

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA
CAMPUS DE BOTUCATU

**EFEITO DE NÍVEIS E DE FONTES DE MICROMINERAIS NA DIETA DE
POEDEIRAS COMERCIAIS DE 40 A 60 SEMANAS DE IDADE.**

CAROLINA CARVALHO DE MIRANDA

Tese apresentada ao Programa de
Pós-Graduação em Zootecnia como
parte dos requisitos para obtenção
do título de Doutor em Zootecnia.

BOTUCATU – SP
Novembro/2013

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA
CAMPUS DE BOTUCATU

**EFEITO DE NÍVEIS E DE FONTES DE MICROMINERAIS NA DIETA DE
POEDEIRAS COMERCIAIS DE 40 A 60 SEMANAS DE IDADE.**

CAROLINA CARVALHO DE MIRANDA

Tese apresentada ao Programa de
Pós-Graduação em Zootecnia como
parte dos requisitos para obtenção
do título de Doutor em Zootecnia.

ORIENTADOR: Prof. Dr. José Roberto Sartori
CO-ORIENTADORA: Profa. Dra. Denise Rangel da Silva Sartori

BOTUCATU – SP
Novembro/2013

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - SERVIÇO TÉCNICO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

M672e Miranda, Carolina Carvalho de, 1984-
Efeito de níveis e de fontes de microminerais na dieta de poedeiras comerciais de 40 a 60 semanas de idade / Carolina Carvalho de Miranda. - Botucatu : [s.n.], 2013 x, 82 f. : ils., tabs.

Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Botucatu, 2013

Orientador: José Roberto Sartori

Coorientador: Denise Rangel da Silva Sartori

Inclui bibliografia

1. Minerais na nutrição animal. 2. Poedeiras - Nutrição. 3. Ovos - Qualidade. 4. Minerais - Excreção. I. Sartori, José Roberto. II. Sartori, Denise Rangel da Silva. III. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Campus de Botucatu). Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia. IV. Título.

*Criou, pois, Deus os grandes animais marinhos
e todos os seres viventes que rastejam,
os quais povoam as águas, segundo as suas espécies;
e todas as aves, segundo as suas espécies.
E viu Deus que era bom. E Deus os abençoou, dizendo:
Sede fecundos, multiplicai-vos e enchei as águas dos mares;
e na terra, se multipliquem as aves.
Gênesis 1.21-22.*

Aos meus pais,

Antonio e Edma Carvalho de Miranda.

Por terem sempre me incentivado a persistir no estudo
e por torcerem sempre pela minha felicidade.

Às minhas irmãs, Clarissa e Catarina, por terem compartilhado
momentos de alegria, mesmo com a distância.

À Josefa Pereira Vicente.

Por ter feito parte da minha família desde minha infância
Por ter cuidado de mim como uma filha.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por ter me permitido alcançar mais essa etapa da minha vida.

Aos meus pais, Antonio Miranda de Lima Filho e Edma Carvalho de Miranda, e às minhas irmãs Clarissa e Catarina Carvalho de Miranda, por serem meus pilares, exemplo e porto seguro. Por terem sido minha maior fonte de alegria, mesmo com a distância.

Ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, pela oportunidade da realização da minha Pós-Graduação.

A minha co-orientadora, Profa. Dra. Denise Rangel da Silva Sartori, por tornar possível que eu cumprisse mais uma etapa dos meus estudos, e por partilhar um pouco da sua amizade e sabedoria.

Ao meu orientador Prof. Assist. Dr. José Roberto Sartori, pelo suporte para a realização do trabalho.

À Profa. Maria Márcia Pereira Sartori, por ter realizado as análises estatísticas do meu trabalho.

Aos professores Pedro Magalhães Padilha, do Departamento de Química e Bioquímica da Unesp de Botucatu; à professora Regina Kiomi Takahira, do Departamento de Clínica Veterinária da FMVZ – Unesp de Botucatu, e à professora Camila Cotrim, do Departamento de Morfologia do IBB – Unesp de Botucatu, pelo auxílio nas análises realizadas no meu experimento.

À Claudia Zeferino Garcia, que abraçou junto comigo a longa jornada de coleta de sangue para as análises de hemograma. Agradeço pela alegria e disposição constante durante o meu experimento.

À Renata Campos Capela, pelo auxílio na realização das análises de perfil lipídico.

A Alltech®, pelo apoio financeiro e pelo fornecimento do suplemento de minerais utilizado no experimento, e a Andrea Malaguido e Rosemeire Kishibe, pelo suporte técnico.

Aos funcionários da secretaria da Pós-Graduação, Seila Cristina Cassineli Vieira, Aline Eliane Couto e Carlos Pazini Junior, pela paciência e por estarem sempre disponíveis nos serviços que precisei.

Aos colegas de laboratório: Adriele Nayara Dias Ishizuka; Amanda da Lapa Silva; Ana Cristina Stradiotti; Carolyne Assis Eigenheer Pinke; Elisane Milbradt; Daniella Aparecia Berto; Estela Valéria Siloto; Everton Moreno Muro; Fabiana Golin Luiggi; Francine Vercese; Gabriel Martinelli; Guilherme Aguiar Mateus Pasquali; Guilherme Emygdio Mendes Pimenta; Ivan Mailinch Gonçalves Pereira de Souza; Jessica Conteçote Russo; Juliana Célia Denadai; Juliana Cristina Ramos Rezende; Marco Carvalho; Mariana Kiyomi Maruno; Mayara Rodrigues; Mônica Megumi Aoyagi; Natani Cruz Alexandre; Nathalia Martins Guerra Causso; Priscila Cavalca de Araújo; Paola Gentile Serpa; Renata Sena de Souza Gomes de Oliveira, Ricardo Fasanaro; Vanessa Cristina Pelicia; Vitor Barbosa Fascina e Thaila Cristina Putarov, por terem sido essenciais me ajudando na execução do experimento.

Agradeço a Vivian Gomes dos Santos, Flávia Mota Damasceno Mariucha Karina Honório Ribeiro Rocha, e aos amigos da Igreja Presbiteriana Independente de Botucatu, com quem pude contar para os momentos de descontração.

E a todos que contribuíram direta ou indiretamente para a realização desse projeto.

SUMÁRIO

	Pág.
CAPÍTULO I	
CONSIDERAÇÕES INICIAIS	
1. Introdução.....	2
2. Revisão de literatura.....	3
2.1. Ovo e micronutrientes.....	5
2.2. Importância e propriedade geral dos minerais.....	6
2.3. Minerais quelatados na nutrição animal.....	7
2.4. Selênio.....	10
2.5. Efeito do selênio em forma orgânica na deposição de selênio no ovo.....	12
2.6. Zinco.....	14
2.7. Ferro.....	16
2.8. Cobre.....	18
2.9. Manganês.....	20
2.10. Hemograma e perfil lipídico e energético no plasma.....	22
2.11. Emissão de nutrientes no meio ambiente.....	24
3. Referências Bibliográficas.....	28
 CAPÍTULO II	
EFEITO DE NÍVEIS E FONTES DE MICROMINERAIS SOBRE O DESEMPENHO E QUALIDADE DO OVO DE POEDEIRAS COMERCIAIS DE 40 A 60 SEMANAS DE IDADE	
Resumo.....	41
Abstract.....	42
1. Introdução.....	43
2. Material e Métodos.....	44
3. Resultados e Discussão.....	48
4. Conclusão.....	52
5. Referências bibliográficas.....	53
 CAPÍTULO III	
EFEITO DE NÍVEIS E FONTES DE MICROMINERAIS SOBRE O HEMOGRAMA, PERFIL LIPÍDICO E ENERGÉTICO, CONTEÚDO DE SELÊNIO NA GEMA E EXCREÇÃO DE MINERAIS DE POEDEIRAS COMERCIAIS DE 40 A 60 SEMANAS DE IDADE.	
Resumo.....	58
Abstract.....	59
1. Introdução.....	60
2. Material e Métodos.....	62
3. Resultados e Discussão.....	67
4. Conclusão.....	74
5. Referências bibliográficas.....	75
CAPÍTULO IV	
Implicações.....	82

ÍNDICE DE TABELAS

CAPÍTULO II		Pág.
EFEITO DE NÍVEIS E FONTES DE MICROMINERAIS SOBRE O DESEMPENHO E QUALIDADE DO OVO DE POEDEIRAS COMERCIAIS DE 40 A 60 SEMANAS DE IDADE.		
Tabela 1.	Distribuição dos tratamentos de acordo com a suplementação mineral e valores recomendados de suplementação de minerais nas rações de poedeiras comerciais para a fase estudada segundo Rostagno <i>et al.</i> (2011).....	45
Tabela 2.	Composição percentual e níveis nutricionais calculados das dietas experimentais.....	46
Tabela 3.	Efeito de fontes e níveis de microminerais no desempenho de poedeiras de 40 a 60 semanas de idade.	48
Tabela 4.	Efeito de fontes e níveis de microminerais na dieta de poedeiras comerciais nos parâmetros qualidade interna e externa do ovo de poedeiras comerciais de 40 a 60 semanas de idade.	50
 CAPÍTULO III		 Pág
EFEITO DE NÍVEIS E FONTES DE MICROMINERAIS SOBRE O HEMOGRAMA, PERFIL LIPÍDICO E ENERGÉTICO, CONTEÚDO DE SELÊNIO NA GEMA E EXCREÇÃO DE MINERAIS DE POEDEIRAS COMERCIAIS DE 40 A 60 SEMANAS DE IDADE.		
Tabela 1.	Distribuição dos tratamentos de acordo com a suplementação mineral e valores recomendados de suplementação de minerais nas rações de poedeiras comerciais para a fase estudada segundo Rostagno <i>et al.</i> (2011).....	64
Tabela 2.	Composição percentual e níveis nutricionais calculados das dietas experimentais.....	64
Tabela 3.	Efeito da suplementação de fontes e níveis de minerais no eritrograma, proteínas plasmáticas totais e trombócitos de poedeiras comerciais de 40 a 60 semanas de idade.....	67
Tabela 4.	Efeito da suplementação de fontes e níveis de minerais na contagem total e diferencial de células brancas de poedeiras comerciais de 40 a 60 semanas de idade.....	68
Tabela 5.	Efeito da suplementação de fontes e níveis de minerais no perfil lipídico e glicose no sangue de poedeiras comerciais de 40 a 60 semanas de idade.....	69
Tabela 6.	Efeito da suplementação de fontes e níveis de minerais na concentração de selênio na gema do ovo de poedeiras comerciais de 40 a 60 semanas de idade.....	71
Tabela 7.	Efeito da suplementação de fontes e níveis de minerais na concentração de minerais na excreta de poedeiras comerciais de 40 a 60 semanas de idade.....	73

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO I		Pág.
CONSIDERAÇÕES INICIAIS		
Figura 1.	Interrelações entre minerais no metabolismo animal. As setas indicam antagonismo entre elementos. Por exemplo: cálcio é antagônico ao zinco. Magnésio e cálcio são mutuamente antagônicos (ASHMEAD E ZUNINO, 1993).....	8
Figura 2.	O transporte de membrana de um quelato de aminoácido demonstrando a via de transporte bioquímico de um quelato de aminoácido através da membrana celular (ASHMEAD, 2003).....	9

CAPITULO I
CONSIDERAÇÕES INICIAIS.

CONSIDERAÇÕES INICIAIS.

1. Introdução

Nos últimos anos, houve aumento significativo na produção de animais monogástricos no mercado nacional e internacional. As mudanças em instalações e equipamentos influenciaram positivamente no desempenho e no bem estar animal (COSTA et al., 2010).

A eficiência produtiva e econômica da atividade industrial de produção de ovos está sempre melhorando por meio da exploração do potencial genético apresentado pelas poedeiras comerciais. Para que isso ocorra, é necessário que as aves recebam aporte nutricional e estejam em estado sanitário adequado (FASSANI et al., 2000; BAIÃO & LUCIO, 2006).

Apesar de poucas espécies aviárias terem sido domesticadas, elas produzem de forma eficiente carne, ovos e outros produtos de origem animal. A alta capacidade de reprodução das aves e seu curto intervalo entre gerações tornou possível a seleção de linhagens de aves que produzem carne e ovos de forma eficiente (HAFEZ & HAFEZ, 2004).

A resposta produtiva é o parâmetro para estabelecer as exigências da maioria dos nutrientes. Em alguns casos, usa-se a saúde como o principal critério de avaliação, pois o bem estar e os parâmetros de desempenho ficarão prejudicados quando houver deficiência de um único nutriente. Em contraponto, o excesso de nutrientes pode aumentar os custos de produção, poluir o meio ambiente (CROMWELL & BAER, 2005, BAIÃO & LUCIO, 2006) e causar teratogenia (RUTZ et al., 2005).

Nutrientes presentes em pequenas quantidades na dieta como as vitaminas e os minerais, são essenciais para que as rotas metabólicas funcionem adequadamente (RUTZ et al., 2005). Aminoácidos, vitaminas e minerais são necessários para a manutenção e crescimento (CROMWELL & BAER, 2005, BAIÃO & LUCIO, 2006), podendo também apresentar função estrutural e atuar como co-fatores de enzimas celulares dos embriões ou de membranas extraembrionárias (RUTZ et al., 2005).

2. Revisão de literatura.

A produção de ovos que têm boa qualidade de casca e boa qualidade interna é importante para a viabilidade econômica da indústria. Portanto, é de grande importância entender os fatores que afetam a qualidade da casca e qualidade interna do ovo (ROBERTS, 2004; AHMADI & RAHIMI, 2011).

A galinha pode produzir de substâncias relevantes do ponto de vista médico, através de métodos que podem manipular o teor nos ovos, tais como dieta e imunização (KOVACS-NOLAN et al., 2005). Além de fornecer nutrientes básicos que podem ser extraídos em escala industrial para aplicações médicas ou alimentares, o ovo também pode conter várias substâncias terapêuticas. É considerado um alimento completo do ponto de vista nutricional, por ser rico em aminoácidos essenciais, vitaminas, como A e B, colina e outras e minerais, como potássio e zinco (KOVACS-NOLAN et al., 2005; NOVELLO et al., 2006).

Um terço da massa do ovo é representado pela gema, que contém a maioria dos nutrientes que o embrião necessita para seu desenvolvimento, e é composta por 50% de água, 32% de lipídios e 16% de proteínas (HAFEZ & HAFEZ, 2004). O colesterol da gema tem propriedades importantes, estando presente nas membranas celulares e fazendo parte da síntese de hormônios esteroidais, ácidos biliares e vitamina D (NOVELLO et al., 2006).

A gema é uma emulsão óleo-água com uma fase contínua de proteína aquosa, contendo água, proteínas e lipídios na forma de lipoproteínas, que são as LDL (lipoproteínas de baixa densidade) e as HDL (lipoproteínas de alta densidade) ou *lipovitelinas*. Além delas, a gema também contém *livetinas* e *fosvitina*. Outros componentes orgânicos da gema são os açúcares, sendo a D-glicose a mais representativa (98%), vitaminas lipossolúveis (A, D, E e K) e hidrossolúveis (tiamina, riboflavina, ácido nicotínico, piridoxina, ácido pantotênico, ácido fólico, vitamina B₁₂), carotenoides (luteína e zeaxantina, criptoxantina e caroteno), algumas enzimas com baixa atividade (peptidase, catalase, amilase, fosfatase, estearase e proteinases) e componentes inorgânicos, sendo Na, K, Ca, Mg, Fe, Se, Cl, e P os mais importantes (BACILA, 2003).

A gema é envolvida e posicionada no centro do ovo pelo albúmen. Esse componente representa 58% do ovo e contem aproximadamente 40 proteínas, muitas sendo exclusivas da poedeira. O albúmen fornece nutrientes como proteínas, vitaminas e minerais nos estágios mais avançados de desenvolvimento embrionário. A casca é uma barreira física contra substâncias adversas, como microorganismos invasores, além de evitar a perda de água. Os poros dispostos verticalmente na casca permitem que haja trocas gasosas entre o ambiente externo e o interior do ovo (HAFEZ & HAFEZ, 2004).

A casca apresenta espessura de 270-370µm e é composta por 99% de sólidos. Dos sólidos, 2% são de matéria orgânica, principalmente proteína, e cerca de 98% são de matéria inorgânica, principalmente cristais radiados de puro carbonato de cálcio cristalino (BACILA, 2003, HAFEZ & HAFEZ, 2004). A casca também contém magnésio e fósforo e traços de outros minerais, tais como sódio, potássio, zinco, ferro, cobre e manganês (BAIÃO & LUCIO, 2006).

A casca apresenta composição similar à matriz óssea. Alguns microminerais estão envolvidos na síntese da matriz orgânica da casca, podendo influenciar na sua qualidade. Moléculas de mucopolissacarídeos, que contêm manganês, fazem parte da casca. A deficiência desse mineral pode comprometer a formação da camada mamilar da casca. A anidrase carbônica, enzima contendo zinco, é importante na formação da casca do ovo. Apesar de problemas nutricionais poderem piorar a qualidade da casca, ela pode ser melhorada por meio de manipulação dietética; contudo, a qualidade da casca é difícil melhorar a qualidade da casca através de meios nutricionais quando ela se encontra em boa condição (BAIÃO & LUCIO, 2006).

O tamanho do ovo aumenta com o aumento da idade da ave ao mesmo tempo em que o peso da casca aumenta ou continua o mesmo. De qualquer forma, o aumento no tamanho do ovo não é acompanhado por um aumento proporcional no peso da casca de modo que a relação do peso da casca para peso do ovo (frequentemente referido como percentagem de casca) diminui (ROBERTS, 2004; AHMADI & RAHIMI, 2011).

ROBERTS & BALL (2003) descreveram o efeito da idade na qualidade interna e da casca de três linhagens comerciais. Foi encontrado aumento de peso do ovo até a 50ª semana e aumento no peso da casca até a 40ª semana de idade. Com o avanço da idade, também foram observados diminuição da resistência à quebra, da refletividade da casca

(cor da casca ficou mais clara), da percentagem da casca, da altura de albúmen e da Unidade Haugh.

ZITA et al. (2009) avaliando o efeito de linhagens e da idade na qualidade do ovo, encontraram, para todos os genótipos estudados, com o avanço da idade: aumento no peso do ovo, peso e percentagem da clara; diminuição na porcentagem da casca e diminuição na intensidade da cor da casca. MENEZES et al. (2012) também encontraram efeito da idade na qualidade de ovos de galinhas da linhagem Dekalb White, nas quais o aumento da idade levou a um aumento na altura de albúmen e diminuição da Unidade Haugh. SILVERSIDE & SCOTT (2001) encontraram aumento do peso de albúmen e da quantidade de casca com o aumento da idade e diminuição da percentagem de albúmen e casca e da altura de albúmen.

2.1. Ovo e micronutrientes.

Tanto o albúmen como a gema contêm todos os minerais, exceto ferro e zinco que estão presentes apenas na gema. A presença de minerais no ovo é consequência de sua concentração na circulação sanguínea na galinha (BAIÃO & LUCIO, 2006). Segundo RUTZ et al. (2005), existe variação nos níveis de microminerais no ovo e a quantidade depositada depende da sua forma química e também da quantidade de minerais fornecida à matriz, geralmente havendo maior deposição mineral na gema e quantidades menores depositadas no albúmen.

A transferência de micronutrientes da matriz para o ovo pode ocorrer através de sua transferência do ovário para a gema; ou do oviduto para o albúmen ou da membrana da casca para a casca. A vitelogenina, uma proteína precursora da gema, atua mediando a transferência de microminerais dos estoques do fígado da galinha para o ovário, e do ovário para a gema do ovo. Além da vitelogenina, as proteínas ligadoras de minerais lipovitelina e a fosvitina formam sítios de estoque importantes dentro da subfração granular da gema. A homeostasia dos microminerais é estabelecida pela ação coordenada do saco vitelino, que mobiliza e exporta os nutrientes derivados da reserva do ovo; pela circulação vitelínica, que transporta os microminerais para o embrião; e do fígado, órgão que acumula tais nutrientes e os distribui para o restante dos tecidos através da circulação embrionária (RICHARDS, 1997; RUTZ et al., 2005).

2.2. Importância e propriedade geral dos minerais.

Na nutrição animal, os minerais são inclusos nas dietas acima das recomendações nutricionais das tabelas de formulação de ração, havendo o risco de interações entre os minerais, o que diminui a disponibilidade e aumenta sua eliminação para o meio ambiente. Recentemente, tem sido recomendado o uso de minerais organicamente complexados em doses mais baixas na dieta de animais (CAO et al., 2012). Espera-se que fontes orgânicas sejam mais biodisponíveis que fontes inorgânicas, tendo melhor absorção e retenção no organismo e por isso sendo necessários em menores quantidades para atender as exigências dos animais. A maior biodisponibilidade também pode melhorar a deposição de minerais em tecidos comestíveis (AKSU et al., 2010; COSTA et al., 2010; MANTOVANI et al., 2010).

Minerais necessários em grandes quantidades diariamente na dieta pelo organismo são denominados de macrominerais. Estão inclusos nessa classificação sete macrominerais: cálcio, fósforo, sódio, cloro, potássio, magnésio e enxofre. A concentração desses minerais na dieta é expressa com base em sua porcentagem ou em gramas por quilograma. Os macrominerais são importantes por serem constituintes dos fluidos corporais e outros tecidos, além de formar estruturas esqueléticas do organismo. Também atuam na manutenção da homeostase e do equilíbrio ácido-básico (pH ótimo), pressão osmótica, da transmissão de impulsos nervosos e do potencial elétrico da membrana (SCOTT et al., 1982; SPEARS, 1999; MAIORKA & MACARI, 2002; GOFF, 2006).

Minerais como ferro, zinco, cobre, manganês, iodo, cobalto e molibdênio, são necessários em quantidades ínfimas pelos animais e, por esse motivo, são denominados de microminerais. São necessários em quantidades ínfimas na dieta, tendo concentração expressa em partes por milhão (ppm), que equivale a miligramas por quilograma, ou partes por bilhão (ppb), que equivale a microgramas por quilograma da dieta. Os microminerais estão presentes em concentrações muito baixas nos tecidos corporais, mas são fundamentais em rotas metabólicas essenciais para o crescimento e a vida, podendo estar presentes no sangue, como o ferro; servirem como componentes de metaloenzimas; cofatores enzimáticos ou enzimas essenciais, como o zinco, o cobalto e

o molibdênio; ou de hormônios do sistema endócrino (SPEARS, 1999; MAIORKA & MACARI, 2002; ATKINS & JONES, 2006; GOFF, 2006).

