orgânicos na produção e qualidade de ovos de galinhas poedeiras**. 2003. 103f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade de São Paulo. Pirassununga. 2003.
- \_\_\_\_\_; ALBUQUERQUE, R.; NAKADA. S. Efeito da suplementação dietética com microminerais orgânicos na produção de galinhas poedeiras. **Brazilian Journal of Poultry Science**. v.46. n.2. p.159-166. 2006.
- SEEDOR, J.G. The biophosphonate alendronate (MK-217) inhibit bone loss due to ovariectomy in rats. **J. Bone Miner. Res**. v.4. p.265-270. 1993.
- SISKE, V.; ZEMAN, L.; KLECKEER, D. The egg shell: A case study im improving quality by altering mineral metabolism. Biotechnology in the feed industry. OF ALLTECH'S. 16TH. ANNUAL SYMPOSIUM. 2000. Nottingham. **Proccedings...** Nottingham: Nottingham University Press. 2000.
- TANDIN, A.C. **Visão nutricional dos problemas locomotores em frangos de corte**. Conferência APINCO 1995 de ciência e tecnologia avícolas. Campinas: SP, p. 71-83, 1995.

TUCKER, L. 2008. Trace minerals in poultry nutrition-3 Redefining mineral nutrition-What we've learned so far. *World Poultry* 24 (4): 18-19.

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

\_\_\_\_\_. **The mineral nutrition of livestock**. London: Academic Press. 1981. p.15.