A maior parte dos minerais, bem como suas funções biológicas, começou a ser estudada no começo do século XX. Ainda são necessários avanços nos estudos desses elementos. Alguns elementos ainda não classificados como nutricionalmente essenciais ou até mesmo como tóxicos, tais como flúor, níquel, silício, estanho, vanádio, boro, lítio, arsênico, chumbo e cromo, também foram demonstrados como sendo essenciais na alimentação devido à ocorrência de sinais de deficiência em estudos onde estes minerais estavam presentes em pouca quantidade (SCOTT et al., 1982; SPEARS, 1999; ORTOLANI, 2002).

Podem ocorrer anormalidades devido à deficiência de um macro ou micromineral. Tanto a deficiência quanto o excesso de minerais podem causar prejuízos ao organismo animal. A extensão e o tipo de anormalidade variam de acordo com a severidade da deficiência. Altos níveis de minerais como o flúor, o selênio, o molibdênio e o cobre podem ser tóxicos ao organismo, podendo ocorrer em condições práticas de alimentação e acarretar em redução no desempenho produtivo. Níveis adequados resultam em manutenção da homeostase, podendo ser estocados nos tecidos corporais. Pesquisas são realizadas constantemente com o intuito de encontrar a quantidade e a forma ideal de suplementação na dieta. O fornecimento do mineral deficiente pode corrigir a anormalidade (SPEARS, 1999; MAIORKA & MACARI, 2002; BAIÃO & LUCIO, 2006; GOFF, 2006).

2.3. Minerais quelatados na nutrição animal.

Minerais complexados ou quelatados são os elementos minerais ligados a algum carreador através de ligações covalentes de alta energia com nitrogênio (amino) ou oxigênio (carboxil). Um quelato de metal contém um ou mais ligantes. Esses ligantes podem ser bases, íons ou moléculas, ligadas ao átomo ou íon central de metal, formando um anel produzido por atração entre cargas positivas de determinados cátions polivalentes, e dois ou mais locais de alta eletronegatividade em um composto químico. O termo quelato tem origem do termo grego “chele”, que significa garra, pinça ou grampo, descrevendo adequadamente a forma nas quais os agentes ligantes de metal

seguram os cátions polivalentes (SCOTT et al., 1982; MILES & HENRY, 2000; MAIORKA & MACARI, 2002; ATKINS & JONES, 2006).

A disponibilidade dos minerais, ou seja, a fração do mineral que é efetivamente absorvida pelo animal, pode ser afetada por fatores como: forma química, nível de consumo, digestibilidade da dieta, interação com outros minerais, sua valência, pH, agentes quelantes, condições de processamento dos ingredientes ou da dieta, idade e espécie do animal. As dietas fornecidas para animais são tradicionalmente suplementadas com pequenas quantidades de sais inorgânicos como óxido, sulfatos, cloretos, carbonatos e fosfatos, por serem menos onerosas que os minerais de forma orgânica. Entretanto, minerais em forma inorgânica possuem menor disponibilidade e um potencial de provocar antagonismo entre minerais, impedido a absorção destes nutrientes e aumentando a poluição ambiental (MILES & HENRY, 2000; ACDA & CHAE, 2002; ARAUJO et al., 2008; YUAN et al., 2011).

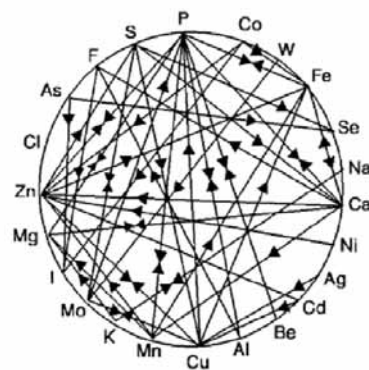


Figura 1. Interrelações entre minerais no metabolismo animal. As setas indicam antagonismo entre elementos. Por exemplo: cálcio é antagonístico ao zinco. Magnésio e cálcio são mutuamente antagonísticos (ASHMEAD & ZUNINO, 1993).

Um sal mineral solúvel é ionizado no estômago após sua ingestão. O pH ácido do estômago tende a estimular a solubilidade (ASHMEAD & ZUNINO, 1993). Não se sabe se suplementos de minerais quelatados ou complexados se dissociam para formar íons livres em pH baixo, sendo por sua vez sequestrados de forma semelhante a íons livres e entrando no glicocalice da mucosa intestinal para absorção. Supõe-se que a estrutura em anel do mineral orgânico proteja o mineral de reações indesejadas no trato gastrintestinal, e que a quelação aumente a estabilidade em pH baixo (MILES & HENRY, 2002).

Os quelatos podem ser os fatores mais importantes que controlam a absorção de minerais. O uso dos minerais de forma orgânica como substitutos dos minerais inorgânicos tornou-se uma alternativa na dieta como resultado do aumento da visibilidade dos benefícios, tal como maior disponibilidade desses nutrientes. O interesse nas estruturas, propriedades e usos dos complexos formados entre os íons de metais e ácidos e várias bases ocorre devido à participação desses complexos em muitas reações biológicas (SCOTT et al., 1982; MAIORKA & MACARI, 2002, ACDA & CHAE, 2002; ATKINS & JONES, 2006; YUAN et al., 2011).

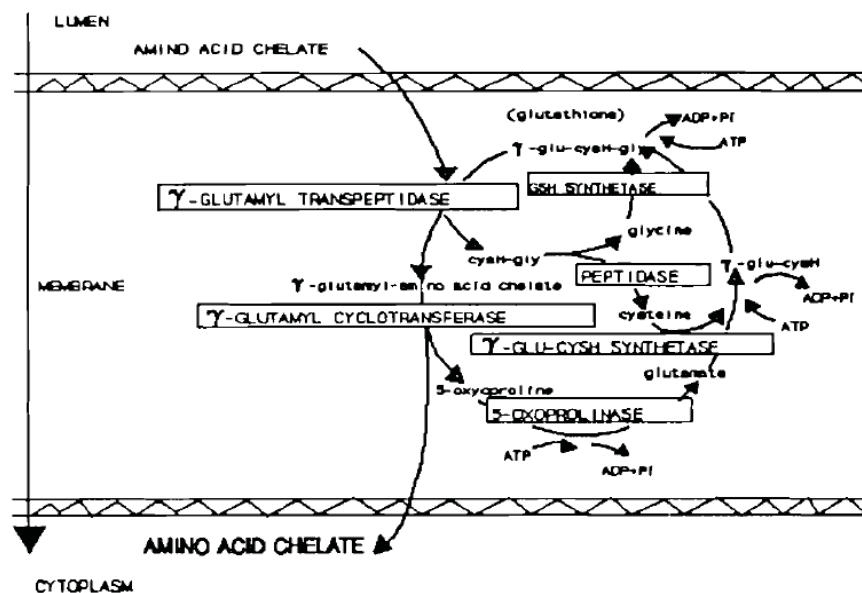


Figura 2. O transporte de membrana de um quelato de aminoácido demonstrando a via de transporte bioquímico de um quelato de aminoácido através da membrana celular (ASHMEAD, 2003).

Usualmente, os minerais complexados são ligados a proteínas, aminoácidos ou polipeptídeos, tornando o complexo com disponibilidade mais perto da dos aminoácidos, em torno de 90-95%. A quelação dos minerais com composto que os libera na parede intestinal na forma iônica ou os torna absorvidos como quelato intacto, pode levar ao aumento na absorção e na disponibilidade dos minerais, por prevenir a conversão intestinal em compostos insolúveis, além de aumentar sua solubilização, tornando-os mais estáveis; ou atuando como carreador eficiente dos minerais através da borda em escova (SCOTT et al., 1982; MAIORKA & MACARI, 2002; LEESON, 2005).

A suplementação de dieta basal com 50% de zinco, cobre e manganês em forma orgânica para poedeiras comerciais alimentadas pode promover maior peso de ovo, maior gravidade específica e menor porcentagem de ovos inutilizados (MACIEL et al. 2010). A suplementação dietética de 25ppm de zinco orgânico afeta o desempenho e a qualidade da pele, mas aumenta o teor de Zn coxa e teor de Ca no plasma de frangos de corte (SALIM et al., 2012). SECHINATO et al. (2006), avaliando índices de produtividade de poedeiras comerciais recebendo suplementação com fontes orgânicas e inorgânicas de zinco, cobre, manganês, selênio e ferro, encontraram menor valor ($P < 0.05$) de massa de ovo de aves recebendo dietas contendo apenas ferro quelatado.

O fornecimento de dietas suplementadas com nível intermediário de minerais em forma orgânica, em nível intermediário (dieta basal + 0,2ppm de Se levedura + 40ppm de proteinato de Zn + 40ppm de proteinato de Mn + 20ppm de proteinato de Fe + 4,0ppm de proteinato de Cu + 0,5ppm de iodato de Ca) de substituição dos minerais inorgânicos para poedeiras semipesadas resultou no aumento no peso do ovo e peso de albúmen, sem alteração das demais características de qualidade externa e interna dos ovos (NUNES et al., 2013).

FENG et al. (2010), avaliando o efeito de zinco-glicina (Zn-Gly) no desempenho de frangos de corte, encontraram aumento no desempenho tanto no uso do zinco-glicina quanto no uso de $ZnSO_4$ após o 21º e o 42º dias de experimento, com maior consumo de ração médio diário observado em frangos alimentados com 90 mg/Zn kg^{-1} de Zn-Gly, mas com o maior ganho de peso médio diário observado para as aves alimentadas com 120 mg/kg de Zn-Gly (0-3 semanas) e 90 mg/Zn kg^{-1} de Zn-Gly (4-6 semanas).

2.4. Selênio.

O selênio é um semimetal divalente integrante do grupo VI de elementos. Foi descoberto por Jons Jakob Berzelius, sendo associado intimamente com o enxofre e o telúrio, e tendo propriedades semelhantes a esses dois elementos. Frequentemente, o selênio e o enxofre são encontrados associados tanto em compostos orgânicos como inorgânicos, mas o selênio substitui o enxofre em alguns compostos e, em outros, pode estar complexado a ele por ligações covalentes coordenadas. Inicialmente foi considerado como uma substância cancerígena e tóxica para a saúde de seres humanos

A descoberta da essencialidade do selênio ocorreu em dois laboratórios e linhas de pesquisa distintas (SCOTT et al., 1982; BACILA, 2003; COZZOLINO, 2007).

O selênio é componente da glutathiona peroxidase, enzima antioxidante que atua dentro da célula protegendo os tecidos contra lesão oxidativa. A enzima catalisa a redução de hidroperóxidos e peróxido de hidrogênio formados a partir de ácidos graxos e outras substâncias no citoplasma celular. O selênio interage com a Vitamina E, ambos apresentando efeitos nutricionais semelhantes. Enquanto o selênio atua dentro da célula, a vitamina E previne a formação de radicais peróxido na membrana da célula, capturando os radicais livres antes que atravessem a membrana celular. A deficiência de selênio eleva as exigências nutricionais de vitamina E, e vice-versa (MAIORKA & MACARI, 2002; BACILA, 2003; RUTZ et al., 2005; GOFF, 2006).

A enzima iodotironina 5'-desiodinase é uma selenoproteína encontrada principalmente no fígado e nos rins, convertendo a forma inativa do pró-hormônio tiroxina (T4) na forma metabolicamente ativa 3,3'-5 triiodotironina (T3). Uma selenoproteína ainda não identificada pode ser isolada do músculo, estando ausente nos animais deficientes em selênio. Aparentemente, essa selenoproteína exerce papel importante na degeneração dos músculos cardíaco e esquelético. Essa degeneração, conhecida como doença do músculo branco, é comum em animais deficientes em selênio (GOFF, 2006; COZZOLINO, 2007).

O duodeno é o principal sítio de absorção do selênio. O mecanismo de absorção pode ser determinado pela forma dietética na qual o selênio se encontra. A selenometionina é absorvida por transporte ativo juntamente com a metionina ligada a ele, e o selenito de sódio é absorvido por transporte ativo na membrana. A absorção do selênio pelos eritrócitos é muito rápida, ocorrendo uma expulsão ativa dos eritrócitos e transferência para as proteínas de transporte no plasma. A glutathiona peroxidase pode ser uma dessas proteínas carreadoras, mas também estão presentes outras proteínas ligadoras de selênio em associação com frações de β -lipoproteínas do plasma. São absorvidos cerca de 90% do selênio e dos sais de selenato (SCOTT et al., 1982; MAIORKA & MACARI, 2002; ORTOLANI, 2002; GOFF, 2006).

Níveis tóxicos de selênio podem reduzir taxa de crescimento, taxa de postura e causar anormalidades embrionárias em aves. A intoxicação aguda pode provocar lesões hepática e renal, além de induzir a exsudato hemorrágico pulmonar e ascite. O selênio,

bem como a vitamina E, pode prevenir a diátese exsudativa. A diátese exsudativa se caracteriza por um edema generalizado que se inicia na região peitoral, das asas e pescoço, havendo crescimento lento e mortalidade elevada (SCOTT et al., 1982; GOFF, 2006).

2.5. Efeito do selênio em forma orgânica na deposição de selênio no ovo.

Nos últimos anos, a relação entre dieta e saúde humana tem recebido atenção considerável, com a percepção que dietas desbalanceadas podem causar sérios problemas relacionados à saúde. Os antioxidantes naturais são considerados particularmente importantes (YAROSHENKO et al., 2013). É possível proporcionar produtos de origem animal aos consumidores com composição nutricionalmente modificada, de forma que estes produtos forneçam quantidades significativas de nutrientes promotores de saúde, como o selênio, para melhorar a dieta e auxiliar na manutenção da saúde (LYONS et al., 2007).

A deficiência de selênio ocorre mundialmente. O consumo de selênio na forma de comprimido, a produção de pão enriquecido com selênio e a produção de produtos de origem animal como carne, leite e ovos enriquecidos com selênio são soluções para esse problema (FISININ et al., 2009).

Os antioxidantes tanto previnem quanto reduzem substancialmente os danos causados por radicais livres e os produtos do seu metabolismo. Os alimentos consumidos por seres humanos fornecem uma parte importante de antioxidantes naturais, incluindo a vitamina E, carotenóides, flavonóides e selênio. O interesse especial no selênio surgiu como resultado de estudos clínicos que mostram que a suplementação dietética com selênio orgânico sob a forma de levedura cultivadas em meios enriquecidos com este microelemento diminuiu duas vezes mais a mortalidade por câncer (YAROSHENKO et al., 2003).

Foram realizados vários estudos para investigar a forma de melhorar o acúmulo de selênio no ovo e as particularidades da distribuição deste mineral nos ovos de galinha, devido ao seu alto valor nutricional e da possibilidade de fornecimento de 50% da quantidade adequada de selênio aos humanos (GOLUBKINA & PAPAZYAN, 2006).

Muitos fatores influenciam a transferência de selênio para o ovo, um deles sendo a forma do selênio que é utilizada na dieta (FISININ et al., 2009). O selênio encontrado em fontes como selenometionina ou em forma orgânica é depositado em maior concentração no albúmen, e o selênio inorgânico promove maior concentração de selênio na gema. O selênio oferecido diretamente em forma orgânica promove maior conteúdo total de selênio. A maior disponibilidade do selênio orgânico melhora a qualidade dos pintinhos ao nascer (RUTZ et al., 2005). O avanço da idade também foi outro fator que aumentou a concentração de selênio na gema, e esse foi um efeito observado por REIS et al. (2009).

Algumas pesquisas também demonstraram que o selênio em forma orgânica é mais eficiente que o mineral em forma inorgânica em sua deposição no ovo inteiro ou em algum dos seus componentes. Houve aumento nas concentrações de selênio do ovo com a suplementação dietética de selênio orgânico, com o maior aumento sendo observado no albúmen (SURAI et al., 2006). A concentração de selênio do albúmen e gema de aves alimentadas com selênio-levedura foram maiores do que os de aves alimentadas com selenito de sódio (PATON et al., 2002, PAN et al., 2007).

SKŘIVAN et al. (2006), avaliando uma fonte inorgânica e duas fontes orgânicas de selênio, encontraram aumento na deposição de selênio na gema e albúmen para a adição das três fontes utilizadas quando comparadas com o tratamento basal, mas o selênio de fontes orgânicas aumentou mais a concentração de selênio nos componentes do ovo que o selênio de sódio.

A modificação dietética pela substituição de SS por SY aumentou o conteúdo de selênio e alfa-tocoferol da carne de frango e pode prevenir a oxidação do músculo peitoral e carne da coxa armazenadas sob refrigeração (CHEKANI-AZAR et al., 2010).

Maior suplementação na dieta de poedeiras levou a um aumento no conteúdo de selênio na gema e albúmen. Deve-se salientar que ovos com maior quantidade de selênio permanecem fresco por um período maior de armazenamento (GAJČEVIĆ et al., 2009).

Em estudo avaliando a resposta de níveis de selênio do ovo à altos níveis dietéticos de selênio orgânico para determinar a exigência de poedeiras para selênio necessária para produzir ovos enriquecidos com selênio, encontraram que dentro dos níveis de selênio avaliados (1,0; 2,4; ou 5,1 µg Se/g de dieta), os níveis de selênio do ovo estão

linearmente relacionados aos níveis dietéticos de selênio orgânico (BENNETT & CHENG, 2010).

PAN et al. (2011) encontraram aumento do conteúdo de selênio no ovo de galinhas que receberam probiótico enriquecido com selênio, quando comparado ao ovo de aves que receberam dieta basal ou com probióticos, além de haver um aumento gradual com o aumento do nível de suplementação de selênio.

2.6. Zinco

O zinco é um mineral encontrado principalmente na forma de sulfetos, ZnS, tendo número de oxidação +2 em todos os seus compostos. Nos seres humanos, a concentração do zinco é igual à concentração de ferro, e sua concentração intracelular diminui com o envelhecimento. É um elemento essencial para a síntese de proteínas, replicação de ácidos nucleicos e divisão celular. É importante nos processos digestivos por estar envolvido na hidratação do CO₂ na mucosa gástrica, necessária para neutralizar a alcalinidade excessiva restante da secreção de hidrogênio na produção de HCl. Também é importante na síntese de timosina, hormônio produzido pelo timo com função de regular a imunidade celular. Atua regulando a síntese de calmodulina, do hormônio de ligação tireóidea, do inositol fosfato; além de atuar no metabolismo da somatomedina, de modular a prolactina, estocar insulina e participar da construção do colágeno (SCOTT et al., 1982; ATKINS & JONES, 2006; GOFF, 2006).

O zinco estabiliza algumas proteínas ligadas ao DNA, determina a disposição espacial e a forma de enzimas e proteínas, e confere função estrutural para algumas enzimas (p.ex. superóxido dismutase). Na maior parte das proteínas da qual o zinco atua forma uma estrutura similar a um dedo, e essa estrutura é criada por centros quelantes, incluindo resíduos de cisteína e histidina. Este mineral também é importante na defesa imune e cicatrização, por ser imprescindível para o funcionamento adequado de linfócitos e fibroblastos. É transportado pela metalotioneína, uma metaloproteína que mantém as concentrações celulares de zinco, e talvez faça parte de um sistema de oxidação e redução para que o zinco seja doado para as proteínas zinco-dependentes. A apoptose, a atividade da proteína C-quinase e os processos de sinalização sináptica são influenciados pelo zinco (COZZOLINO, 2007).

A absorção do zinco ocorre principalmente no intestino delgado, embora não se conheça completamente seu mecanismo e não se saiba que segmento possua maior capacidade absorptiva para o zinco. Aparentemente, o zinco é absorvido por difusão passiva e mediado por carreadores localizados na borda em escova do enterócito. Trabalhos demonstraram que o zinco também pode ser transportado pelo proventriculo, além do intestino, em pintos. Quando há deficiência de zinco, o mineral entra no enterócito e seu transporte é efetuado pela proteína intestinal rica em cisteína, havendo liberação pela circulação portal para ocorrer o transporte primário pela transferrina e albumina (MAIORKA & MACARI, 2002; GOFF, 2006; COZZOLINO, 2007).

A metalotioneína, uma proteína produzida pelo fígado, funciona captando o zinco, que permanece no enterócito, sendo excretado com as fezes, ou passado para a circulação portal, onde haverá o transporte de zinco ligado a albumina. A metalotioneína regula a quantidade corporal de zinco através da regulação ascendente ou descendente do teor da metalotioneína do enterócito. O nível dietético de zinco e sua concentração plasmática influenciam a síntese da metalotioneína por mecanismos desconhecidos. O zinco é transportado do fígado para outros tecidos ligados principalmente pela albumina, por aminoácidos ou pela α -2-macroglobulina. Os níveis de concentração de metalotioneína nos enterócitos demoram semanas para serem alterados quando há um fornecimento de dieta deficiente em zinco para animais. Fatores dietéticos podem alterar a absorção de zinco que, como a maioria dos microelementos, tem absorção relativamente baixa. A interação do zinco com outros íons metálicos com propriedades físico-químicas semelhantes (Cu, Cd, Cr), agentes quelantes presentes na dieta, presença de fitatos e gordura saturada, podem modificar a eficiência absorptiva do zinco, reduzindo sua absorção de. De forma contrária, a presença de glicose auxilia a captação de zinco no lúmen intestinal (MAIORKA & MACARI, 2002; GOFF, 2006; COZZOLINO, 2007).

Concentrações elevadas de zinco podem interferir na absorção do cobre por interferir na síntese de metalotioneína, ligando-se a ele e o retendo nos enterócitos e impedindo sua transferência para o plasma; e também na disponibilidade de ferro, bem como níveis elevados de ferro podem interferir na do zinco. Quelantes orgânicos de zinco podem elevar ou reduzir sua biodisponibilidade. Os que interferem em sua absorção formam complexos insolúveis com o mineral. Um quelante conhecido é o

fitato, ou ácido fítico, que é a principal forma de armazenamento de fósforo nas plantas, este se ligando ao zinco e sendo o principal fator da diminuição de sua absorção. Níveis elevados de cálcio diminuem a disponibilidade de zinco por acentuar o efeito do fitato através de mecanismo pouco compreendido. Fibras como quitosana, amido resistente e ácido algínico podem elevar absorção de zinco em com fitato (GOFF, 2006; COZZOLINO, 2007).

Alguns quelantes de ocorrência natural podem aumentar a disponibilidade do zinco, por formar complexos de zinco solúveis no intestino delgado, permitindo que o mineral alcance a borda em escova para ser absorvido. Peptídeos e aminoácidos, como cisteína e histidina, podem ser complexados ao zinco (GOFF, 2006).

O zinco só é tóxico em quantidades muito altas. A deficiência de zinco provoca rápida queda no consumo de ração, perda de apetite; redução na taxa de crescimento; redução da eficiência da utilização da ração, e mortalidade em casos severos. Em poedeiras pode causar redução na taxa de postura e queda na qualidade da casca. Deficiência de zinco na matriz pesada provoca queda na eclodibilidade e desenvolvimento embrionário comprometido ou mortalidade do embrião; empenamento pobre (SCOTT et al., 1982; RUTZ et al., 2005; BAIÃO & LUCIO, 2006; ATKINS & JONES, 2006; GOFF, 2006).

A deficiência de zinco pode causar lesões de pele e mudanças corneais semelhantes à deficiência de nutrientes como vitamina A, riboflavina, biotina, ácido pantotênico, piridoxina, ou ácidos graxos essenciais. Em lesões prolongadas causa enfraquecimento de parte da córnea do casco e paraqueratose de pele, pernas, cabeça e pescoço. A deficiência dietética de zinco também pode provocar pobre empenamento, espessamento e encurtamento dos ossos da perna; alargamento de jarrete, descamação cutânea, especialmente no pé, e discondroplasia tibial (SCOTT et al., 1982; BAIÃO & LUCIO, 2006; GOFF, 2006).

2.7. Ferro

O ferro é um dos elementos mais abundantes do planeta. Oxigênio, nitrogênio e enxofre são os ligantes de ferro mais comuns no sistema biológico. Existem quatro classes enzimáticas que contêm ferro: as proteínas contendo heme (hemoglobina,

mioglobina e citocromo); proteínas de transporte e armazenamento (transferrina, lactoferrina, ferritina e hemossiderina), enzimas contendo ferro e enxofre (flavoproteínas, heme flavoproteínas), enzimas da cadeia de elétrons (citocromo oxidase, ferredoxina, mieloperoxidase, catalase e o citocromo P450) e outras enzimas contendo ferro (ATKINS & JONES, 2006; GOFF, 2006; COZZOLINO, 2007).

O ferro é um mineral que funciona como componente da heme, molécula encontrada na hemoglobina e mioglobina, moléculas que transportam oxigênio nos eritrócitos e no músculo, respectivamente. A hemoglobina, a metaloproteína mais conhecida, contém um átomo de Fe^{2+} e está no centro do grupo heme. O Fe^{2+} da mioglobina e da hemoglobina é oxidado para Fe^{3+} , se transformando em metahemoglobina e perdendo sua habilidade em transporte de oxigênio. Enzimas no eritrócito podem reduzir a metahemoglobina, voltando à sua forma Fe^{2+} ativa (SCOTT et al., 1982; ATKINS & JONES, 2006; GOFF, 2006).

A maior parte do ferro contido nos alimentos ocorre na forma férrica Fe^{3+} , tendo baixa eficiência de absorção no trato intestinal. O intestino delgado proximal é onde ocorre absorção de maior parte do ferro. Para que ocorra sua absorção no trato intestinal, o ferro é reduzido à sua forma ferrosa (Fe^{2+}), ou por reação com ácidos estomacais ou com auxílio de uma ferrireductase que existe na parede da borda em escova. O ferro reduzido é transportado para o interior da célula, agrupando-se em complexos de baixo peso molecular, ligando-se a proteínas ou a receptores de ligação de ferro não-heme. No interior da célula, pode ocorrer o transporte do ferro para a membrana basolateral. Na membrana basolateral, as oxidases multicúpricas auxiliam o transporte do Fe^{2+} ao plasma. Essas enzimas oxidam o Fe^{2+} para o Fe^{3+} , ligando-os automaticamente à transferrina para o transporte sanguíneo (MAIORKA & MACARI, 2002; GOFF, 2006).

A quantidade de ferro no organismo é controlada pela sua absorção intestinal, e em menor quantidade pela sua excreção urinária e biliar. Ainda não se conhece o mecanismo exato de regulação intestinal de ferro. Usualmente, ocorre perda de ferro apenas através da perda sanguínea de ferro devido à ferida externa, ou por sangramento ou descamação do trato digestivo. O organismo possui mecanismos de regulação engenhosos para prevenir a absorção de ferro, devido a sua perda ser desprezível em condições normais. A transferrina é o componente transportador do ferro por todo o

organismo, tanto do ferro absorvido, do ferro do catabolismo da hemoglobina quanto do ferro da morte celular de todo o corpo (SCOTT et al., 1982; MAIORKA & MACARI, 2002).

O ferro interage com outros nutrientes dietéticos através de formas diferentes. O ferro pode competir com outros minerais pelo mesmo sítio de absorção. A deficiência de ferro aumenta a absorção de Co, Ni, Mn, Zn, Ca e chumbo. Porém, com exceção do zinco, não é evidente de que essa competição seja importante nutricionalmente para os seres humanos. O cálcio diminui a absorção de ferro, podendo agravar a anemia por deficiência desse mineral. Há diminuição no transporte de ferro na deficiência de vitamina A. O transporte e armazenamento de ferro podem ser influenciados pela vitamina C, sendo que essa vitamina também eleva a disponibilidade do ferro não-heme (COZZOLINO, 2007).

A forma química na qual o ferro se encontra pode facilitar a absorção. Boas fontes inorgânicas do ferro são o sulfato de ferro, citrato de ferro e glicerofosfato. Fontes pobres de ferro são o óxido ferro e carbonato ferroso. Gorduras insaturadas, taninos e fitatos podem diminuir a disponibilidade de ferro (MAIORKA & MACARI, 2002).

Não é comum encontrar deficiência de ferro em animais adultos devido às suas exigências nutricionais reduzidas. Em todos os animais, a deficiência de ferro resulta em severa anemia microcítica hipocrômica. A anemia é a maior deficiência provocada por um micronutriente, ocorrendo uma queda no transporte de oxigênio para músculos e cérebro. Como consequência da anemia, animais apresentam queda na ingestão alimentar e redução no ganho de peso. Também há uma diminuição da resposta do sistema imune, pois a ativação de mecanismos de oxirredução mediadas por átomos de metal estão reduzidas na deficiência de ferro, havendo maior morbidade e mortalidade. O excesso de ferro pode provocar uma condição conhecida como hemocromatose (SCOTT et al., 1982; GOFF, 2006; ATKINS & JONES, 2006; BAIÃO & LUCIO, 2006).

2.8. Cobre

O cobre é essencial para o metabolismo de animais, pois participa da formação da cartilagem e da formação óssea normal, na prevenção de doenças cardiovasculares e no

metabolismo do sistema imunológico. Também participa da formação de algumas enzimas. Em mamíferos, algumas enzimas contendo cobre são importantes para a saúde do sistema nervoso e de tecidos conectivos (ATKINS & JONES, 2006; BAIÃO & LUCIO, 2006; GOFF, 2006).

O cobre é componente da citocromo-c oxidase, que transporta elétrons durante a respiração aeróbica, e de enzimas com atividade de oxidação e redução, como a Cu-Zn superóxido dismutase, importante fator de proteção contra o dano provocado por radicais de oxigênio por catalisar a dismutação de radicais superóxido, gerando o peróxido de hidrogênio; lisil oxidase, que catalisa a formação de ligações cruzadas de desmosidina no colágeno e na elastina, ambas importantes na formação óssea e de tecidos conjuntivos fortes; dopamina β - hidrolase e ceruloplasmina. A superóxido dismutase do eritrócito é conhecida como eritrocupertina. Além dessas enzimas, o cobre também é componente da tirosinase, que é uma enzima importante na produção de melanina a partir da tirosina (GOFF, 2006; COZZOLINO, 2007).

O cobre apresenta particularidades pró e antioxidantes nos sistemas biológicos, podendo participar de enzimas que estão envolvidas no estresse oxidativo, catalisar modificações por oxidação nas lipoproteínas, modular a biossíntese e o metabolismo da LDL e do HDL e promover a modificação oxidativa da LDL in vitro e possivelmente na parede arterial (COZZOLINO, 2007).

Uma pequena parte do cobre é absorvida no proventrículo, entretanto é absorvido primariamente na mucosa do duodeno ligado à metalotioneína, por mecanismo mediado por carreador. O cobre recém-absorvido está ligado, no soro, à albumina; podendo também estar presente no plasma quelatado a aminoácidos. Este mineral se acumula no fígado após sua absorção e é liberado ligado à ceruloplasmina para a circulação. A deficiência aumenta a proporção de absorção do cobre fornecido na dieta. O excesso de zinco pode prejudicar a absorção de cobre, pois os dois minerais podem competir pela mesma proteína ligadora na mucosa intestinal. Uma dieta rica em zinco aumenta a concentração de metalotioneína na mucosa intestinal, bloqueando a absorção de cobre e induzindo sua deficiência por redução no transporte plasmático e por aumento da retenção intracelular de cobre. Além do ferro, o molibdênio, a cisteína, o ascorbato e o ácido 3-nitro-4-hidroxifenilarsênico, podem interferir na absorção do cobre por

formarem complexos não absorvíveis com o mineral (MAIORKA & MACARI, 2002; GOFF, 2006).

A deficiência de cobre provoca várias síndromes em diferentes espécies ou mesmo dentro de uma mesma espécie. Animais deficientes apresentam déficit no crescimento, fibrose do miocárdio e insuficiência cardíaca, ineficiência reproduzida devida a depressão no estro, e anemia. Também ocorrem desordens ósseas, como osteoporose e ossos frágeis e quebradiços, devido ao defeito das ligações cruzadas do colágeno, que acarretam na mineralização óssea reduzida, como consequência no prejuízo na atividade da lisil oxidase. Em aves jovens, a cartilagem epifiseal pode tornar-se espessa e com vascularização reduzida. Pode haver alteração na produção de melanina, levando à perda de pigmentação e crescimento anormal de penas (SCOTT et al., 1982; GOFF, 2006).

2.9. Manganês

O manganês (Mn) é importante na formação de ossos e cartilagens, por ser um cofator de várias enzimas importantes na formação do colágeno ósseo e cartilagem, acumulando-se nas mitocôndrias celulares e na matriz inorgânica do osso. Aparentemente o manganês é necessário para a incorporação do acetato no colesterol, para a síntese de ácidos graxos (como um quelato de manganês na acetoacetil-coenzima A), e para a fosforilação oxidativa na mitocôndria. Pode estar envolvido no metabolismo de aminoácidos, pois atua ativando algumas enzimas de hidrólise (p.ex. arginase), e na formação de quelatos com aminoácidos onde há participação do piridoxal fosfato. Esse complexo contendo manganês, o piridoxal fosfato e aminoácidos, é transportado mais rapidamente pelo organismo que os aminoácidos sozinhos (SCOTT et al., 1982; MAIORKA & MACARI, 2002; GOFF, 2006).

O manganês regula a atividade de receptores de neurotransmissores e de enzimas como glutamina sintetase, fosfoenolpiruvato descarboxilase e das metaloenzimas arginase e manganês superóxido dismutase (COZZOLINO, 2007). Essa última metaloenzima minimiza o acúmulo de formas reativas de oxigênio (GOFF, 2006). SCOTT et al. (1982) afirmaram que existem relatos de que várias enzimas, como a

cisteína desulfidrase, tiaminase, desoxirribonuclease, enolase, prolinase intestinal e glicil-L-leucina dipeptidase, podem ser ativadas in vitro de forma eficiente.

O fígado remove grande maioria do manganês dietético pela circulação porta, ligando-se à transferrina e sendo liberados para outros tecidos através da circulação. Ainda no fígado, possivelmente uma pequena porção do manganês absorvido liga-se à α -macroglobulina e albumina, sendo liberados pelo órgão para permanecer na circulação (GOFF, 2006; COZZOLINO, 2007).

O manganês absorvido além de suas necessidades é excretado através da bile e suco pancreático, quase não ocorrendo eliminação pela urina, provavelmente sendo reabsorvido como manganês ligado à bile. O manganês acumula-se no fígado proporcionalmente ao seu fornecimento na dieta. Esse órgão possui capacidade limitada de estocar manganês, mas durante períodos de deficiência, o estoque hepático pode satisfazer as necessidades corporais durante várias semanas. A deficiência foi relatada em espécies animais distintas, podendo ocorrer redução no crescimento; déficit no desempenho reprodutivo; interferência no desenvolvimento esquelético normal, ocorrendo redução na mineralização e, conseqüente, anormalidades como encurtamento ou deformação dos ossos (SCOTT et al., 1982; GOFF, 2006).

COZZOLINO (2007) relatou que a deficiência de Mn pode resultar em diminuição na tolerância à glicose; além de alterar o metabolismo de carboidratos e lipídios, resultando em hipocolesterolemia. Isso pode ocorrer porque o Mn é necessário em diversas etapas da biossíntese do colesterol, através da atividade enzimática da farnesil pirofosfato sintetase.

Em aves de postura como poedeiras e matrizes, há redução na taxa de postura e aumento de ovos com casca fina e sem casa. Em matrizes, a deficiência deste mineral ainda resulta em queda na eclodibilidade e aparecimento de anormalidades embrionárias, tal como condrodistrofia nutricional (SCOTT et al., 1982; RUTZ et al., 2005; BAIÃO & LUCIO, 2006).

A perose ocorre em aves jovens, sendo a síndrome de deficiência de manganês mais dramática. Caracteriza-se por alargamento e malformação da junta tibimetatarsica, ocorrendo também espessamento e encurtamento dos ossos da perna e deslizamento do gastrocnêmio. As alterações do esqueleto ocorrem devido a perda de galactotransferase e glicosil transfereas, enzimas importantes na produção de cartilagem e osso. A perose

pode ser agravada por alta ingestão de cálcio e fósforo (SCOTT et al., 1982; BAIÃO & LUCIO, 2006; GOFF, 2006).

SAZZAD et al. (2004) pesquisaram as exigências de manganês em poedeiras comerciais na primeira fase de produção através do efeito de níveis do mineral sobre o desempenho das aves. A taxa de postura, peso do ovo e a conversão alimentar não apresentaram diferença estatística entre os tratamentos. Provavelmente, não houve alterações nesses dados porque a dieta basal já contém a quantidade necessária de manganês para atender a exigência nutricional deste mineral para poedeiras.

2.10. Hemograma e perfil lipídico e energético no plasma

O sangue é o fluido biológico mais importante como sistema de transporte do corpo, responsável por conduzir o oxigênio ligado à hemoglobina dos eritrócitos do pulmão para os tecidos; e transporte de CO₂ dissolvido no plasma ou ligado à hemoglobina e a outras proteínas eritrocitárias, dos tecidos para os pulmões. O sangue é composto pelo plasma, a fração líquida na qual as hemácias e leucócitos, os constituintes celulares do sangue, estão suspensos. As aves possuem trombócitos, que são células nucleadas homólogas das plaquetas dos mamíferos. O plasma também absorve e transporta nutrientes e metabólitos do intestino para os tecidos; carrega produtos finais do metabolismo para eliminação do organismo; coordena das atividades de tecidos diferentes do organismo através do transporte de hormônios das glândulas endócrinas para as células alvo; controla a temperatura corporal, transportando calor dos tecidos termogênicos para a pele; exerce função protetora contra infecções através dos leucócitos; mantém o pH corporal; regula o conteúdo corporal de água, o equilíbrio ácido-básico e osmótico; e elimina os produtos derivados do catabolismo celular. (MACARI & LUQUETTI, 2002; BACILA, 2003; JUNQUEIRA & CARNEIRO, 2011).

O plasma é uma solução composta por 91 a 92% de água, e de 8 a 9% de sólidos de peso molecular pequeno ou elevado. Os constituintes sólidos mais abundantes do plasma são as proteínas plasmáticas. Em torno de 0,9% do plasma é composto de sais inorgânicos e o restante formado de compostos orgânicos variados, como vitaminas e coenzimas correspondentes, aminoácidos, hormônios e glicose; além de minerais, vários constituintes inorgânicos nitrogenados (não proteicos e proteicos) e não nitrogenados,

enzimas, vitaminas e suas coenzimas, e vários metabólitos e produtos do metabolismo terminal e de detoxificação. As proteínas plasmáticas são vários componentes com propriedades e funções distintas: as lipoproteínas, protrombina e fibrinogênio, as albuminas, globulinas são as principais proteínas plasmáticas (BACILA, 2003; REECE & SWENSON, 2006; JUNQUEIRA & CARNEIRO, 2011).

As lipoproteínas encontram-se entre as proteínas plasmáticas e são responsáveis pelo transporte de quase todos os lipídeos no plasma. Estas proteínas plasmáticas também são transportadores de metais, de selênio e talvez do α -tocoferol. A classificação das lipoproteínas em aves e mamíferos é realizada de acordo com a densidade, com o comportamento eletroforético e com seus coeficientes de variação. A densidade das lipoproteínas é determinada de acordo com sua proporção de lipídios (baixa densidade) e proteínas (alta densidade) (BACILA, 2003; BEITZ, 2006).

Os triglicerídeos dietéticos são transportados do intestino para os tecidos não hepáticos pelos quilomicrons. As lipoproteínas de muito baixa densidade (VLDL) contêm triglicerídeos formados primariamente no fígado. As lipoproteínas de muito baixa densidade (LDL) são derivadas do catabolismo do VLDL. As proteínas de alta densidade são formadas no fígado, e contêm a estrutura do colesterol plasmático. A LDL pode regular a síntese *de novo* de colesterol em tecidos não hepáticos, e a HDL pode promover o transporte de colesterol dos tecidos periféricos para o fígado (SMITH et al., 1978).

Poucas informações a respeito da hematologia de aves domésticas foram publicadas em um cenário clínico (WAKENELL, 2010), sendo os os valores de referência de contagem de hemácias para aves domésticas variam entre 2.500.000 a 3.000.000 células por μ L. Os valores de hemoglobina variam entre 7 a 13 g/dL, e o hematócrito normal para aves varia em torno de 22% a 35%. Segundo CAMPBELL (1994), existe uma grande variação no leucograma normal entre aves da mesma espécie.

O cobre é necessário para manter as atividades adequadas de metaloenzimas associadas com o metabolismo do ferro (SAMANTA et al., 2011). Devido à relação entre o colesterol e doença cardíaca coronariana em humanos, pesquisadores têm dedicado esforços consideráveis nos estudos de produtos redutores do colesterol. O cobre pode reduzir a concentração de colesterol no plasma e gema e alterar o metabolismo lipídico (LIEN et al., 2004).

Foram desenvolvidos alguns estudos que avaliaram o efeito de níveis crescentes e de fontes orgânicas e inorgânicas apenas do cobre no perfil lipídico de aves domésticas, demonstrando os efeitos benéficos da adição deste mineral na sua forma orgânica em frangos (CHOWDHURY *et al.*, 2004) e galinhas (IDOWU *et al.*, 2006; JEGEDE *et al.*, 2011; JEGEDE *et al.*, 2012), sendo eficiente na diminuição do colesterol (CHOWDHURY *et al.*, 2004; IDOWU *et al.*, 2006; JEGEDE *et al.*, 2011; JEGEDE *et al.*, 2012), de triglicerídeos; (JEGEDE *et al.*, 2011; JEGEDE *et al.*, 2012) e do LDL, bem como no aumento do HDL (AKSU *et al.*, 2010a)

Outros autores também não encontraram alterações nos parâmetros de triglicerídeos, HDL, LDL (SANDS & SMITH, 2002), glicose e colesterol (SANDS & SMITH, 2002; SALIM *et al.*, 2012) quando houve adição de proteinato de manganês (SANDS & SMITH, 2002) ou zinco orgânico (SALIM *et al.*, 2012) na dieta de frangos de corte.

Níveis diferentes de proteinato de cobre (Cu-P) também podem modificar o perfil bioquímico sanguíneo de poedeiras comerciais, com aumento de glicose, diminuição do colesterol com o uso de 300 e 450mg/kg, em comparação com o uso de 150mg/kg de Cu-P; mas aumento do HDL com a suplementação de 450mg/kg de Cu-P (GÜÇLÜ *et al.*, 2008).

MUNIZ *et al.* (2010) não observaram diferença no hematócrito, hemoglobina, eritrócitos, leucócitos e plaquetas ao fornecer fontes orgânicas e inorgânicas de minerais para leitões recém-desmamados. MELLO *et al.* (2010), estudando diferentes fontes e níveis de minerais para leitões recém-desmamados, também encontraram valores mais baixos de hematócrito, e hemoglobina e maior contagem de plaquetas para animais sem suplementação de microminerais, além de aumento da concentração de hemoglobina corpuscular média (CHCM).

2.11. Emissão de nutrientes no meio ambiente

Como em qualquer outra atividade humana, o desenvolvimento e o uso de sistemas de produção intensiva de animais contribuem para poluição ambiental (TAMMINGA, 1996). Embora o impacto ambiental provocado pela produção de aves tenha diminuído, pressões regulatórias e sociais induziram que melhorias fossem feitas para diminuir cada vez mais a poluição (POWERS & ANGEL, 2008).

Os procedimentos de manejo nutricional para melhorar condições ambientais sempre tiveram prioridade reconhecida em sistemas de produção sustentável de animais, (ADEOLA, 1999). Em muitos países, a maior preocupação é encontrar um equilíbrio entre a entrada e a eliminação de nitrogênio e de minerais por hectare de terra cultivada (JONGBLOED, 2008).

Resíduos provenientes de explorações agrícolas tem sido uma preocupação antiga no que diz respeito à contaminação dos recursos hídricos, especialmente em termos de poluição por nutrientes (BURKHOLDER et al., 2007), por exemplo, através da emissão de nitrogênio e fósforo (POWERS & ANGEL, 2008).

Para atender as necessidades nutricionais, vários microminerais são suplementados às dietas de frangos de corte, a citar, o Fe, Cu, Mn, Zn, I e Se. Quando estes minerais são adicionado às dietas em quantidades próximas às exigências dos animais, as quantidades excretadas são mínimas e não apresentam qualquer preocupação ambiental. Alguns minerais como Cu e Zn são incluídos nas dietas em concentrações bem acima das necessidades da ave devido à suas propriedades bacteriostática, bactericida e fungicida (SOUTHERN E BAKER, 1983; PESTI & BAKALLI, 1996).

Quantidades maiores de suplementos alimentares em relação às exigências das aves são frequentemente usadas para fornecer micro elementos, a fim de evitar problemas causados pela heterogeneidade dos ingredientes dietéticos utilizados na ração animal. Esta prática pode aumentar o risco de toxicidade do solo (MOHANNA & NYS, 1999).

A quantidade final de nutrientes emitidos no ambiente depende da eficiência de utilização de nutrientes pelos animais e da quantidade de nutrientes nas dietas. O excesso de nutrientes nas dietas pode resultar em baixa taxa de aproveitamento pelo animal, provocando poluição ambiental, causada pelo excesso de excreção (VAN DER KLIS & KEMME, 2002; LEESON, 2003).

O Zn e Cu em excesso são potencialmente fitotóxicos (ALVA et al., 2000) e diminuem a eficácia da fitase a retenção de fósforo (BANKS et al., 2004). O eventual acúmulo de níveis excessivos de Cu e Zn pode ocorrer em solos que receberam aplicações repetidas de adubo/excretas de aves e suínos. Tais minerais permanecem no solo e não migram para reservatórios de água exceto durante erosão do solo. Portanto, ocorrerá um acúmulo destes minerais no solo, a menos que sejam removidos por meio de produtos vegetais (FERKET et al., 2002).

Estratégias nutricionais bem sucedidas têm se focado em reduzir a eliminação de nutrientes, sendo a estratégia primária a minimização de nutrientes alimentares que estão além das necessidades nutricionais (POWERS & ANGEL, 2008).

O uso de minerais organicamente complexados tem sido indicado como uma solução para este problema, com base no princípio que complexos de minerais possuem maior biodisponibilidade que sais inorgânicos, podendo ser adicionados em concentrações muito menores, sem efeitos negativos no desempenho produtivo e reduzindo potencialmente a excreção de minerais (NOLLET et al., 2007). O cobre e o zinco ligados à metionina têm sido usados com sucesso em dietas para aves e suínos (PAIK, 2001).

Alguns estudos mostraram redução na eliminação de minerais na excreta quando foi utilizada a forma orgânica do mineral, quando comparada com a forma inorgânica. Suínos alimentados com dietas contendo óxido de zinco liberaram mais cobre fecal do que os alimentados com dietas contendo proteinato de zinco nos níveis de 150 ou 450ppm (BUFF et al., 2005). NOLLET et al. (2008), encontraram redução significativa de excreção de minerais na excreta de frangos alimentados com níveis de inclusão de 17%, 33% e 67% de minerais em forma orgânica, quando comparados à excreção de minerais de aves alimentadas com 100% de níveis de inclusão de minerais inorgânicos. ABDALLAH et al. (2009) avaliaram a adição de manganês orgânico na dieta de frangos de corte, e afirmaram que a excreção do mineral nas fezes é reduzida ao utilizar a forma orgânica, quando comparada à forma inorgânica.

BURREL et al. (2004) avaliaram o desempenho e a excreção mineral em frangos alimentados com concentrações diferentes de zinco em formas orgânica e inorgânica, havendo menor excreção fecal de zinco quando foi adicionada a forma orgânica do mineral. De forma contrária, DOZIER III et al. (2003) não observaram menor eliminação de cobre em frangos alimentados com cobre complexado com um aminoácido em relação àqueles alimentados com sulfato de cobre. MOHANNA & NYS (1999) também não encontraram evidências de que a zinco-metionina promove diminuição na eliminação de zinco nas excretas, quando comparada com o sulfato de zinco.

Desse modo, com base no exposto, o presente estudo tem como objetivo avaliar efeitos do uso de dietas contendo diferentes fontes e níveis de microminerais no, bem

como a retirada de suplementos de minerais no desempenho, qualidade interna e externa do ovo, hemograma, perfil lipídico, conteúdo de selênio na gema e excreção de minerais de poedeiras comerciais da linhagem Dekalb White de 40 a 60 semanas de idade.

O Capítulo II, intitulado **“EFEITO DE NÍVEIS E FONTES DE MICROMINERAIS SOBRE O DESEMPENHO E QUALIDADE DO OVO DE POEDEIRAS COMERCIAIS DE 40 A 60 SEMANAS DE IDADE.”** será submetido à publicação na Revista Brasileira de Ciência Avícola sob responsabilidade editorial da “Fundação APINCO de Ciência e Tecnologia Avícolas”, e tem como objetivo avaliar efeitos do uso de diferentes fontes e níveis de microminerais no desempenho e qualidade interna e externa do ovo de poedeiras comerciais da linhagem Dekalb White de 40 a 60 semanas de idade.

O Capítulo III, intitulado **“EFEITO DE NÍVEIS E FONTES DE MICROMINERAIS SOBRE O HEMOGRAMA, PERFIL LIPÍDICO, CONTEÚDO DE SELÊNIO NA GEMA E EXCREÇÃO DE MINERAIS DE POEDEIRAS COMERCIAIS DE 40 A 60 SEMANAS DE IDADE”** será submetido à publicação na Revista Brasileira de Ciência Avícola, sob responsabilidade editorial da “Fundação APINCO de Ciência e Tecnologia Avícolas”, e tem como objetivo avaliar efeitos do uso de diferentes fontes e níveis de microminerais no hemograma, perfil lipídico, conteúdo de selênio na gema e conteúdo de zinco, cobre, ferro e manganês na excreta de poedeiras comerciais da linhagem Dekalb White de 40 a 60 semanas de idade.

3. Referências Bibliográficas

ABDALLAH, A.G.; EL-HUSSEINY, O.M; ABDEL-LATIF, K.O. Influence of some dietary mineral organic supplementation on broiler performance. **International Journal of Poultry Science**, v.8, n.3, p.291-298. 2009.

ACDA, S.P.; CHAE, B.J. A Review on the Applications of Organic Trace Minerals in Pig Nutrition. **Pakistan Journal of Nutrition**, v.1, n.1, p.25-30. 2002

ADEOLA, O. Nutrient management procedures to enhance environmental conditions: an introduction. **Journal of Animal Science**, v.77, n.1, p.427-429, 1999.

AHMADI, F.; RAHIMI, F. Factors Affecting Quality and Quantity of Egg Production in Laying Hens: A Review. **World Applied Sciences Journal**, v.12, n.3, p.372-384, 2011.

AKSU, D.S.; AKSU, T.; Özsoy, B. The effects of lower supplementation levels of organically complexed minerals (zinc, copper and manganese) versus inorganic forms on hematological and biochemical parameters in broilers. **Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi**, v.6, n.4, p:553-559, 2010a.

AKSU, D.S.; AKSU, T.; ÖZSOY, B.; BAYTOK, E. The Effects of Replacing Inorganic with a Lower Level of Organically Complexed Minerals (Cu, Zn and Mn) in Broiler Diets on Lipid Peroxidation and Antioxidant Defense Systems. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v.23, p.8, p.1066 – 1072, 2010.

ALVA, A. K.; HUANG, B.; PARAMASIVAM, S. Soil pH affects copper fractionation and phytotoxicity. **Soil Science Society of America Journal, Madison**, v. 64, p. 955-962, 2000.

ARAÚJO, J.A.; SILVA, J.H.V.; AMÂNCIO, 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.

ASHMEAD, H.D. Comparative intestinal absorption and subsequent metabolism of metal amino acid chelates and inorganic metal salts. In: ASHMEAD, H.D. **The Roles of Amino Acid Chelates in Animal Nutrition**. New Jersey: Noyes Publications; 1993. p. 21-46

ASHMEAD, H.D.; ZUNINO, H. Factors which affect the intestinal absorption of minerals. In: ASHMEAD, H.D. **The Roles of Amino Acid Chelates in Animal Nutrition**. New Jersey: Noyes Publications; 1993. p. 21-46

ATKINS, P.; JONES, L. Os Elementos: Bloco *d*. In: _____. **Princípios de Química: Questionando a Vida Moderna e o Meio Ambiente**. 3ª edição. Porto Alegre: Bookman, 2006. p. 695-744

BACILA, M. **Bioquímica Veterinária – 2ª edição**. São Paulo: Robe Editorial. 2003. 582p

BAIÃO, N.C.; LÚCIO, C.G. Nutrição de matrizes pesadas. In: MACARI, M.; MENDES, A.A. **Manejo de matrizes de corte**. Facta, Campinas, 2005, p.197-216

BAIÃO, N.C.; LÚCIO, C.G. Nutrição de matrizes pesadas. In: MACARI, M.; MENDES, A.A. **Manejo de matrizes de corte**. Facta, Campinas, 2005, p.197-216

BANKS, K.M.; THOMPSON, K.L.; JAYNES, P.; APPLGATE, T.A. The effect of copper on the efficacy of phytase, growth, and phosphorus retention in broiler chicks. **Poultry Science**. v. 83, n.8, p. 1335-1341, 2004.

BEITZ, D.C. Metabolismo Lipídico. In: REECE, W.O. **Dukes Fisiologia dos Animais Domésticos**. 12ª edição. Rio de Janeiro, Guanabara Koogan, 2006. p. 476-492

BENNETT, D. C.; CHENG K. M. Selenium enrichment of table eggs. **Poultry Science**, v.89, n.10, p.2166–2172, 2010.

BUFF, C.E.; BOLLINGER, D.W.; ELLERSIECK, M.R.; BROMMELSIEK, W.A.; VEUM, T.L. Comparison of growth performance and zinc absorption, retention, and excretion in weanling pigs fed diets supplemented with zinc-polysaccharide or zinc oxide. **Journal of Animal Science**, v.83, n.10, p.2380-2386, 2005.

BURKHOLDER, J.; LIBRA, B.; WEYER, P.; HEATHCOTE, S.; KOLPIN, D.; THORNE, P.S.; WICHMAN, M. Impacts of waste from concentrated animal feeding operations on water quality. **Environmental Health Perspectives**, n.115, p.308–312, 2007.

BURRELL, A. L. Responses of broilers to dietary zinc concentrations and sources in relation to environmental implications. **British Poultry Science**, v. 45, n. 2, p. 255-263, 2004.

CAMPBELL, T.W. Hematology. In: RITCHIE, B.W.; HARRISON, G.J.; HARRISON, L.R. **Avian Medicine: Principles and Application**. Lake Worth: Wingers Publishing. 2004. p.176-198

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

CHEKANI-AZAR, S.; MANSOUB, N.H.; TEHRANI, A. A.; AGHDAM, F.V.; MIZBAN, S. Effect of Replacing Inorganic by Organic Selenium Sources in Diet of Male Broilers on Selenium and Vitamin E Contents and Oxidative Stability of Meat. **Journal of Animal and Veterinary Advances**. v.9, n. 10, p.1501-1505, 2010

CHOWDHURY, S.D.; PAIK, I.K.; NAMKUNGB, H.; LIMB, H.S. Responses of broiler chickens to organic copper fed in the form of copper–methionine chelate. **Animal Feed Science and Technology**, v.115, n.3-4, p. 281–293, 2004.

COSTA, F.G.P.; SILVA, J.H.V.; LIMA, R.C.; OLIVEIRA, C.F.S.; RODRIGUES, V.P.; PINHEIRO, S.G. Scientific progress in the production of monogastric in the first decade of the twenty-first century. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, suplemento especial, p.288-302, 2010.

COZZOLINO, S.M.F. **Biodisponibilidade de Nutrientes**. 2ª edição. Barueri: Manole. 2007. 878p

CROMWELL, G.L.; BAER, C.K. Setting the NRC standards for minerals – were we right? In: TAYLOR PICKARD, J.A.; TUCKER, L.A. **Re-defining Mineral Nutrition**. Nottingham University Press. 2005. p. 1-20

DOZIER III, W. A.; DAVIS, A.J.; FREEMAN, M.E.; WARD, T.L. Early growth and environmental implications of dietary zinc and copper concentrations and sources of broiler chicks. **British Poultry Science**. v. 44, n. 5, p. 726-731, 2003.

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

FENG, J.; MA, W. Q.; NIU, H. H.; WU; X. M.; WANG, Y.; FENG, J. Effects of Zinc Glycine Chelate on Growth, Hematological, and Immunological Characteristics in Broilers. **Biological Trace Element Research**. v.133, n.2, p.203-211, 2010.

FERKET, P.R.; VAN HEUGTEN, E.; VAN KEMPEN, T.A.T.G.; ANGEL, R. Nutritional strategies to reduce environmental emissions from nonruminants. **Journal of Animal Science**, v.80, E-Suppl 2, p.E168-E182, 2002.

FISININ, V.I.; PAPAZYAN, T.T.; SURAI, P.F. Producing selenium-enriched eggs and meat to improve the selenium status of the general population. **Critical Reviews in Biotechnology**, v.29, n.1, p.18–28, 2009.

GAJČEVIĆ, Z.; KRALIK, G.; HAS-SCHÖN, E.; PAVIĆ, V. Effects of organic selenium supplemented to layer diet on table egg freshness and selenium content. **Italian Journal of Animal Science**, vol. 8, n.2, p.189-199, 2009.

GOFF, J.P. Minerais. In: REECE, W.O. **Dukes Fisiologia dos Animais Domésticos**. 12ª edição. Rio de Janeiro, Guanabara Koogan, 2006. p. 532-555

GOLUBKINA, N.A.; PAPAZYAN, T.T. Selenium distribution in eggs of avian species. **Comparative Biochemistry and Physiology, Part B**, v.145, n.3-4, p.384–388, 2006.

GÜÇLÜ, B.K.; KARA, K.; BEYAZ, L.; UYANIK, F.; EREN, M.; ATASEVER, A. Influence of Dietary Copper Proteinate on Performance, Selected Biochemical Parameters, Lipid Peroxidation, Liver, and Egg Copper Content in Laying Hens. **Biological Trace Element Research**, v.125, n.2, p.160–169, 2008.

HAFEZ, B.; HAFEZ, E.S.E. Reprodução em Aves: Macho e Fêmea. In: _____. **Reprodução animal**. Sétima edição. Barueri: Manole. 2004. p. 237-257.

IDOWU, O.M.O.; LANIYAN, T.F.; KUYE, O.A.; OLADELE-OJO, V.O.; ERUVBETINE, D. Effect of copper salts on performance cholesterol, residues in liver, eggs and excreta of laying hens. **Archivos de Zootecnia**, v.55, n.212, p. 327-338, 2006.

JEGEDE, A.V.; ODUGUWA, O.O.; BAMGBOSE, A.M.; FANIMO, A.O.; NOLLET, L. Growth response, blood characteristics and copper accumulation in organs of broilers fed on diets supplemented with organic and inorganic dietary copper sources. **British Poultry Science**, v.52, n.1, p.133-139, 2011.

JEGEDE, A.V.; ODUGUWA, O.O.; OSO, A.O.; FAFIOLU, A.O.; IDOWU, O.M.O.; NOLLET, L. Growth performance, blood characteristics and plasma lipids of growing pullet fed dietary concentrations of organic and inorganic copper sources. **Livestock Science**, v.145, v.1-3, p.298-302, 2012.

JONGBLOED, A.W. Environmental pollution control in pigs by using nutrition tools. **Revista Brasileira de Zootecnia**, n.37, suplemento especial, p.215-229, 2008.

JUNQUEIRA, L.C.U.; CARNEIRO, J. Células do sangue. In: _____. **Histologia Básica**. 11ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan. 2011. p. 221-236.

KOVACS-NOLAN, J.; PHILLIPS, M.; MINE, Y. Advances in the Value of Eggs and Egg Components for Human Health. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.53, n.22, p.8421-31, 2005.

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, Nottingham. Proceedings... Nottingham: Altech's, 2003. 1 CD-ROM.

LEESON, S. Trace mineral requirements of poultry – validity of the NRC recommendations. In: TAYLOR PICKARD, J.A.; TUCKER, L.A. **Re-defining Mineral Nutrition**. Nottingham University Press. 2005. p. 107-118.

LIEN, T.F.; CHEN, K.L.; WU, C.P.; LU, J. J. Effects of supplemental copper and chromium on the serum and egg traits of laying hens. **British Poultry Science**, v.45, n.4, p. 535-539, 2004.

LYONS, M.P.; PAPAZYAN, T.T.; SURAI, P.F. Selenium in Food Chain and Animal Nutrition: Lessons from Nature –Review. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v.20, p.7, p.1135 – 1155, 2007.

MACARI, M.; LUQUETTI, B.C. Fisiologia Cardiovascular. In: MACARI, M.; FURLAN, R. L.; Gonzales, E. **Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte**. 2ª edição. Jaboticabal: Funep/Unesp, 2002. p. 17-35

MACIEL, M.P.; SARAIVA, E.P.; AGUIAR, É.F.; RIBEIRO, P.A.P.; PASSOS, D.P.; SILVA, J.B. Effect of using organic microminerals on performance and external quality of eggs of commercial laying hens at the end of laying. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.39, n.2, p.344-348, 2010

MAIORKA, A.; MACARI, M. Absorção de minerais. In: MACARI, M.; FURLAN, R. L.; GONZALES, E. **Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte**. 2. ed. Jaboticabal: UNESP; FUNEP, 2002. p. 167-173.

MANTOVANI, A.; FRAZZOLI, C.; CUBADDA, F. Organic forms of trace elements as feed additives: Assessment of risks and benefits for farm animals and consumers. **Pure and Applied Chemistry**, v.82, n.2, p.393–407, 2010.

MELLO, G.; BERTO, D.A.; TIERZO, V.L.; AUGUSTO, R.M.N.; SILVA, A.M.R.; TRINDADE NETO, M.A.; VILLELA, C.C.E.J.; GIRÃO, L.V.C. Sources of organic trace minerals in diets for weaned piglets. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.41, n.8, p.1872-1877, 2012.

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

MOHANNA, C.; NYS, Y. Effect of dietary zinc content and sources on the growth, body zinc deposition and retention, zinc excretion and immune response in chickens. **British Poultry Science**, v. 40, n. 1, p. 108-114, 1999.

MUNIZ, M.H.B.; BERTO, D.A.; AUGUSTO, R.M.N.; TRINDADE NETO, M.A.; WECHSLER, F.S.; TIERZO, V.L.; HAUPTLI, L. Fontes de minerais orgânicos e inorgânicos para leitões desmamados. **Ciência Rural**. v.40, n.10, p.2163-2168, 2010.

NOLLET, L.; HUYGHEBAERT, G.; SPRING, P. Effect of Different Levels of Dietary Organic (Bioplex) Trace Minerals on Live Performance of Broiler Chickens by Growth Phases. **The Journal of Applied Poultry Research**, v.17, n.1, p.109–115, 2008.

NOLLET, L.; VAN DER KLIS, J.D.; LENSING, M.; SPRING, P. The Effect of Replacing Inorganic With Organic Trace Minerals in Broiler Diets on Productive Performance and Mineral Excretion. **The Journal of Applied Poultry Research**, v.16, p.592–597, 2007.

NOVELLO, D.; FRANCESCHINI, P.; QUINTILIANO, D.A.; OST, P.R. Ovo: Conceitos, análises e controvérsias na saúde humana. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, v.56, n.4, p.315-320, 2006.

NUNES, J.K.; SANTOS, V.L.; ROSSI, P.; ANCIUTI, M.A.; RUTZ, F.; MAIER, J.C.; SILVA, J.G.C. Qualidade de ovos e resistência óssea de poedeiras alimentadas com minerais orgânicos. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**. v.65, n.2, p.610-618, 2013

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.

PAIK, J.K.. Management of Excretion of Phosphorus, Nitrogen and Pharmacological Level Minerals to Reduce Environmental Pollution from Animal Production. — Review. *Asian - Australasian Journal of Animal Sciences*. v.14, n.3, p.384-394, 2001.

PAN, C.; ZHAO, Y.; LIAO, S.F; CHEN, F.; QIN, S.; WU, X.; ZHOU, H.; HUANG, K.. Effect of Selenium-Enriched Probiotics on Laying Performance, Egg Quality, Egg Selenium Content, and Egg Glutathione Peroxidase Activity. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.59, n.21, p.11424–11431, 2011.

PAN, C; HUANG, K.; ZHAO, Y.; QIN, S.; CHEN, F.; HU, Q. Effect of Selenium Source and Level in Hen's Diet on Tissue Selenium Deposition and Egg Selenium Concentrations. **The Journal of Agricultural and Food Chemistry**. n.55, v.3, p.1027-1032, 2007.

PATON, N.D.; CANTOR, A.H.; PESCATORE, A.J.; FORD, M.J.; SMITH, C.A. The Effect of dietary selenium source and level on the uptake of selenium by developing chick embryos. **Poultry Science**. 2002, 81(10): 1548–1554

PESTI, G. M.; BAKALLI, R. I. Studies on the feeding of cupric sulfate pentahydrate and cupric citrate to broiler chickens. **Poultry Science**, v. 75, n.9, p. 1086-1091, 1996.

POWERS, W.; ANGEL, R. A Review of the Capacity for Nutritional Strategies to Address Environmental Challenges in Poultry Production, **Poultry Science**, v.87, n.10, p.1929–1938, 2008.

REECE, W.O.; SWENSON, M.J. Composição e Funções do Sangue. In: REECE, W.O. **Dukes Fisiologia dos Animais Domésticos**. 12ª edição. Rio de Janeiro, Guanabara Koogan, 2006. p. 24-48.

REIS, R.N.; VIEIRA, S.L.; NASCIMENTO, P.C.; PEÑA, J.E.; BARROS, R.; TORRES, C.A. Selenium contents of eggs from broiler breeders supplemented with sodium selenite or zinc-l-selenium-methionine. **The Journal of Applied Poultry Research**, v.18, n.2, p.151–157, 2009.

RICHARDS, M.P. Trace Mineral Metabolism In The Avian Embryo. **Poultry Science**, v.76, n.1, p.152–164, 1997.

ROBERTS, J.R. Factors affecting egg internal quality and egg shell quality in laying hens. **Journal of Poultry Science**, v.41, n.3, p.161-177, 2004.

ROBERTS, J.R.; BALL, W. Eggshell and eggshell quality guidelines for the Australian egg industry. In: PROCEEDINGS OF AUSTRALIAN POULTRY SCIENCE SYMPOSIUM; 2003; Sydney. **15th Annual Australian Poultry Science Symposium**; Sydney, 2003, p.91-94

RUTZ, F.; ANCIUTI, M.A.; PAN, E.A. Fisiologia e manejo reprodutivo das aves. In: MACARI, M.; MENDES, A.A. **Manejo de matrizes de corte**. 2005; Facta, Campinas, p. 75-143.

SALIM, H. M.; LEE, H. R.; JO, C.; LEE, S. K.; LEE, B. D. Effect of sex and dietary organic zinc on growth performance, carcass traits, tissue mineral content, and blood parameters of broiler chickens. **Biological Trace Element Research**. v.147, n.1-3, p.120–129, 2012.

SAMANTA, B.; BISWAS, A.; GHOSH P.R. Effects of dietary copper supplementation on production performance and plasma biochemical parameters in broiler chickens. **British Poultry Science**, v.52, n.5, p.573—577, 2011.

SANDS, J.S.; SMITH, M.O. Effects of dietary manganese proteinate or chromium picolinate supplementation on plasma insulin, glucagon, glucose and serum lipids in broiler chickens reared under thermoneutral or heat stress conditions. **International Journal of Poultry Science**, v.1, n.5, p.145-149, 2002.

SAZZAD, H.M.; BERTECHINI, A.G.; NOBRE P.T.C. Egg production, tissue deposition and mineral metabolism in two strains of commercial layers with various levels of manganese in diets. **Animal Feed Science and Technology**, v.46, n.3, p.271-275, 1994.

SCOTT, M.L.; NESHEIM, M.C.; YOUNG, R.J. Essential inorganic elements In: _____, R.J. **Nutrition of the chicken**. Third edition, 1982. Ithaca, New York: M.L. Scott & Associates, p.277-382

SECHINATO, A.S.; ALBUQUERQUE, R.; NAKADA, S. Efeito da suplementação dietética com micro minerais orgânicos na produção de galinhas poedeiras. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v. 43, n. 2, p. 159-166, 2006.

SILVERSIDES, F.G.; SCOTT, T.A. Effect of Storage and Layer Age on Quality of Eggs From Two Lines of Hens. **Poultry Science**, v.80, p.8, p.1240–1245, 2001.

SKŘIVAN, M.; ŠIMANĚ, J.; DLOUHA, G.; DOUCHA, J. Effect of dietary sodium selenite, Se-enriched yeast and Se-enriched Chlorella on egg Se concentration, physical parameters of eggs and laying hen production. **Czech Journal of Animal Science**. v.51, n.4, p.163–167, 2006.

SMITH, L.C.; POWNALL, H.J.; GOTTO Jr, A.M. The plasma lipoproteins: structure and metabolism. **Annual Review of Biochemistry**, v.47, p.751-777, 1978.

SOUTHERN, L.L.; BAKER, D.H. Eimeria acervulina infection and zinc-copper interrelationship in the chick. **Poultry Science**, v. 62, p. 401-404, 1983.

SPEARS, J.W. Reevaluation of the Metabolic Essentiality of the Minerals (A review). **Asian Australian Journal of Animal Science**, v.12, p.6, p.1002-1008, 1999.

SURAI, P.F; KARADAS, F.; PAPPAS, A.C.; SPARKS, N.H.C. Effect of organic selenium in quail diet on its accumulation in tissues and transfer to the progeny. **British Poultry Science**. v.47, n.1, p.65—72, 2006.

TAMMINGA, S. A review on environmental impacts of nutritional strategies in ruminants. **Journal of Animal Science**, v.74, n.12, p.3112-3124, 1996.

VAN DER KLIS, J. D.; KEMME, A. D. An appraisal of trace elements: inorganic and organic. In: McNAB, J. M.; BOORMAN, K. N. Poultry feedstuffs: supply, composition and nutritive value. Wallingford: CAB International, 2002. p. 99-108.

WAKENELL, P.S. Hematology of Chickens and Turkeys. In: WEISS, D.J.; WARDROP, K.J. (Eds): **Schalm's veterinary hematology** (6th ed). Wiley-Blackwell. 2010. p. 958-967

YAROSHENKO, F.O.; DVORSKA, J.E.; SURAI, P.F.; SPARKS, N.H.C. Selenium-enriched eggs as a source of selenium for human consumption *Applied Biotechnology, Food Science and Policy*, n.1, v.1, p.13–23, 2003.

YUAN, J.; XU, Z.; HUANG, C.; ZHOU, S.; GUO, Y. Effect of dietary Mintrex-Zn/Mn on performance, gene expression of Zn transfer proteins, activities of Zn/Mn related enzymes and fecal mineral excretion in broiler chickens. *Animal Feed Science and Technology*, v.168, n.1-2, p.72–79, 2011.

ZITA, L.; TŮMOVÁ, E.; ŠTOLC, L. Effects of Genotype, Age and Their Interaction on Egg Quality in Brown-Egg Laying Hens. *Acta Veterinaria Brno*, v.78, n.1, p.85–91, 2009.

CAPÍTULO II

EFEITO DE NÍVEIS E FONTES DE MICROMINERAIS SOBRE O DESEMPENHO
E QUALIDADE DO OVO DE POEDEIRAS COMERCIAIS DE 40 A 60
SEMANAS DE IDADE

EFEITO DE NÍVEIS E FONTES DE MICROMINERAIS NO DESEMPENHO E QUALIDADE DO OVO DE POEDEIRAS COMERCIAIS DE 40 A 60 SEMANAS DE IDADE.

Resumo

O estudo teve como objetivo avaliar a adição de fontes inorgânicas e diferentes níveis de microminerais de fontes orgânicas no desempenho e qualidade de ovos de poedeiras comerciais. Um total de 192 aves foram distribuídas em delineamento inteiramente casualizados, em 6 tratamentos, com 8 repetições de 4 aves cada, nos tratamentos: 1 - controle negativo (sem suplementação de microminerais); 2 - controle positivo (100% dos níveis de inclusão de minerais de fontes inorgânicas); 3 - 100% do nível de inclusão de microminerais de fontes orgânicas (MO); 4 - 75% de MO; 5 - 50% de MO; e 6 - 25% de MO. Os suplementos de minerais avaliados continham selênio, zinco, ferro, cobre, manganês e iodo. Parâmetros de desempenho (consumo de ração, peso médio do ovo, taxa de postura de ovos, taxa de ovos inutilizados, massa de ovo, conversão alimentar por massa de ovos e por dúzia de ovos) e qualidade de ovo (gravidade específica; cor e porcentagem de gema; espessura e porcentagem de casca; porcentagem de albúmen e Unidade Haugh) foram avaliados. Nas condições do presente estudo, o uso de Bioplex[®]TR Se em qualquer nível de inclusão na dieta não modificou nenhuma das variáveis de desempenho e qualidade interna e externa do ovo, comparado à dietas sem suplementação de minerais e com minerais em forma inorgânica. Os tratamentos contendo 100% de mineral inorgânico e 100% de minerais na forma de proteinato apresentaram maior taxa de postura quando comparado ao tratamento sem suplementação de minerais.

Palavras-chave: proteinato de minerais, parâmetros produtivos, qualidade interna e externa.

EFFECT OF LEVELS AND SOURCES OF TRACE MINERALS ON PERFORMANCE AND EGG QUALITY OF LAYING HENS FROM 40 A 60 WEEKS OLD.

Abstract

This study aimed to evaluate the addition of inorganic sources and different levels of organic sources of trace minerals on performance and egg quality of laying hens. A total of 192 birds were distributed in completely randomized design of 6 treatments with 8 replicates of 4 birds each in treatments: 1 - negative control (without supplementation of trace minerals), 2 - positive control (100% inclusion levels of inorganic mineral sources), 3 - 100 % of inclusion level of organic trace minerals (OM), 4 - 75 % of OM; 5 - 50 % of OM, and 6 - 25 % of OM. The evaluated mineral supplements contained selenium, zinc, iron, copper, manganese and iodine. Performance parameters (feed intake, average egg weight, egg production, unused egg rate, egg mass, feed conversion by egg mass and per dozen eggs) and egg quality (specific weight, color and yolk percentage, eggshell thickness and shell percentage, albumen percentage and Haugh Unit) were evaluated. Under the conditions of this study, the use of Bioplex ® TR Se at any level of inclusion in the diet did not changed any of the variables of performance and internal and external egg quality, compared to diets without supplementation of minerals and minerals in inorganic form. The treatments with 100% of inorganic trace mineral and 100% of mineral proteinate had higher egg production compared to treatment without mineral supplementation.

Key-words: proteinate minerals, performance, internal and external quality.

1. Introdução

A atividade industrial de produção de ovos está sempre melhorando a eficiência produtiva e econômica através da exploração do potencial genético apresentado pelas poedeiras comerciais. Para que isso ocorra, é necessário que as aves recebam aporte nutricional, e estejam em estado sanitário adequados (FASSANI *et al.*, 2000; BAIÃO & LUCIO, 2006).

Nutrientes presentes em pequenas quantidades na dieta como as vitaminas e os minerais, são essenciais para que as rotas metabólicas funcionem adequadamente (RUTZ *et al.*, 2005). Aminoácidos, vitaminas e minerais são necessários para a manutenção, crescimento e reprodução (CROMWELL & BAER, 2005; BAIÃO & LUCIO, 2006), podendo também apresentar função estrutural e atuar como co-fatores de enzimas celulares dos embriões ou de membranas extraembrionárias (RUTZ *et al.*, 2005).

Recentemente, tem sido recomendado o uso de minerais de fonte orgânica em doses mais baixas na dieta de animais. Espera-se que fontes orgânicas sejam mais biodisponíveis que fontes inorgânicas, tendo melhor absorção e retenção no organismo. A maior biodisponibilidade também pode melhorar a deposição de minerais em tecidos comestíveis (AKSU *et al.*, 2010; COSTA *et al.*, 2010; MANTOVANI *et al.*, 2010).

A qualidade da casca pode ser afetada pelos minerais de fontes orgânicas, devido às suas propriedades catalíticas como constituintes de enzimas importantes no processo de síntese da casca, e por interagir diretamente com cristais de cálcio durante formação da casca (MABE *et al.*, 2003).

O uso de minerais em forma orgânica, quando comparado com os mesmos minerais em forma inorgânica, pode promover melhorias nos índices produtivos e de qualidade interna e externa do ovo de poedeiras comerciais, como ficou demonstrado em alguns estudos, onde a suplementação de dieta basal com 50% de zinco, cobre e manganês em forma orgânica para poedeiras comerciais promoveu maior peso de ovo, maior gravidade específica e menor porcentagem de ovos inutilizados (MACIEL *et al.* 2010).

FENG *et al.* (2010), avaliando o efeito de zinco-glicina (Zn-Gly) em frangos de corte, encontraram aumento no desempenho tanto no uso do zinco-glicina quanto no uso de ZnSO₄ após o 21º e o 42º dias de experimento, com maior consumo de ração

observado em frangos alimentados com 90 mg/Zn kg⁻¹ de Zn-Gly, mas com o maior ganho de peso observado para as aves alimentadas com 120 mg/kg de Zn-Gly (0-3 semanas) e 90 mg/Zn kg⁻¹ de Zn-Gly (4-6 semanas).

O fornecimento de dietas suplementadas com nível intermediário de minerais em forma orgânica, em nível intermediário (dieta basal + 0,2ppm de Se levedura + 40ppm de proteinato de Zn + 40ppm de proteinato de Mn + 20ppm de proteinato de Fe + 4,0ppm de proteinato de Cu + 0,5ppm de iodato de Ca) de substituição dos minerais inorgânicos para poedeiras semipesadas resultou no aumento no peso do ovo e peso de albúmen, sem alteração das demais características de qualidade externa e interna dos ovos (NUNES *et al.*, 2013).

Outras pesquisas avaliando a adição de minerais em forma orgânica demonstraram efeitos diferentes do desempenho e qualidade do ovo. O aumento na suplementação de 0 para 250mg/kg de Cu tanto na forma de sulfato de cobre pentahidratado como na forma de sulfato de cobre aumentaram a taxa de postura e a Unidade Haugh, enquanto o consumo de ração e a conversão alimentar por dúzia de ovos diminuíram (IDOWU *et al.*, 2006). A suplementação dietética de zinco orgânico (25ppm) não afetou o desempenho e a qualidade da pele, mas aumentou o teor de Zn na coxa e teor plasmático de Ca de frangos de corte (SALIM *et al.*, 2012). SECHINATO *et al.* (2006), avaliando índices de produtividade de poedeiras comerciais recebendo suplementação com fontes orgânicas e inorgânicas de zinco, cobre, manganês, selênio e ferro, encontraram menor valor de massa de ovo de aves recebendo dietas contendo apenas ferro quelatado.

O presente trabalho tem como objetivo avaliar efeitos do uso de dietas contendo diferentes fontes e níveis de microminerais no desempenho, qualidade interna e externa do ovo de poedeiras comerciais da linhagem Dekalb White de 40 a 60 semanas de idade.

2. Material e Métodos.

O experimento foi conduzido em galpão para poedeiras comerciais da Câmara Bioclimática, localizado na Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” - Campus de Botucatu. Um

total de 192 galinhas poedeiras da linhagem Dekalb White, com 40 semanas de idade, foram alojadas em gaiolas metálicas. Cada gaiola comportava quatro poedeiras e continha um comedouro metálico tipo calha e um bebedouro tipo *nipple*. Foi adotado um programa de luz de 16h30min (luz artificial + natural). O período experimental se estendeu até a 60ª semana de vida das aves.

As aves foram distribuídas em delineamento inteiramente casualizados, em seis tratamentos, com oito repetições de 4 aves cada. Os tratamentos consistiram em: 1 (Cont Neg)- controle negativo (sem suplementação de minerais); 2 (Inorg)- controle positivo (100% dos níveis de inclusão de minerais de fontes inorgânicas); 3 (Org-100) – 100% dos níveis de inclusão de minerais de fontes orgânicas; 4 (Org-75) – 75% de minerais de fontes orgânicas; 5 (Org-50) – 50% de minerais de fontes orgânicas; e 6 (Org-25) – 25% de minerais de fontes orgânicas. Ambos os suplementos de minerais avaliados continham selênio, zinco, ferro, cobre e manganês, e iodo. Em ambos os suplementos, o iodo se apresenta na forma inorgânica. O tratamento com suplemento de minerais em forma inorgânica continha monóxido de manganês, óxido de zinco, selenito de sódio, sulfato de cobre e sulfato de ferro e iodato de cálcio. Para os suplementos em forma orgânica, foram utilizados minerais ligados à proteína (Bioplex[®] TR Se).

A Tabela 1 apresenta os níveis calculados de minerais dos suplementos utilizados nas dietas de acordo com cada tratamento, exceto para o Cont Neg, que não continha nenhum suplemento de minerais.

Tabela 1. Distribuição dos tratamentos de acordo com a suplementação mineral e valores recomendados de suplementação de minerais nas rações de poedeiras comerciais para a fase estudada segundo Rostagno *et al.* (2011).

Tratamento	Inorg	Org-100	Org-75	Org-50	Org-25	Rostagno <i>et al.</i> (2011)
Nível de inclusão	0,5kg/ton	1,2kg/ton	0,9kg/ton	0,6kg/ton	0,3kg/ton	1,1kg/ton
	Quantidade de minerais (mg/kg)					
Mn	78,00	60,00	45,00	30,00	15,00	77,00
Zn	55,00	48,00	36,00	24,00	12,00	71,50
Fe	48,00	36,00	27,00	18,00	9,00	55,00
Cu	10,00	7,20	5,40	3,60	2,80	11,00
I	1,40	0,48	0,36	0,24	0,12	1,10
Se	0,18	0,216	0,162	0,108	0,054	0,33

As dietas foram formuladas à base de milho e farelo de soja, para serem isoenergéticas e isoprotéicas, satisfazendo as exigências nutricionais propostas por ROSTAGNO *et al.* (2011), variando apenas as quantidades de suplementos de mineral e de inerte, de acordo com os tratamentos propostos (Tabela 1). A Tabela 2 apresenta a formulação das rações experimentais.

Tabela 2. Composição percentual e níveis nutricionais calculados das dietas experimentais.

Ingredientes	Cont Neg	Inorg	Org- 100	Org-75	Org-50	Org-25
Milho, grão	64,135	64,135	64,135	64,135	64,135	64,135
Soja, farelo	24,037	24,037	24,037	24,037	24,037	24,037
Calcário calcítico	9,439	9,439	9,439	9,439	9,439	9,439
Soja, óleo bruto	0,548	0,548	0,548	0,548	0,548	0,548
Fosfato bicálcico	1,081	1,081	1,081	1,081	1,081	1,081
Sal comum	0,350	0,350	0,350	0,350	0,350	0,350
Bicarbonato de sódio	0,013	0,013	0,013	0,013	0,013	0,013
DL-Metionina	0,163	0,163	0,163	0,163	0,163	0,163
Suplemento vitamínico ¹	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
Casca de arroz	0,134	0,084	0,014	0,044	0,074	0,104
Suplemento mineral orgânico ²	0,000	0,000	0,120	0,090	0,060	0,030
Suplemento mineral inorgânico ³	0,000	0,050	0,000	0,000	0,000	0,000
Total	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Nutrientes Calculados						
EM (kcal/kg)	2.800	2.800	2.800	2.800	2.800	2.800
PB (%)	16,02	16,02	16,02	16,02	16,02	16,02
Ca (%)	3,900	3,900	3,900	3,900	3,900	3,900
P Disp (%)	0,291	0,291	0,291	0,291	0,291	0,291
Met (%)	0,390	0,390	0,390	0,390	0,390	0,390
AAS (%)	0,618	0,618	0,618	0,618	0,618	0,618
K (%)	0,626	0,626	0,626	0,626	0,626	0,626
Na (%)	0,160	0,160	0,160	0,160	0,160	0,160
Cl (%)	0,259	0,259	0,259	0,259	0,259	0,259

¹Níveis de garantia/kg do produto (mín.): ácido fólico, 100mg; ácido pantotênico, 6.000mg; BHT, 1.000mg; biotina, 5mg; niacina, 20g; vitamina A, 7.000.000 UI; vitamina B1, 250mg; vitamina B12, 6.000mg; vitamina B2, 3.000mg; vitamina B6, 150mg; vitamina D3, 2.500.000 UI; E, 8.000mg; K3, 1.200mg. ²Níveis de garantia/kg do produto (mín.): manganês, 50g; Zinco, 40g; Ferro, 30g; Cobre, 6g; Iodo (mín.) 400 mg; Selênio (mín.) 180 mg. ³Níveis de garantia/kg do produto: Manganês, 156g; Zinco, 110g; Ferro, 96g; Cobre, 20g; Iodo (mín.) 1.400 mg; Selênio (mín.) 360 mg.

Diariamente foi feito o registro dos ovos coletados em cada gaiola, devidamente identificada por tratamento. Semanalmente, as sobras de ração dos comedouros e dos baldes individualizados e identificados de acordo com a respectiva gaiola, foram pesadas juntamente com os ovos de cada parcela. Os dados registrados semanalmente

foram utilizados nos cálculos dos parâmetros produtivos de conversão alimentar, peso de ovo, massa de ovo, taxa de postura (soma do total de ovos inteiros e ovos inutilizados), porcentagem de ovos inutilizados (ovos trincados e com casca mole), conversão alimentar por kg de ovo e conversão alimentar por dúzia de ovos.

Para a avaliação de qualidades interna e externa dos ovos, ao final de cada 28 dias, foram coletados aleatoriamente dois ovos de cada gaiola por três dias consecutivos. Cada ovo foi pesado individualmente. Para a avaliação de gravidade específica, os ovos foram imersos em soluções salinas com densidades variando de 1,065 a 1,100g/cm³ e gradientes de 0,005 entre elas. Diariamente, antes de sua utilização, as soluções eram calibradas com um densímetro de massa específica. Após a aferição da gravidade, os mesmos ovos eram quebrados para avaliação de cor da gema, altura de albúmen, altura e peso da gema. O grau de pigmentação da gema foi avaliado com o auxílio de um leque colorimétrico (DSM – Yolk color fan), com escore de 1 a 15.

As alturas de albúmen e gema foram medidas com o auxílio de um paquímetro digital, fixado sob um suporte de forma a manter o equipamento em posição vertical. As gemas foram pesadas em balança semi-analítica com precisão de 0,01g. As cascas foram lavadas para a retirada dos resíduos do albúmen e levadas à estufa à temperatura de 60°C, por 72h para secagem para realizar a pesagem. A espessura de casca foi aferida com paquímetro digital. Foram coletadas três medidas de espessura da região mediana da casca do ovo.

O peso do albúmen foi obtido subtraindo o peso da gema e o peso da casca do peso total do ovo. Para o cálculo de porcentagens de gema, albúmen e casca, multiplicou-se o peso da gema, do albúmen e da casca por 100 e dividiu-se cada valor pelo peso do ovo. Para o cálculo da medida de qualidade de albúmen, ou Unidade Haugh (UH), foi utilizada a fórmula:

$$UH = 100 \log (h+7,57- 1,7 * w^{0,37}),$$

Onde:

h= altura de albúmen, e

W= peso do ovo.

Todos os dados foram expressos em médias. Para a análise estatística, foi utilizado o General Linear Model do Minitab. Quando houve significância entre médias, foi

utilizado o teste de Tukey a 5%. A porcentagem de postura e a porcentagem de ovos inutilizados, expressos em porcentagem, foram transformadas em $\sqrt{x + 0,5}$.

3. Resultados e Discussão

Os resultados das variáveis de desempenho estão apresentados na Tabela 3. Não foram observados efeitos da forma e dos níveis de minerais de fontes orgânicas no desempenho, exceto para a taxa de postura nos tratamentos com suplementação de mineral inorgânico e mineral orgânico 100%, que foi maior ($p < 0,05$) que a observada no tratamento sem suplementação de mineral.

Tabela 3. Efeito de fontes e níveis de microminerais no desempenho de poedeiras de 40 a 60 semanas de idade.

	CR ⁸ (kg/ave/dia)	PMO ⁹ (g)	%PO ¹⁰	%Inut ¹¹	MO ¹² (g)	CA ¹³ (kg/kg)	CADZ ¹⁴ (kg/dz)
Cont Neg ¹	0,107	61,90	87,08b	3,19	53,86	2,025	1,504
Inorg ²	0,112	60,05	94,44a	2,52	56,75	1,988	1,430
Org-100 ³	0,116	62,11	93,97a	2,02	58,39	2,003	1,492
Org-75 ⁴	0,112	59,60	92,19ab	2,43	54,89	2,054	1,466
Org-50 ⁵	0,109	59,70	92,06ab	2,59	55,01	1,999	1,429
Org-25 ⁶	0,109	58,97	91,60ab	2,43	54,22	2,040	1,437
CV(%) ⁷	6,22	4,71	5,36	59,94	6,71	4,18	5,79

Letras iguais na mesma coluna não diferem pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

¹Cont Neg = Sem suplementação de minerais; ²Inorg = suplementação de 100% de níveis de recomendação de minerais de fonte inorgânica; ³Org-100 = Suplementação de 100% de níveis de recomendação de minerais de fonte orgânica; ⁴Org-75 = suplementação de 75% de minerais de fonte orgânica; ⁵Org-50 = suplementação de 50% de minerais de fonte orgânica; ⁶Org-25 = suplementação 25% de minerais de fonte orgânica; ⁷CV(%) = coeficiente de variação; ⁸consumo de ração; ⁹peso médio do ovo; ¹⁰taxa de postura de ovos, ¹¹taxa de ovos inutilizados, ¹²massa de ovo, ¹³conversão alimentar por kg de ovos e ¹⁴conversão alimentar por dúzia de ovos.

Os resultados do presente estudo estão de acordo com outros estudos, onde o consumo de ração (JIAKUUA & XIAOLONGB, 2004; PAYNE *et al.*, 2005; SKŘIVAN *et al.*, 2006; FERNANDES *et al.*, 2008; GÜÇLÜ *et al.*, 2008; SUN *et al.* 2012) e a conversão alimentar de poedeiras comerciais também não foram afetadas pelos níveis e/ou fontes dietéticas de minerais inorgânicos ou orgânicos (FERNANDES *et al.*, 2008; GÜÇLÜ *et al.*, 2008; SUN *et al.* 2012).

Por outro lado, em outros estudos, o uso de minerais orgânicos mostrou benefícios no desempenho, com melhor conversão alimentar por massa e dúzia de ovo com o uso

de 66% de minerais orgânicos em substituição aos inorgânicos na dieta de poedeiras comerciais (FIGUEIREDO JR *et al.*, 2013), aumento no consumo de ração para aves alimentadas com dieta controle contendo apenas minerais inorgânicos, quando comparadas com aves recebendo 17% de nível de inclusão de Bioplex®TR (BORUTA *et al.*, 2007); além de aumento consumo de ração e do consumo de ração por dúzia de ovos como resultado do fornecimento de cobre inorgânico na forma de $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (IDOWU *et al.*, 2006).

No presente estudo, o uso de minerais inorgânicos e de inclusão de 100% de níveis de recomendação de Bioplex®TR Se promoveu maior taxa de postura comparada à taxa de postura de aves recebendo dieta sem adição de suplemento de minerais. O uso de níveis mais baixos de Bioplex®TR Se não foi prejudicial para a taxa de postura, já que não houve queda na produção de ovos quando comparou-se os tratamentos contendo minerais em formas orgânica e inorgânica.

Outras pesquisas também encontraram resultados semelhantes para a taxa de postura com o uso de minerais em forma orgânica na dieta de galinhas poedeiras. SUN *et al.* (2012), estudando o efeito da substituição parcial de sulfatos de cobre, manganês e zinco por quelatos de mineral metionina hidroxí análogo, e PAYNE *et al.* (2005), comparando o efeito de fontes orgânica (levedura enriquecida com selênio) e inorgânica (selenito de sódio - Na_2SeO_3), não encontraram diferença entre tratamentos na taxa de postura. Nos estudos de SUN *et al.* (2012) não foram observadas diferenças na porcentagem de ovos inutilizados e na taxa de ovos com casca mole. Entretanto, maior porcentagem de ovos quebrados e sujos foi observada nos tratamentos com selênio-levedura, comparado com aqueles nas quais as poedeiras receberam selenito de sódio.

SWIATKIEWICZ & KORELESKI (2008) não observaram efeito significativo na taxa de postura quando se substituiu completa ou parcialmente óxidos de Zn e Mn (inorgânico), por complexos de aminoácidos dos mesmos minerais.

De forma contrária, IDOWU *et al.* (2006) observaram que a adição de cobre orgânico (125 ou de 250mg/kg) aumentou a taxa de postura com consumo de ração, indicando melhora na conversão alimentar, comparado com a suplementação de 250mg/kg de cobre inorgânico. IDOWU *et al.* (2011), avaliando quatro fontes inorgânicas de zinco e zinco proteinato, encontraram maior taxa de postura, menor

consumo de ração e conversão alimentar por dúzia de ovos com o uso de zinco proteínato.

Os resultados das análises de qualidade interna e externa de ovos estão apresentados na Tabela 4. Não foram observados efeitos de fontes e diferentes níveis de minerais em forma orgânica na qualidade interna e externa dos ovos de poedeiras comerciais no período de 40 a 60 semanas de idade.

Tabela 4. Efeito de fontes e níveis de microminerais na dieta de poedeiras comerciais nos parâmetros qualidade interna e externa do ovo de poedeiras comerciais de 40 a 60 semanas de idade.

	Po(g) ⁸	Ge(g/L) ⁹	CG ³	EC(mm) ¹⁰	%G ¹¹	%C ¹²	%A ¹³	UH ¹⁴
Cont Neg ¹	62,4	1,095	5,17	0,42	25,80	9,92	64,28	88,97
Inorg ²	61,2	1,095	5,11	0,41	25,32	9,94	64,75	88,97
Org-100 ³	62,9	1,094	5,31	0,42	25,42	9,90	64,77	87,63
Org-75 ⁴	61,1	1,095	5,06	0,41	25,35	9,82	64,82	88,88
Org-50 ⁵	60,6	1,094	5,17	0,41	25,28	9,89	64,88	90,31
Org-25 ⁶	59,5	1,094	4,95	0,51	25,43	9,95	64,62	87,13
CV(%) ⁷	4,09	0,15	7,05	24,38	3,35	2,72	1,36	3,44

Letras iguais na mesma coluna não diferem pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

¹Cont Neg = Sem suplementação de minerais; ²Inorg = suplementação de 100% de níveis de recomendação de minerais de fonte inorgânica; ³Org-100 = Suplementação de 100% de níveis de recomendação de minerais de fonte orgânica; ⁴Org-75 = suplementação de 75% de minerais de fonte orgânica; ⁵Org-50 = suplementação de 50% de minerais de fonte orgânica; ⁶Org-25 = suplementação 25% de minerais de fonte orgânica; ⁷CV(%) = coeficiente de variação; ⁸peso do ovo; ⁹gravidade específica; ¹⁰espessura da casca; ¹¹porcentagem de gema; ¹²porcentagem de casca; ¹³porcentagem de albúmen; e ¹⁴unidade Haugh.

SALDANHA *et al.* (2009) avaliando a inclusão de 100% de minerais inorgânicos e de níveis de minerais orgânicos (110%, 100%, 90%, 80% e 70%), afirmaram que a adição de 80% de minerais orgânicos promoveu maior gravidade específica e melhorou a qualidade de casca quando comparado aos ovos de poedeiras que receberam 70% de minerais orgânicos. Entretanto, estes tratamentos não apresentaram diferença quando comparado aos demais.

ATTIA *et al* (2010) avaliaram o efeito de diferentes níveis (0; 10; 20 e 40 mg/kg) e fontes (orgânica e inorgânica) de manganês na qualidade do ovo e observaram que a forma orgânica do manganês melhorou significativamente a cor da gema, comparados ao manganês na forma inorgânica. Não foram encontradas outras pesquisas que avaliassem o efeito dos minerais na cor da gema, ou relatos dos efeitos dos minerais nessa variável, sendo necessárias mais pesquisas para avaliar se os minerais exercem

efeito direto ou indireto nesta variável, como por exemplo, através da interação dos minerais com outros nutrientes que aumentem na cor da gema.

PAPPAS *et al.* (2005) avaliaram a suplementação de duas fontes de ácidos graxos insaturados e selênio orgânico na qualidade de ovos para incubação durante armazenamento e relataram aumento na qualidade do albúmen através do aumento de duas UH quando houve a adição de selênio tanto ao óleo de soja como ao óleo de peixe. YILDIZ *et al.* (2011) não observaram alterações no peso e espessura de casca, resistência da quebra e gravidade específica em ovos de aves recebendo diferentes níveis e fontes de manganês, mas encontraram diminuição significativa no peso da casca de acordo com o nível de suplementação de manganês.

Os dados obtidos no presente estudo sugerem que a substituição de minerais de forma inorgânica por níveis decrescentes de Bioplex[®]TR Se não foi prejudicial para o desempenho e qualidade interna e externa de ovos de poedeiras comerciais, demonstrando que a quelação de minerais pode ser um procedimento viável quando se deseja reduzir os níveis de minerais na dieta de poedeiras.

A retirada de suplemento de minerais da dieta não foi suficiente para provocar alterações drásticas nos parâmetros de desempenho e qualidade de ovos avaliados, sugerindo que as reservas teciduais de minerais possam ter sido suficientes para atender as exigências de minerais das poedeiras durante o período estudado. Novos estudos deverão ser realizados com o objetivo de pesquisar quais são as mudanças fisiológicas que ocorrem nas poedeiras com a retirada de minerais da dieta.

Apesar da diversidade de pesquisas conduzidas com a intenção de avaliar a suplementação de minerais em diferentes níveis e fontes, tanto individualmente como em conjunto, os resultados encontrados na literatura referentes à adição de fontes de minerais ainda são controversos. A divergência dos resultados pode ser explicada pelo uso de diferentes linhagens e diferentes idades avaliadas, com conseqüente alteração no metabolismo de minerais destes animais, bem como do uso de minerais de fontes orgânicas ligados a diferentes tipos de substratos. A substituição de minerais de forma inorgânica por níveis de microminerais de fontes orgânicas de minerais pode trazer benefícios para as poedeiras comerciais, já que os parâmetros produtivos não foram prejudicados com o uso de níveis mais baixos de microminerais na dieta.

4. Conclusão

Nas condições do presente experimento, o uso de Bioplex[®]TR Se em qualquer nível de inclusão na dieta de poedeiras comerciais de 40 a 60 semanas de idade não modificou nenhuma das variáveis de desempenho e qualidade interna e externa do ovo, quando comparado à dietas sem suplementação de minerais e dietas contendo minerais em forma inorgânica. Os tratamentos contendo 100% de níveis de mineral em forma inorgânica e 100% de minerais na forma de proteinato apresentaram maior taxa de postura quando comparado ao tratamento sem adição de suplemento de minerais.

5. Referências Bibliográficas.

Aksu DS, Aksu T, Özsoy B, Baytok E. The Effects of Replacing Inorganic with a Lower Level of Organically Complexed Minerals (Cu, Zn and Mn) in Broiler Diets on Lipid Peroxidation and Antioxidant Defense Systems. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences* 2010; 23(8): 1066-1072.

Attia YA, Qota EM, Bovera F, Tag El-Din AE, Mansour SA. Effect of amount and source of manganese and/ or phytase supplementation on productive and reproductive performance and some physiological traits of dual purpose cross-bred hens in the tropics. *British Poultry Science* 2010; 51(2): 235 – 245.

Baião NC, Lúcio CG. Nutrição de matrizes pesadas. In: Macari M, Mendes AA, editores. *Manejo de matrizes de corte*. Facta: Campinas, 2005, p.197-216.

Boruta A, Swierczewska E, Glebocka K, Nollet L. Trace organic minerals as a replacement of inorganic sources for layers: effects on productivity and mineral excretion. In: *Proceedings of the 16th European Symposium on Poultry Nutrition*; 2007; Strasbourg, France: World Poultry Science Association; 2007. p.491-494.

Costa FG P, Silva JHV, Lima RC, Oliveira CFS, Rodrigues VP, Pinheiro SG. Scientific progress in the production of monogastric in the first decade of the twenty-first century. *Revista Brasileira de Zootecnia* 2010; 39(supl. especial): 288-302.

Cromwell GL, Baer CK. Setting the NRC standards for minerals – were we right? In: Taylor Pickard JÁ, Tucker LA. *Re-defining Mineral Nutrition*. Nottingham University Press. 2005. p. 1-20.

Fassani EJ, Bertechini AG, Oliveira BL, Gonçalves TM, Fialho ET. Manganês na nutrição de poedeiras no segundo ciclo de produção. *Ciência e Agrotecnologia* 2000; 24(2): 468-478.

Feng J, Ma WQ, Niu HH, Wu XM, Wang Y, Feng J. Effects of Zinc Glycine Chelate on Growth, Hematological, and Immunological Characteristics in Broilers. *Biological Trace Element Research*. 2010; 133(2):203-11.

Fernandes JIM, Murakami AE, Sakamoto MI, Souza LMG, Malaguido A, Martins EM. Effects of Organic Mineral Dietary Supplementation on Production Performance and Egg Quality of White Layers. *Revista Brasileira de Ciência Avícola* 2008; 10(1): 59 – 65.

Figueiredo Júnior JP, Costa FGP, Givisiez PEN, Lima MR, Silva JHV, Figueiredo-Lima DF, Saraiva EP, Santana MHM. Substituição de minerais inorgânicos por orgânicos na alimentação de poedeiras semipesadas. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia* 2013; 65(2):513-518.

Güçlü BK, Kara K, Beyaz L, Uyanik F, Eren M, Atasever A. Influence of Dietary Copper Proteinate on Performance, Selected Biochemical Parameters, Lipid Peroxidation, Liver, and Egg Copper Content in Laying Hens. *Biological Trace Element Research* 2008; 125(2): 160–169.

Idowu OMO, Ajuwon RO, Oso AO, Akinloye AO. Effects of zinc supplementation on laying performance, serum chemistry and Zn residues in tibia bone, liver, excreta and egg shell of laying hens. *International Journal of Poultry Science*. 2011, 10(3): 225-230.

Idowu OMO, Laniyan TF, Kuye OA, Oladele-Ojo VO, Eruvbetine D. Effect of copper salts on performance, cholesterol, residues in liver, eggs and excreta of laying hens. *Archivos de Zootecnia* 2006; 55(212): 327-338.

Jiakuia L, Xiaolongb W. Effect of dietary organic versus inorganic selenium in laying hens on the productivity, selenium distribution in egg and selenium content in blood, liver and kidney. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology* 2004; 18(1): 65–68.

Mabe I, Rapp C, Bain MM, 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* 2003; 82(12): 1903–1913.

Maciel MP, Saraiva EP, Aguiar ÉF, Ribeiro PAP, Passos DP, Silva JB. Effect of using organic microminerals on performance and external quality of eggs of commercial laying hens at the end of laying. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 2010; 39(2): 344-348.

Mantovani A, Frazzoli C, Cubadda F. Organic forms of trace elements as feed additives: Assessment of risks and benefits for farm animals and consumers. *Pure and Applied Chemistry* 2010; 82(2): 393–407.

Nunes JK, Santos VL, Rossi P, Anciuti MA, Rutz F, Maier JC, Silva JGC. Qualidade de ovos e resistência óssea de poedeiras alimentadas com minerais orgânicos. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*. 2013; 65(2): 610-618.

Pappas C, Acamovic T, Sparks NHC, Surai PF, McDevitt RM. Effects of Supplementing Broiler Breeder Diets with Organic Selenium and Polyunsaturated Fatty Acids on Egg Quality During Storage. *Poultry Science* 2005; 84(6): 865–874.

Payne RL, Lavergne TK, Southern LL. Effect of Inorganic Versus Organic Selenium on Hen Production and Egg Selenium Concentration. *Poultry Science* 2005; 84(2): 232-237.

Rostagno HS, Albino LFT, Donzele, JL et al. *Tabelas Brasileiras Para Aves e Suínos: Composição de Alimentos e Exigências Nutricionais*. 3. ed. – Viçosa, MG:UFV, DZO, 2011, 252p.

Rutz F, Anciuti MA, Pan EA. Fisiologia e manejo reprodutivo das aves. In: Macari M, Mendes AA, editores. *Manejo de matrizes de corte*. Facta: Campinas, 2005, p.197-216.

Saldanha ESPB, Garcia EA, Pizzolante CC, Faittarone ABG, Sechinato AS, Molino AB, Laganá C. Effect of Organic Mineral Supplementation on The Egg Quality of Semi-Heavy Layers in Their Second Cycle of Lay. *Revista Brasileira de Ciência Avícola* 2009; 11(4): 215 – 222.

Salim H M, Lee H R, Jo C, Lee SK, Lee BD. Effect of sex and dietary organic zinc on growth performance, carcass traits, tissue mineral content, and blood parameters of broiler chickens. *Biological Trace Element Research*. 2012; 147:120–129.

Sechinato AS, Albuquerque R, Nakada S. Efeito da suplementação dietética com micro minerais orgânicos na produção de galinhas poedeiras. *Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science*. 2006; 43(2): 159-166.

Skřivan M, Šimaně J, Dlouha G, Doucha J. Effect of dietary sodium selenite, Se-enriched yeast and Se-enriched Chlorella on egg Se concentration, physical parameters of eggs and laying hen production. *Czech Journal of Animal Science* 2006; 51(4): 163–167.

Sun Q, Guo Y, Li J, Zhang T, Wen J. Effects of Methionine Hydroxy Analog Chelated Cu/Mn/Zn on Laying Performance, Egg Quality, Enzyme Activity and Mineral Retention of Laying Hens. *Japan Poultry Science* 2012, 49(1): 20-25.

Swiatkiewicz S, Koreleski J. The effect of zinc and manganese source in the diet for laying hens on eggshell and bones quality. *Veterinarni Medicina* 2008; 53(10):555–563.

Yildiz Ö, Cufadar Y, Olgun O. Effects of dietary organic and inorganic manganese supplementation on performance, egg quality and bone mineralization in laying hens. *Revue de Médecine Vétérinaire* 2011; 162(10):482-488

Capítulo III

EFEITO DE NÍVEIS E FONTES DE MICROMINERAIS SOBRE
O HEMOGRAMA, PERFIL LIPÍDICO E ENERGÉTICO, CONTEÚDO DE
SELÊNIO NA GEMA E EXCREÇÃO DE MINERAIS DE POEDEIRAS
COMERCIAIS DE 40 A 60 SEMANAS DE IDADE.

EFEITO DE NÍVEIS E FONTES DE MICROMINERAIS SOBRE O HEMOGRAMA, PERFIL LIPÍDICO E ENERGÉTICO, CONTEÚDO DE SELÊNIO NA GEMA E EXCREÇÃO DE MINERAIS DE POEDEIRAS COMERCIAIS DE 40 A 60 SEMANAS DE IDADE.

Resumo

O estudo avaliou o efeito de fontes e níveis de microminerais no hemograma, perfil lipídico e energético, conteúdo de selênio na gema e de minerais na excreta de poedeiras. Foram alojadas 192 aves em delineamento inteiramente casualizado, distribuídas em 6 tratamentos com 8 repetições de 4 aves cada. Os tratamentos foram: Cont Neg (sem premix de minerais); Inorg (100% de níveis de inclusão de minerais de fonte inorgânica); Org-100 (100% de minerais de fonte orgânica); Org-75 (75% de minerais de fonte orgânica); Org-50 (50% de minerais de fonte orgânica) e Org-25 (25% de minerais de fonte orgânica). Os suplementos continham selênio, zinco, ferro, cobre, manganês e iodo. Foram avaliados o hemograma, perfil lipídico e energético, conteúdo de selênio na gema e de minerais na excreta. Houve diminuição na contagem de hemácias, na hemoglobina e hematócrito; aumento na contagem de trombócitos e leucócitos, na contagem absoluta de heterófilos e monócitos para Cont Neg; e aumento na contagem de basófilos para o Cont Neg comparado aos tratamentos Org-75, Org-50 e Org-25. Uma maior deposição de selênio na gema foi observada nas aves mais velhas (a partir de 48 semanas de idade) do tratamento com menor nível de mineral orgânico (Org-25). O nível de 25% de fonte orgânica (Bioplex®TR Se) pode substituir a adição de 100% de mineral orgânico na dieta das poedeiras.

Palavras-chave: deposição de minerais, hematologia, perfil lipídico, proteínatos de minerais.

EFFECT OF LEVELS AND SOURCES OF MINERALS ON THE BLOOD PARAMETERS, LIPID AND ENERGY PROFILE, YOLK SELENIUM CONTENT AND MINERAL EXCRETION OF LAYING HENS FROM 40 TO 60 WEEKS OF AGE

Abstract

The studied evaluated the effect of sources and levels of trace minerals in the blood count, lipid and energy profile, selenium content in yolk and minerals in the excreta of laying hens. A total of 192 birds were housed in a completely randomized design, distributed in 6 treatments with 8 replicates of 4 birds each. The treatments were: negative control (no supplementation of minerals), positive control (with 100% inorganic mineral premix), Org-100 (100% of the inclusion level of organic minerals), Org-75 (75% inclusion of organic minerals), Org-50 (50% inclusion of organic minerals), and Org-25 (25% inclusion of organic minerals). Both supplements contained selenium, zinc, iron, copper and manganese. It was evaluated the blood count, lipid and energy profile, selenium content of yolk and minerals content of feces. There was decrease in RBC count, hemoglobin and PVC; increase in thrombocytes and leukocytes count; increase in heterophils and monocytes count to Neg Cont, and increase in the basophils count to Neg Cont compared to birds fed Org-75, Org-50 and Org-25. A greater deposition of selenium in the yolk was observed in older hens (from 48 weeks of age) treated with lower level of organic mineral (Org-25). The level of 25% organic source (Bioplex[®] TR Se) can replace the addition of 100% in the diet of organic mineral layers.

Key-words: mineral deposition, hematological parameters, lipid profile, mineral proteinate

1. Introdução

Nutrientes presentes em pequenas quantidades na dieta dos animais como as vitaminas e os minerais, são essenciais para que as rotas metabólicas funcionem adequadamente (RUTZ *et al.*, 2005). Aminoácidos, vitaminas e minerais são necessários para a manutenção, crescimento, reprodução (CROMWELL & BAER, 2005, BAIÃO E LUCIO, 2006), podendo também apresentar função estrutural e atuar como cofatores de enzimas celulares dos embriões ou de membranas extraembrionárias (RUTZ *et al.*, 2005).

O cobre é necessário para manter as atividades adequadas de metaloenzimas associadas com o metabolismo do ferro (SAMANTA *et al.*, 2011). Devido à relação entre o colesterol e doença cardíaca coronariana em humanos, pesquisadores têm dedicado esforços consideráveis nos estudos de produtos redutores do colesterol. O cobre pode reduzir a concentração de colesterol no plasma e gema e alterar o metabolismo lipídico (LIEN *et al.*, 2004).

Os antioxidantes tanto previnem quanto reduzem substancialmente os danos causados por radicais livres e os produtos do seu metabolismo. Os alimentos consumidos por seres humanos fornecem uma parte importante de antioxidantes naturais, incluindo a vitamina E, carotenóides, flavonóides e selênio. O interesse especial no selênio surgiu como resultado de estudos clínicos que mostram que a suplementação dietética com selênio orgânico sob a forma de levedura cultivadas em meios enriquecidos com este microelemento diminuiu duas vezes mais a mortalidade por câncer (YAROSHENKO *et al.*, 2003).

Nos últimos anos, a relação entre dieta e saúde humana tem recebido atenção considerável, com a percepção que dietas desbalanceadas podem causar sérios problemas relacionados à saúde. Os antioxidantes naturais são considerados particularmente importantes (YAROSHENKO *et al.*, 2013). É possível proporcionar produtos de origem animal aos consumidores com composição nutricionalmente modificada, de forma que estes produtos forneçam quantidades significativas de nutrientes promotores de saúde, como o selênio, para melhorar a dieta e auxiliar na manutenção da saúde (LYONS *et al.*, 2007).

Foram realizados vários estudos para investigar a forma de melhorar o acúmulo de selênio no ovo e as particularidades da distribuição deste mineral nos ovos de galinha, devido ao seu alto valor nutricional e da possibilidade de fornecimento de 50% da quantidade adequada de selênio aos humanos (GOLUBKINA & PAPAZYAN, 2006).

A modificação dietética pela substituição de selenito de sódio por selenio levedura aumentou o conteúdo de selênio e alfa-tocoferol da carne de frango e preveniu a oxidação do músculo peitoral e carne da coxa armazenadas sob refrigeração (CHEKANI-AZAR et al., 2010). A maior suplementação de selênio na forma orgânica na dieta de poedeiras levou a um aumento no conteúdo de selênio na gema e albúmen. As análises do efeito dos tratamentos alimentares no frescor dos ovos durante três períodos examinados (ovos frescos, ovos estocados por 14 dias e por 28 dias por 4°C) mostraram melhores resultados de Unidade Haugh e TBAS, podendo-se afirmar que ovos com maior quantidade de selênio permanece fresco por um período maior de armazenamento (GAJČEVIĆ et al., 2009).

Em um estudo avaliando a resposta de níveis de selênio do ovo à altos níveis dietéticos de selênio orgânico para determinar a exigência de poedeiras para selênio necessária para produzir ovos enriquecidos com selênio, observou-se que dentro dos níveis de selênio avaliados (1,0; 2,4; ou 5,1 µg Se/g de dieta), os níveis de selênio do ovo estão linearmente relacionados aos níveis dietéticos de selênio orgânico (BENNETT & CHENG, 2010).

O desenvolvimento e o uso de sistemas de produção intensiva de animais contribuem para poluição ambiental (TAMMINGA, 1996). Pressões regulatórias e sociais induziram que melhorias sejam feitas para diminuir cada vez mais a poluição (POWERS & ANGEL, 2008). Em muitos países, a maior preocupação é encontrar um equilíbrio entre a entrada e a eliminação de nitrogênio e de minerais por hectare de terra cultivada (JONGBLOED, 2008).

Metais pesados, especialmente o zinco (Zn), adicionados em concentrações elevadas nas dietas de aves, podem contribuir para a fitotoxicidade do solo. Quantidades maiores de suplementos alimentares em relação às exigências das aves são frequentemente usadas para fornecer micro elementos, a fim de evitar problemas causados pela heterogeneidade dos ingredientes dietéticos utilizados na ração animal. Esta prática pode aumentar o risco de toxicidade do solo (MOHANNA & NYS, 1999).

O cobre e o zinco ligados à metionina têm sido usados com sucesso em dietas para aves e suínos (PAIK, 2001). Alguns estudos mostraram redução na eliminação de minerais na excreta quando utilizados na forma orgânica, quando comparada com a forma inorgânica. Suínos alimentados com dietas contendo óxido de zinco liberaram mais cobre fecal do que os alimentados com dietas contendo proteínato de zinco nos níveis de 150 ou 450ppm (BUFF et al., 2005). NOLLET et al. (2008), encontraram redução significativa de excreção de minerais na excreta de frangos alimentados com níveis de inclusão de 17%, 33% e 67% de minerais em forma orgânica, quando comparados à excreção de minerais de aves alimentadas com 100% de níveis de inclusão de minerais inorgânicos. ABDALLAH et al. (2009) avaliaram a adição de manganês orgânico na dieta de frangos de corte, e afirmaram que a excreção do mineral nas fezes é reduzida quando se utiliza a forma orgânica, se comparada à forma inorgânica.

BURREL et al. (2004) avaliaram o desempenho e a excreção mineral em frangos alimentados com concentrações diferentes de zinco em formas orgânica e inorgânica, havendo menor excreção fecal de zinco quando foi adicionada a forma orgânica do mineral.

O presente trabalho tem como objetivo avaliar efeitos do uso de diferentes fontes e níveis de microminerais no hemograma, perfil lipídico, concentração de selênio na gema e de minerais na excreta de poedeiras comerciais da linhagem Dekalb White de 40 a 60 semanas de idade.

2. Material e Métodos.

O experimento foi conduzido em galpão para poedeiras comerciais da Câmara Bioclimática, localizado na Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” - Campus de Botucatu. Um total de 192 galinhas poedeiras da linhagem Dekalb White, com 40 semanas de idade, foram alojadas em gaiolas metálicas. Cada gaiola comportava quatro poedeiras e continha um comedouro metálico tipo calha e um bebedouro tipo *nipple*. Foi adotado um programa de luz de 16h30min (luz artificial + natural). O período experimental se estendeu até a 60ª semana de vida das aves.

As aves foram distribuídas em delineamento inteiramente casualizados, em seis tratamentos, com oito repetições de 4 aves cada. Os tratamentos consistiram em: 1 (Cont Neg)- controle negativo (sem suplementação de minerais); 2 (Inorg)- controle positivo (100% dos níveis de inclusão de minerais de fontes inorgânicas); 3 (Org-100) – 100% dos níveis de inclusão de minerais de fontes orgânicas; 4 (Org-75) – 75% de minerais de fontes orgânicas; 5 (Org-50) – 50% de minerais de fontes orgânicas; e 6 (Org-25) – 25% de minerais de fontes orgânicas. Ambos os suplementos de minerais avaliados continham selênio, zinco, ferro, cobre e manganês, e iodo. Em ambos os suplementos, o iodo se apresenta na forma inorgânica. O tratamento com suplemento de minerais em forma inorgânica continha monóxido de manganês, óxido de zinco, selenito de sódio, sulfato de cobre e sulfato de ferro e iodato de cálcio. Para os suplementos em forma orgânica, foi utilizado minerais ligados à proteína (Bioplex[®]TR Se)

A Tabela 1 apresenta os níveis calculados de minerais dos suplementos utilizados nas dietas de acordo com cada tratamento, exceto para o Cont Neg, que não continha nenhum suplemento de minerais. As dietas foram formuladas à base de milho e farelo de soja, para serem isoenergéticas e isoprotéicas, satisfazendo as exigências nutricionais propostas por ROSTAGNO *et al.* (2011), variando apenas as quantidades de suplementos de mineral e de inerte, de acordo com os tratamentos propostos. A Tabela 2 apresenta a formulação das rações experimentais.

Coletas de sangue para o hemograma e perfil lipídico e energético.

Para a realização do hemograma, foram coletados 3 mL de sangue, através da veia braquial, de uma ave por unidade experimental, no primeiro dia do experimento e ao final de cada período de 28 dias, totalizando seis coletas de sangue. O sangue foi acondicionado em tubos devidamente identificados por repetição, contendo EDTA a 5%, para contagem de células vermelhas e trombócitos e confecção de esfregaços em lâminas para contagem de células brancas.

Tabela 1. Distribuição dos tratamentos de acordo com a suplementação mineral e valores recomendados de suplementação de minerais nas rações de poedeiras comerciais para a fase estudada segundo Rostagno *et al.* (2011).

Tratamento	Inorg	Org-100	Org-75	Org-50	Org-25	Rostagno <i>et al.</i> (2011)
Nível de inclusão	0,5kg/ton	1,2kg/ton	0,9kg/ton	0,6kg/ton	0,3kg/ton	1,1kg/ton
Quantidade de minerais (mg/kg)						
Mn	78,00	60,00	45,00	30,00	15,00	77,00
Zn	55,00	48,00	36,00	24,00	12,00	71,50
Fe	48,00	36,00	27,00	18,00	9,00	55,00
Cu	10,00	7,20	5,40	3,60	2,80	11,00
I	1,40	0,48	0,36	0,24	0,12	1,10
Se	0,18	0,216	0,162	0,108	0,054	0,33

Tabela 2. Composição percentual e níveis nutricionais calculados das dietas experimentais.

Ingredientes	Cont Neg	Inorg	Org-100	Org-75	Org-50	Org-25
Milho, grão	64,135	64,135	64,135	64,135	64,135	64,135
Soja, farelo	24,037	24,037	24,037	24,037	24,037	24,037
Calcário calcítico	9,439	9,439	9,439	9,439	9,439	9,439
Soja, óleo bruto	0,548	0,548	0,548	0,548	0,548	0,548
Fosfato bicálcico	1,081	1,081	1,081	1,081	1,081	1,081
Sal comum	0,350	0,350	0,350	0,350	0,350	0,350
Bicarbonato de sódio	0,013	0,013	0,013	0,013	0,013	0,013
DL-Metionina	0,163	0,163	0,163	0,163	0,163	0,163
Suplemento vitamínico ¹	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
Casca de arroz	0,134	0,084	0,014	0,044	0,074	0,104
Suplemento mineral orgânico ²	0,000	0,000	0,120	0,090	0,060	0,030
Suplemento mineral inorgânico ³	0,000	0,050	0,000	0,000	0,000	0,000
Total	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Nutrientes Calculados						
EM (kcal/kg)	2.800	2.800	2.800	2.800	2.800	2.800
PB (%)	16,02	16,02	16,02	16,02	16,02	16,02
Ca (%)	3,900	3,900	3,900	3,900	3,900	3,900
P Disp (%)	0,291	0,291	0,291	0,291	0,291	0,291
Met (%)	0,390	0,390	0,390	0,390	0,390	0,390
AAS (%)	0,618	0,618	0,618	0,618	0,618	0,618
K (%)	0,626	0,626	0,626	0,626	0,626	0,626
Na (%)	0,160	0,160	0,160	0,160	0,160	0,160
Cl (%)	0,259	0,259	0,259	0,259	0,259	0,259

¹Níveis de garantia/kg do produto (mín.): ácido fólico, 100mg; ácido pantotênico, 6.000mg; BHT, 1.000mg; biotina, 5mg; niacina, 20g; vitamina A, 7.000.000 UI; vitamina B1, 250mg; vitamina B12, 6.000mg; vitamina B2, 3.000mg; vitamina B6, 150mg; vitamina D3, 2.500.000 UI; E, 8.000mg; K3, 1.200mg. ²Níveis de garantia/kg do produto (mín.): manganês, 50g; Zinco, 40g; Ferro, 30g; Cobre, 6g; Iodo (mín.) 400 mg; Selênio (mín.) 180 mg. ³Níveis de garantia/kg do produto: Manganês, 156g; Zinco, 110g; Ferro, 96g; Cobre, 20g; Iodo (mín.) 1.400 mg; Selênio (mín.) 360 mg.

A contagem de eritrócitos foi realizada pelo método do hemocitômetro em câmara de Neubauer, utilizando-se Azul de Toluidina Merck® a 0,01% diluído em solução salina a 0,9% em pipeta de Thoma, na proporção 1:200. A hemoglobina foi determinada pelo método da cianometahemoglobina, utilizando-se kit comercial Hemoglobina Analisa Diagnóstica para determinação colorimétrica. O hematócrito foi obtido utilizando-se o método do microhematócrito.

Os índices hematimétricos, que são úteis na classificação morfológica das anemias e avaliação da resposta eritropoiética, foram determinados através de fórmula:

Volume corpuscular médio - VCM (fl):

$$\text{VCM} = \frac{\text{Ht (\%)}}{\text{Hemácia}} * 10$$

Concentração de hemoglobina corpuscular média – CHCM (%):

$$\text{CHCM} = \frac{\text{Hb} \left(\frac{\text{g}}{\text{dL}}\right)}{\text{Ht (\%)}} * 100$$

Para a dosagem de proteínas plasmáticas totais, (PPT) utilizou-se o método de refratometria. A diferenciação dos leucócitos foi realizada em esfregaço sanguíneo, corado com May-Grünwald Giemsa. Para a confecção dos esfregaços, as lâminas foram devidamente identificadas. A contagem diferencial foi realizada em microscópio utilizando-se aumento 1000x em óleo de imersão. Foram contadas 100 células, estabelecendo-se o percentual de cada componente celular de interesse.

Para a realização da análise do perfil lipídico, foram coletados 3 mL de sangue, através da veia braquial, de duas aves por , no primeiro dia do experimento e ao final de cada período de 28 dias. O sangue foi armazenado em tubos falcon devidamente identificados por repetição, contendo heparina na proporção de 0,1 mL de anticoagulante para cada 1 mL de sangue, para a avaliação de colesterol, triglicerídeos, HDL, VLDL e glicose plasmáticos. Para obtenção do plasma, as amostras de sangue foram centrifugadas a 3000rpm por 15 minutos, em até 1 hora após a coleta das amostras de sangue. As aves não foram submetidas a jejum. Todas as dosagens foram

realizadas através de medições espectrométricas, utilizando kits comerciais (Bioclin) e analisador químico automático BS-200 (Mindray, China).

Coleta de gemas e excretas.

Para a avaliação do conteúdo de selênio da gema, foi feito um *pool* de gema de dois ovos por repetição ao final de cada período de 28 dias. Na literatura há relatos que há aumento da deposição de selênio com o avançar da idade (Reis *et al.*, 2009). Para a análise estatística, o efeito da idade nos tratamentos contendo minerais foi levado em consideração, sendo a idade o período de 28 dias, sendo dividida da seguinte maneira: 1º Ciclo (de 40 a 43 semanas de idade); 2º ciclo (de 44 a 47 semanas de idade); 3º ciclo (48 a 51 semanas de idade); 4º ciclo (52 a 55 semanas de idade) e 5º ciclo (56 a 60 semanas de idade).

As gemas foram secas em estufa de ventilação forçada por 72h a uma temperatura de 56°C e moídas após a secagem. Para a coleta de excretas, ao término do experimento, foram coletadas excretas de 4 gaiolas por tratamento, durante 3 dias consecutivos, duas vezes por dia e congeladas para posterior análise. O material foi posteriormente seco em estufa de ventilação forçada por 72h a 56°C e moído.

O conteúdo de selênio na gema foi aferido pela técnica de espectrometria de absorção atômica em forno de grafite. Para a excreção de zinco, cobre, manganês e ferro, foi utilizada a técnica de espectrometria de absorção atômica com chama.

Análise estatística.

Para as análises de hemograma, perfil lipídico e excreção mineral nas fezes, foi considerado apenas o efeito dos minerais. Para a deposição de selênio na gema, os tratamentos foram distribuídos num arranjo fatorial 6x5 (seis formas e níveis de suplementação minerais x cinco diferentes idades).

Todos os dados foram expressões em médias. Para a análise estatística, foi utilizado o General Linear Model do Minitab. Quando houve significância entre médias, foi utilizado o teste de Tukey a 5%. Os dados expressos em porcentagem foram transformados em $\sqrt{x + 0,5}$.

2. Resultados e Discussão.

Hemograma e perfil lipídico e energético.

A Tabela 3 apresenta os dados do efeito fontes e níveis de minerais no eritrograma, proteínas plasmáticas totais e trombócitos de poedeiras comerciais de 40 a 60 semanas de idade. As aves que não receberam nenhuma suplementação de minerais apresentaram menores contagem de hemácias (1.996.994 células/ μ L) e trombócitos (53.838,9/ μ L) e níveis mais baixos de hemoglobina (10,2g/dL) e hematócrito (24%), quando comparado aos demais tratamentos. Não houve diferença entre os diferentes níveis e fontes de minerais nas aves.

Tabela 3. Efeito da suplementação de fontes e níveis de minerais no eritrograma, proteínas plasmáticas totais e trombócitos de poedeiras comerciais de 40 a 60 semanas de idade.

	Hemácias (μ L)	Hb ⁸ (g/dL)	Ht (%) ⁹	VCM ¹⁰ (fl)	CHCM ¹¹ (%)	PPT ¹² (g/dL)	Tro ¹³ (μ L)
Cont Neg ¹	1.996.994b	10,23b	24,2b	125,2	42,0	7,1	53.839a
Inorg ²	2.433.308a	12,15a	28,3a	115,8	43,0	7,4	40.688b
Org-100 ³	2.349.075a	11,3ab	28,0a	122,3	40,2	7,2	33.947b
Org-75 ⁴	2.384.089a	11,8a	29,2a	125,4	40,5	7,2	38.436b
Org-50 ⁵	2.382.181a	11,9a	28,6a	121,6	41,8	7,6	37.314b
Org-25 ⁶	2.446.314a	11,7a	28,5a	120,4	41,0	7,7	40.260b
CV(%) ⁷	19,75	22,96	11,45	14,92	21,43	19,20	52,00

Letras iguais na mesma coluna não diferem pelo teste de Tukey (p<0,05).

¹Cont Neg = Sem suplementação de minerais; ²Inorg = suplementação de 100% de níveis de recomendação de minerais de fonte inorgânica; ³Org-100 = Suplementação de 100% de níveis de recomendação de minerais de fonte orgânica; ⁴Org-75 = suplementação de 75% de minerais de fonte orgânica; ⁵Org-50 = suplementação de 50% de minerais de fonte orgânica; ⁶Org-25 = suplementação 25% de minerais de fonte orgânica; ⁷CV(%) = coeficiente de variação; ⁸hemoglobina; ⁹hematócrito; ¹⁰volume corpuscular médio; ¹¹concentração de hemoglobina corpuscular média; ¹²proteínas plasmáticas totais, ¹³trombócitos.

Poucas informações a respeito da hematologia de aves domésticas foram publicadas em um cenário clínico (WAKENELL, 2010), sendo valores de referência de contagem de hemácias para aves domésticas variam entre 2.500.000 a 3.000.000 células por μ L. Os valores de hemoglobina variam entre 7 a 13 g/dL, e o hematócrito normal para aves varia em torno de 22% a 35%.

No presente estudo, a retirada de suplementos de minerais da dieta de aves não ter causado anemia, devido aos valores encontrados estarem dentro dos valores de referência descritos por WAKENELL (2010), mas sendo prejudiciais para os

parâmetros do eritrograma, já que houve alteração significativa na contagem de hemácias e trombócitos, e nos níveis de hemoglobina e hematócrito, quando comparadas com todos os tratamentos com suplementação de minerais orgânicos e inorgânicos.

A Tabela 4 apresenta os dados do efeito fontes e níveis de minerais no leucograma de poedeiras. Segundo CAMPBELL (1994), existe uma grande variação no leucograma normal entre aves da mesma espécie. Portanto, valores de importância diagnóstica podem ter variação muito grande quando comparados com os valores de referência normais. Devido a esse fator, o leucograma do presente estudo não foi comparado com nenhum valor de referência encontrado na literatura consultada.

Tabela 4. Efeito da suplementação de fontes e níveis de minerais na contagem total e diferencial de células brancas de poedeiras comerciais de 40 a 60 semanas de idade.

	Leuc ⁸	Het ⁹ (cels/μL)	Linf ¹⁰ (cels/μL)	Eos ¹¹ (cels/μL)	Bas ¹² (cels/μL)	Mon ¹³ (cels/μL)
Cont Neg ¹	14334.8a	7404,95a	3300,24	253,38	845,47a	2547,50a
Inorg ²	7606.2 b	2839,86b	2449,73	207,39	606,96ab	1510,40b
Org-100 ³	8660.5b	3597,08b	2616,03	173,38	623,53ab	1645,74b
Org-75 ⁴	6772.1b	2788,91b	2183,10	165,19	365,92b	1271,41b
Org-50 ⁵	8704.0b	3722,46b	2427,88	204,94	515,72b	1833,03ab
Org-25 ⁶	7567.3b	2969,38b	2320,79	167,05	488,78b	1619,24b
CV(%) ⁷	82,17	102,28	103,00	102,90	86,96	85,20

Letras iguais na mesma coluna não diferem pelo teste de Tukey (p<0,05).

¹Cont Neg = Sem suplementação de minerais; ²Inorg = suplementação de 100% de níveis de recomendação de minerais de fonte inorgânica; ³Org-100 = Suplementação de 100% de níveis de recomendação de minerais de fonte orgânica; ⁴Org-75 = suplementação de 75% de minerais de fonte orgânica; ⁵Org-50 = suplementação de 50% de minerais de fonte orgânica; ⁶Org-25 = suplementação 25% de minerais de fonte orgânica; ⁷CV(%) = coeficiente de variação; ⁸leucócitos totais; ⁹heterófilos relativos; ¹⁰monócitos relativos; ¹¹eosinófilos relativos; ¹²basófilos relativos; ¹³monócitos relativos.

Aves alimentadas com dietas sem suplementação de minerais (Cont Neg) apresentaram aumento na contagem de leucócitos e na contagem absoluta de heterófilos e monócitos, comparando aos demais tratamentos (exceto monócitos de aves alimentadas com Org-50); e aumento na contagem de basófilos quando comparados aos observados em aves alimentadas com 75%, 50% e 25% de minerais orgânicos. (Tabela 4).

CAMPBELL (1994) afirmou que a contagem diferencial de leucócitos pode ser útil na avaliação de leucocitoses, que é frequentemente causada por inflamação, geralmente ocorrendo também heterofilia. Em situações normais, o processo inflamatório tem como

objetivo recompor o tecido lesionado por infecção por microorganismos ou traumas mecânicos, destruindo o patógeno invasor e/ou induzindo a reparação tecidual do local acometido (HUEZA, 2008). Dietas deficientes em zinco também podem alterar o leucograma de aves domésticas. WIGHT *et al.* (1980) encontram monocitose relativa em aves deficientes em zinco.

No presente experimento, não houve alteração significativa do hemograma com o fornecimento de menor quantidade de minerais orgânicos na dieta, quando comparado ao tratamento contendo apenas minerais de fontes inorgânicas. Ficou demonstrado que a retirada de suplemento de microminerais da dieta pode ser prejudicial para o hemograma, levando a uma diminuição de hemácias circulantes e do conteúdo de hemoglobina destas células, comparado ao hemograma de aves que receberam suplementação de qualquer fonte e níveis de minerais. A ausência de suplemento de minerais possivelmente tornou as poedeiras mais susceptíveis a infecção subclínica.

A Tabela 5 apresenta os dados do efeito fontes e níveis de minerais no perfil lipídico e energético de poedeiras comerciais de 40 a 60 semanas de idade. Não houve efeito de fontes e níveis de micro minerais em nenhuma das variáveis de perfil lipídico e glicose plasmática.

Tabela 5. Efeito da suplementação de fontes e níveis de minerais no perfil lipídico e glicose no sangue de poedeiras comerciais de 40 a 60 semanas de idade.

	Coolesterol (mg/dL)	Triglicerídeos (mg/dL)	HDL ⁸ (mg/dL)	VLDL ⁹ (mg/dL)	Glicose (mg/dL)
Cont Neg ¹	106,5	1043,7	22,1	208,8	213,4
Inorg ²	104,8	1089,1	20,7	217,8	216,8
Org-100 ³	100,5	1053,6	20,3	210,7	216,2
Org-75 ⁴	94,1	1093,6	21,3	218,8	216,9
Org-50 ⁵	101,5	1050,7	19,7	210,1	214,5
Org-25 ⁶	105,6	1075,1	21,9	208,8	212,5
CV(%) ⁷	41,41	26,27	50,98	12,88	26,27

Letras iguais na mesma coluna não diferem pelo teste de Tukey (p<0,05).

¹Cont Neg = Sem suplementação de minerais; ²Inorg = suplementação de 100% de níveis de recomendação de minerais de fonte inorgânica; ³Org-100 = Suplementação de 100% de níveis de recomendação de minerais de fonte orgânica; ⁴Org-75 = suplementação de 75% de minerais de fonte orgânica; ⁵Org-50 = suplementação de 50% de minerais de fonte orgânica; ⁶Org-25 = suplementação 25% de minerais de fonte orgânica; ⁷CV(%) = coeficiente de variação; ⁸lipoproteína de alta densidade; ⁹lipoproteína de muito baixa densidade.

Foram desenvolvidos alguns estudos que avaliaram o efeito de níveis crescentes e de fontes orgânicas e inorgânicas apenas do cobre no hemograma e no perfil lipídico de

aves domésticas, principalmente de frangos de corte, demonstrando os efeitos benéficos da adição deste mineral na sua forma orgânica em frangos (CHOWDHURY *et al.*, 2004) e galinhas (IDOWU *et al.*, 2006; JEGEDE *et al.*, 2011; JEGEDE *et al.*, 2012), sendo eficiente na diminuição dos níveis plasmáticos de colesterol (CHOWDHURY *et al.*, 2004; IDOWU *et al.*, 2006; JEGEDE *et al.*, 2011; JEGEDE *et al.*, 2012), de triglicerídeos; (JEGEDE *et al.*, 2011; JEGEDE *et al.*, 2012) e do LDL, bem como no aumento do HDL (AKSU *et al.*, 2010)

Outros autores também não observaram alterações nos parâmetros de triglicerídeos, HDL, LDL (SANDS & SMITH, 2002), glicose e colesterol (SANDS & SMITH, 2002; SALIM *et al.*, 2012) quando houve adição de proteinato de manganês (SANDS & SMITH, 2002) ou zinco orgânico (SALIM *et al.*, 2012) na dieta de frangos de corte.

Níveis diferentes de proteinato de cobre (Cu-P) também podem modificar o perfil bioquímico sanguíneo de poedeiras comerciais, com aumento de glicose, diminuição do colesterol com o uso de 300 e 450mg/kg, em comparação com o uso de 150mg/kg de Cu-P; mas aumento do HDL com a suplementação de 450mg/kg de Cu-P (GÜÇLÜ *et al.*, 2008).

Para os parâmetros de eritrograma, MUNIZ *et al.* (2010) não observaram diferença no hematócrito, hemoglobina, eritrócitos, leucócitos e plaquetas ao fornecer fontes orgânicas e inorgânicas de minerais para leitões recém-desmamados. MELLO *et al.* (2010), estudando diferentes fontes e níveis de minerais para leitões recém-desmamados, também encontraram valores mais baixos de hematócrito, e hemoglobina e maior contagem de plaquetas para animais sem suplementação de microminerais, além de aumento da concentração de hemoglobina corpuscular média (CHCM).

Concentração de selênio na gema e de minerais na excreta.

Os dados de conteúdo de selênio na gema de poedeiras comerciais recebendo diferentes fontes e níveis de minerais e em diferentes idades estão apresentados na Tabela 6. Aves alimentadas com 25% de minerais na forma orgânica apresentaram o maior conteúdo de selênio na gema. Também foi observado enriquecimento de selênio na gema com o aumento da idade, do primeiro até o terceiro ciclo, e com estabilização do aumento das concentrações de selênio na gema após o terceiro ciclo.

Avaliando-se as médias dos tratamentos ao longo dos ciclos, foi notado que para dietas com níveis mais baixos de inclusão de minerais orgânicos dietas com níveis mais baixos de inclusão de minerais orgânicos (Org-50 e Org-25), a concentração de selênio na gema foi mantida uniforme com o avançar da idade das poedeiras, mostrando um efeito mais rápido destes tratamentos durante todo o período estudado. Este efeito não ocorreu para os demais tratamentos, já que a deposição do selênio na gema aumentou até o terceiro ciclo e se estabilizou a partir da 48^a semana de idade das aves (3^o ciclo), se estendendo até o final do experimento (4^o e 5^o ciclo).

Tabela 6. Efeito da suplementação de fontes e níveis de minerais na concentração de selênio na gema do ovo de poedeiras comerciais de 40 a 60 semanas de idade.

	Concentração de selênio (ppb/mL)					Média	CV(%)
	1 ^o ciclo	2 ^o ciclo	3 ^o ciclo	4 ^o ciclo	5 ^o ciclo		
Cont Neg ¹	0,8	0,9	2,0	2,2	2,1	1,6a	48,6
Inorg ²	0,7	1,5	1,7	2,0	2,0	1,6a	40,2
Org-100 ³	0,8	1,2	1,7	1,8	2,0	1,5a	42,5
Org-75 ⁴	0,8	1,1	1,8	1,8	1,7	1,4a	41,2
Org-50 ⁵	1,9	1,3	1,8	1,8	2,0	1,7a	38,6
Org-25 ⁶	2,1	2,9	2,0	2,0	2,0	2,2b	25,1
Média	1,2C	1,5B	1,8A	1,9A	2,0A		
CV(%) ⁷	54,99	66,64	14,84	26,81	24,53		

Médias seguidas de mesma letra minúscula na mesma linha e maiúscula na mesma coluna não diferem pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

¹Cont Neg = Sem suplementação de minerais; ²Inorg = suplementação de 100% de níveis de recomendação de minerais de fonte inorgânica; ³Org-100 = Suplementação de 100% de níveis de recomendação de minerais de fonte orgânica; ⁴Org-75 = suplementação de 75% de minerais de fonte orgânica; ⁵Org-50 = suplementação de 50% de minerais de fonte orgânica; ⁶Org-25 = suplementação 25% de minerais de fonte orgânica; ⁷CV(%) = coeficiente de variação,

Algumas pesquisas também demonstraram que o selênio em forma orgânica é mais eficiente que o mineral em forma inorgânica em sua deposição no ovo inteiro ou em algum dos seus componentes. Houve aumento nas concentrações de selênio do ovo com a suplementação dietética de selênio orgânico, com o maior aumento sendo observado no albúmen (SURAI *et al.*, 2006). A concentração de selênio do albúmen e gema de aves alimentadas com selênio-levedura foram maiores do que os de aves alimentadas com selenito de sódio (PATON *et al.*, 2002, PAN *et al.*, 2007).

SKŘIVAN *et al.* (2006), avaliando uma fonte inorgânica e duas fontes orgânicas de selênio, encontraram aumento na deposição de selênio na gema e albúmen para a adição das três fontes utilizadas quando comparadas com o tratamento basal, mas a fonte

orgânica aumentou mais a concentração de selênio nos componentes do ovo que o selênio de sódio. PAN *et al.* (2011) encontraram aumento de selênio no ovo de poedeiras que receberam probiótico enriquecido com selênio, quando comparado ao ovo de aves que receberam dieta basal ou com probióticos, além de haver um aumento gradual com o aumento do nível de suplementação de selênio.

O avanço da idade também foi outro fator que aumentou a concentração de selênio na gema neste estudo, e esse foi um efeito também observado por REIS *et al.* (2009). Os autores avaliaram a adição de níveis diferentes e fontes de selênio na concentração deste mineral no ovo de matrizes. Independente da fonte, concentrações de selênio no ovo foram dependentes do período de suplementação, que aparenta ser um indicador de incorporação de selênio no conteúdo do ovo.

No presente estudo, as aves alimentadas com dietas sem suplementação de minerais provavelmente utilizaram o selênio armazenado em tecidos como o fígado para manter concentrações adequadas do mineral no ovo. Aves alimentadas com 25% de nível de inclusão de minerais em forma orgânica foram mais eficientes em transferir o selênio para a gema, provavelmente devido ao suplemento ter fornecido minerais em menor quantidade na dieta, possibilitando uma menor interação entre os minerais e, conseqüentemente, havendo um maior aproveitamento do selênio pelas aves. Aves mais velhas foram mais eficientes em transferir o selênio da dieta para a gema. Desta forma ovos de aves mais velhas (a partir de 48 semanas de idade) que recebem menor nível de selênio orgânico são mais indicados para o consumo humano por apresentarem maior conteúdo de selênio na gema.

A Tabela 7 apresenta os dados de concentração de zinco, cobre, manganês e ferro nas excretas de poedeiras comerciais. Não houve variação nas concentrações de zinco, manganês e ferro quando as poedeiras receberam diferentes níveis e fontes de minerais na dieta. Poedeiras alimentadas com dieta sem suplementação de minerais apresentaram a menor excreção de cobre nas fezes, quando comparada aos tratamentos Inorg, Org-100 e Org-75.

A determinação de Zn nas fezes foi realizada pelo método de espectrometria de absorção atômica com chama e em todos os tratamentos a quantidade excretada nas fezes muitas vezes foi menor que o limite de detecção da técnica de espectrometria

(LOQ=6,66 ug de zinco L⁻¹) prejudicando, desta forma, a avaliação deste mineral no presente estudo, como pode ser avaliado pelo alto coeficiente de variação.

Tabela 7. Efeito da suplementação de fontes e níveis de minerais na concentração de minerais na excreta de poedeiras comerciais de 40 a 60 semanas de idade.

	Concentração de minerais (mg/kg)			
	Zinco	Cobre	Manganês	Ferro
Cont Neg ¹	23,01	7,86b	919,55	423,06
Inorg ²	9,72	52,74a	944,91	479,83
Org-100 ³	49,96	49,45a	915,77	436,57
Org-75 ⁴	10,02	44,01a	880,41	352,09
Org-50 ⁵	14,12	26,00ab	421,33	440,09
Org-25 ⁶	45,76	24,15ab	633,27	404,43
CV(%) ⁷	135,30	43,15	50,76	16,63

Letras iguais na mesma coluna não diferem pelo teste de Tukey (p<0,05).

¹Cont Neg = Sem suplementação de minerais; ²Inorg = suplementação de 100% de níveis de recomendação de minerais de fonte inorgânica; ³Org-100 = Suplementação de 100% de níveis de recomendação de minerais de fonte orgânica; ⁴Org-75 = suplementação de 75% de minerais de fonte orgânica; ⁵Org-50 = suplementação de 50% de minerais de fonte orgânica; ⁶Org-25 = suplementação 25% de minerais de fonte orgânica; ⁷CV(%) = coeficiente de variação,

A adição de minerais em fonte orgânica pode não necessariamente provocar menor eliminação na excreta de aves. IDOWU *et al.* (2006) estudaram duas fontes e dois níveis de cobre na dieta de frangos de corte. Ao avaliarem o efeito de cada variável isoladamente, encontraram maior excreção fecal de cobre com o aumento do mineral na dieta, mas sem diferença entre as fontes de cobre utilizadas. Quando avaliada a interação entre fontes e níveis de cobre, houve maior excreção de cobre orgânico do que cobre inorgânico.

Frangos alimentados com sulfato de zinco mostraram menor eliminação de zinco tanto em valores relativos quanto absolutos, comparado com aves que receberam zinco complexado a aminoácidos (DOZIER III *et al.*,2003).

Outras pesquisas demonstraram os benefícios do uso de cobre na forma orgânica, havendo diminuição da eliminação deste mineral na excreta de aves. NOLLET *et al.* (2007) também encontraram redução da excreção de Mn, Zn e Fe, além do cobre, com o uso destes minerais em forma orgânica na dieta de frangos de corte, comparados com amostras de fezes de aves alimentadas com a mesma dieta contendo minerais na forma inorgânica. Aves alimentadas com níveis médios (dieta controle suplementada com 4 mg de Cu/kg da da dieta e 40 mg/kg da dieta de Fe, Mn, e Zn) de suplementação de minerais de fonte orgânica apresentaram a melhor conversão alimentar, obtendo

também uma menor excreção de microminerais quando comparado com o tratamento com altos níveis (dieta controle suplementada com 8 mg de Cu/kg da da dieta e 80 mg/kg da dieta de Fe, Mn, e Zn) de suplementação de minerais orgânicos (BAO *et al.*, 2007).

3. Conclusão

Nas condições do presente experimento, a adição de diferentes fontes e níveis de minerais ou a retirada do suplemento da dieta não foi suficiente para alterar as variáveis de perfil lipídico e energético das aves, mas o fornecimento de dietas sem suplemento de minerais não é indicado por ser prejudicial para algumas das variáveis do hemograma. Poedeiras alimentadas com dieta sem suplementação de minerais apresentaram a menor excreção de cobre nas fezes, quando comparada às alimentadas com Inorg, Org-100 e Org-75. Ovos de poedeiras mais velhas (a partir de 48 semanas de idade) e recebendo dietas contendo 25% dos níveis de recomendação de Bioplex® TR Se apresentaram maior conteúdo de selênio na gema, sendo os mais indicados para o consumo.

4. Referências bibliográficas.

Abdallah AG, El-Husseiny OM, Abdel-Latif KO. Influence of some dietary mineral organic supplementation on broiler performance. *International Journal of Poultry Science*. 2009; 8(3): 291-298

Aksu DS, Aksu T; Özsoy B. The effects of lower supplementation levels of organically complexed minerals (zinc, copper and manganese) versus inorganic forms on hematological and biochemical parameters in broilers. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*. 2010, 6(4): 553-559.

Baião NC, Lúcio CG. Nutrição de matrizes pesadas. In: Macari M; Mendes AA. Manejo de matrizes de corte. *Facta*, Campinas, 2005, p.197-216

Bao YM, Choct M, Iji PA, Bruerton K. Effect of organically complexed copper, iron, manganese, and zinc on broiler performance, mineral excretion, and accumulation in tissues. *The Journal of Applied Poultry Research*. 2007, 16(3): 448–455

Bennett DC, Cheng KM. Selenium enrichment of table eggs. *Poultry Science*. 2010; 89(10): 2166–2172.

Buff CE, Bollinger DW, Eilersieck MR, Brommelsiek WA, Veum TL. Comparison of growth performance and zinc absorption, retention, and excretion in weanling pigs fed diets supplemented with zinc-polysaccharide or zinc oxide. *Journal of Animal Science*. 2005; 83(10): 2380-2386.

Burrell AL. Responses of broilers to dietary zinc concentrations and sources in relation to environmental implications. *British Poultry Science*. 2004; 45(2): 255-263.

Campbell TW. Hematology. In: Ritchie BW, Harrison GJ, Harrison LR. *Avian Medicine: Principles and Application*. Lake Worth: Wingers Publishing. 2004. p.176-198.

Chekani-Azar S, Mansoub NH, Tehrani AA, Aghdam FV, Mizban S. Effect of Replacing Inorganic by Organic Selenium Sources in Diet of Male Broilers on Selenium and Vitamin E Contents and Oxidative Stability of Meat. *Journal of Animal and Veterinary Advances*. 2010; 9(10): 1501-1505.

Chowdhury SD, Paik IK, Namkungb H, Limb HS. Responses of broiler chickens to organic copper fed in the form of copper–methionine chelate. *Animal Feed Science and Technology*. 2004, 115(3-4): 281–293

Cromwell GL, Baer CK. Setting the NRC standards for minerals – were we right? In: Taylor Pickard JA, Tucker LA. *Re-defining Mineral Nutrition*. Nottingham University Press. 2005. p. 1-20

Dozier III WA, Davis AJ, Freeman ME, Ward TL. Early growth and environmental implications of dietary zinc and copper concentrations and sources of broiler chicks. *British Poultry Science*. 2003, 44(5): 726–731.

Gajčević Z, Kralik G, Has-Schön E, Pavić V. Effects of organic selenium supplemented to layer diet on table egg freshness and selenium content. *Italian Journal of Animal Science*. 2009; 8(2): 189-199.

Golubkina NA, Papazyan TT. Selenium distribution in eggs of avian species. *Comparative Biochemistry and Physiology, Part B*. 2006; 145(3-4): 384–388.

Güçlü BK, Kara K, Beyaz L, Uyanik F, Eren M, Atasever A. Influence of Dietary Copper Proteinate on Performance, Selected Biochemical Parameters, Lipid Peroxidation, Liver, and Egg Copper Content in Laying Hens. *Biological Trace Element Research* 2008, 125(2): 160–169

Hueza IM. Farmacologia das aves: o uso de medicamentos antiinflamatórios em aves silvestres. *Ars Veterinária*. 2008, 24(1): 015-024.

Idowu OMO, Laniyan TF, Kuye OA, Oladele-Ojo VO, Eruvbetine D. Effect of copper salts on performance cholesterol, residues in liver, eggs and excreta of laying hens. *Archivos de Zootecnia* 2006, 55(212): 327-338.

Jegede AV, Oduguwa OO, Bamgbose AM, Fanimio AO, Nollet L. Growth response, blood characteristics and copper accumulation in organs of broilers fed on diets supplemented with organic and inorganic dietary copper sources. *British Poultry Science* 2011, 52(1): 133-139.

Jegede AV, Oduguwa OO, Oso AO, Fafiolu AO, Idowu OMO, Nollet L. Growth performance, blood characteristics and plasma lipids of growing pullet fed dietary concentrations of organic and inorganic copper sources. *Livestock Science* 2012, 145(1-3): 298-302

Jongbloed AW. Environmental pollution control in pigs by using nutrition tools. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 37(suplemento especial), p.215-229, 2008

Lien TF, Chen KL, Wu CP, Lu JJ. Effects of supplemental copper and chromium on the serum and egg traits of laying hens. *British Poultry Science*. 2004; 45(4): 535-539

Lyons MP, Papazyan TT, Surai PF. Selenium in Food Chain and Animal Nutrition: Lessons from Nature –Review. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* 2007, 20(7): 1135 – 1155.

Mello G, Berto DA, Tierzo VL, Augusto RMN, Silva AMR, Trindade Neto MA, Villela CCEJ, Girão LVC. Sources of organic trace minerals in diets for weaned piglets. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 2012, 41(8): 1872-1877.

Mohanna C, Nys Y . Effect of dietary zinc content and sources on the growth, body zinc deposition and retention, zinc excretion and immune response in chickens, *British Poultry Science*. 1999, 40(1): 108-114.

Muniz MHB, Berto DA, Augusto RMN, Trindade Neto MA, Wechsler FS, Tierzo VL, Hauptli L. Fontes de minerais orgânicos e inorgânicos para leitões desmamados. *Ciência Rural*. 2010, 40(10): 2163-2168.

Nollet L, van der Klis JD, Lensing M, Spring P. The Effect of Replacing Inorganic With Organic Trace Minerals in Broiler Diets on Productive. Performance and Mineral Excretion. *The Journal of Applied Poultry Research*. 2007, 16:592–597.

Nollet L, Huyghebaert G, Spring P. Effect of Different Levels of Dietary Organic (Bioplex) Trace Minerals on Live Performance of Broiler Chickens by Growth Phases. *The Journal of Applied Poultry Research*. 2008; 17(1): 109–115.

Paik JK.. Management of Excretion of Phosphorus, Nitrogen and Pharmacological. Level Minerals to Reduce Environmental Pollution from Animal Production. — Review. *Asian - Australasian Journal of Animal Sciences*. 2001; 14(3): 384-394.

Pan C, Huang K, Zhao Y, Qin S, Chen F, Hu Q. Effect of Selenium Source and Level in Hen's Diet on Tissue Selenium Deposition and Egg Selenium Concentrations. *The Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2007, 55(3): 1027-1032.

Pan C, Zhao Y, Liao S.F, Chen F, Qin S, Wu X, Zhou H, Huang K.. Effect of Selenium-Enriched Probiotics on Laying Performance, Egg Quality, Egg Selenium Content, and Egg Glutathione Peroxidase Activity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2011; 59(21): 11424–11431.

Paton ND, Cantor AH, Pescatore AJ, Ford MJ, Smith CA. The Effect of dietary selenium source and level on the uptake of selenium by developing chick embryos. *Poultry Science*. 2002, 81(10): 1548–1554.

Powers W, Angel R. A review of the capacity for nutritional strategies to address environmental challenges in poultry production. 2008, *Poultry Science* 87(10): 1929–1938.

Reis RN, Vieira SL, Nascimento PC, Peña JE, Barros R, Torres CA. Selenium contents of eggs from broiler breeders supplemented with sodium selenite or zinc-l-selenium-methionine. *The Journal of Applied Poultry Research*, 2009, 18(2):151–157.

Rostagno HS, Albino LFT, Donzele, JL et al. Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais. 3. ed. – Viçosa, MG:UFV, DZO, 2011, 252p.

Rutz F, Anciuti MA, Pan EA Fisiologia e manejo reprodutivo das aves. In: Macari M; Mendes AA (Editores). *Manejo de matrizes de corte*; 2005; Facta: Campinas, p. 75-143.

Salim HM, Lee HR, Jo C, Lee SK, Lee BD. Effect of Sex and Dietary Organic Zinc on Growth Performance, Carcass Traits, Tissue Mineral Content, and Blood Parameters of Broiler Chickens. *Biological Trace Element Research* 2012, 147(1-3): 120–129.

Samanta B, Biswas A, Ghosh P.R.. Effects of dietary copper supplementation on production performance and plasma biochemical parameters in broiler chickens. *British Poultry Science*. 2011; 52(5): pp. 573—577.

Sands JS, Smith MO. Effects of dietary manganese proteinate or chromium picolinate supplementation on plasma insulin, glucagon, glucose and serum lipids in broiler chickens reared under thermoneutral or heat stress conditions. *International Journal of Poultry Science* 2002, 1(5): 145-149.

Skřivan M, Šimaně J, Dlouha G, Doucha J. Effect of dietary sodium selenite, Se-enriched yeast and Se-enriched Chlorella on egg Se concentration, physical parameters of eggs and laying hen production. *Czech Journal of Animal Science*. 2006, 51(4): 163–167.

Surai PF, Karadas F, Pappas AC, Sparks NHC. Effect of organic selenium in quail diet on its accumulation in tissues and transfer to the progeny. *British Poultry Science*. 2006, 47(1): 65-72.

Tamminga S. A review on environmental impacts of nutritional strategies in ruminants. *Journal of Animal Science* 1996, 74(12): 3112-3124.

Wakenell PS. Hematology of Chickens and Turkeys. In: Weiss DJ, Wardrop KJ (Eds): *Schalm's veterinary hematology - 6 ed.* Wiley-Blackwell. 2010. p. 958-967.

Wight PAL, Dewar WA, Mackenzie GM. Monocytosis in experimental zinc deficiency of domestic birds. *Avian Pathology*. 1980, 9(1): 61-66.

Yaroshenko FO, Dvorska JE, Surai PF, Sparks NHC. Selenium-enriched eggs as a source of selenium for human consumption *Applied Biotechnology, Food Science and Policy*, 2003:1(1) 13–23.

CAPÍTULO IV
IMPLICAÇÕES

Os resultados do presente estudo demonstram a viabilidade do uso de minerais orgânicos na dieta de poedeiras comerciais, já que a suplementação 25% e 50% de níveis de recomendação do fabricante para minerais de fontes orgânicas não alterou os parâmetros de desempenho, hemograma e perfil lipídico, além de aumentar a deposição de selênio no ovo e diminuir a excreção de cobre na excreta, com potencial de diminuir a poluição ambiental.

Novas pesquisas deverão ser realizadas para definir o nível entre 25% e 50% de minerais de fontes orgânicas, onde as condições de manejo também possam ser melhor controladas para melhorar a resposta produtiva das aves ao uso de minerais de fontes orgânicas na dieta.

Também é de grande importância avaliar outras respostas fisiológicas de poedeiras comerciais alimentadas com dietas sem suplementos de minerais durante um período prolongado, além dos efeitos de diferentes fontes e níveis de minerais na deposição destes nutrientes no fígado, ossos, sangue total, plasma, albúmen para verificar se os minerais orgânicos podem ser depositados em maior quantidade nos tecidos e se estas reservas auxiliam na manutenção do desempenho e qualidade do ovo de aves que não recebem suplementos de minerais na dieta.

A avaliação da ultraestrutura da casca também pode ser uma importante ferramenta na validação da eficácia do uso de minerais quelatados, já que microminerais participam na formação da casca do ovo.