

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
FACULDADE DE VETERINÁRIA**

**CARACTERIZAÇÃO E UTILIZAÇÃO DE MINERAIS ORGÂNICOS NA  
AVICULTURA**

**RACHEL GALON DA SILVA**

**PORTO ALEGRE  
2011/2**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
FACULDADE DE VETERINÁRIA**

**CARACTERIZAÇÃO E UTILIZAÇÃO DE MINERAIS ORGÂNICOS NA  
AVICULTURA**

**Autor: Rachel Galon da Silva**

**Orientador: Prof. Dr. Sergio Luiz Vieira**

**Co-orientador: Msc. André Favero.**

**Monografia apresentada à Faculdade de Veterinária  
como requisito parcial para obtenção da Graduação  
em Medicina Veterinária**

**PORTO ALEGRE  
2011/2**

## RESUMO

Para se promover uma nutrição apropriada e um adequado desempenho o uso dos minerais na produção animal é uma realidade. Os minerais podem ser divididos em macrominerais, que são oferecidos em grande quantidade na dieta e microminerais, que são necessários em pequenas quantidades no organismo, mas não menos importantes. Os microminerais têm diversas funções que são vitais para um crescimento adequado dos animais. Tradicionalmente, os nutricionistas utilizam-se de minerais na forma inorgânica para atender as exigências das aves, principalmente por seu baixo custo. Entretanto, quando em sua forma ionizada, os minerais podem se complexar com outros componentes da dieta, tendo sua absorção dificultada e, além disso, há um excesso de excreção desses minerais para o meio ambiente, prejudicando-o. Diante dessas observações, a utilização de minerais na forma orgânica tem aparecido como uma alternativa promissora devido à sua maior biodisponibilidade e assim, as aves ingerem menos minerais, conseqüentemente excretando-os em menor quantidade, diminuindo o impacto ambiental. Portanto, há um interesse crescente na utilização de minerais orgânicos que surge como uma forte tendência na avicultura da atualidade.

Palavras- chave: Minerais orgânicos, avicultura.

## **ABSTRACT**

To provide a proper nutrition and adequate performance the use of minerals in animal production is a reality. The minerals can be divided into macro minerals, which are offered in large quantities in the diet and micro minerals, which are needed in small amounts in the body, but no less important. The micro minerals have a many functions in the body and these are vital for proper growth of the animals. Traditionally, nutritionists use minerals in its inorganic form to attend the mineral requirements of poultry, mainly for its low cost. However, when in their ionized form, minerals may complex with other dietary components, difficulting their absorption and furthermore, there is an excess excretion of these minerals to the environment, damaging it. Given these observations, the use of minerals in organic form has emerged as a promising alternative due to its higher bioavailability and thus the birds eat less minerals, therefore excreting them in smaller amounts, reducing the environmental impact. Therefore, there is growing interest in the use of organic minerals which appears as a strong trend in today's poultry industry.

**Key Words:** Organic minerals, poultry.

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

% - Porcentagem  
ATP - Trifosfato de Adenosina  
Ca - Cálcio  
Cd - Cádmiio  
Cl - Cloro  
Co - Cobalto  
Cu - Cobre  
CV - Coeficiente de Variação  
DNA - Ácido Desoxirribonucleico  
Fe - Ferro  
h - Horas  
I - Iodo  
K - Potássio  
kg - Quilograma  
m - Metros  
mg - Miligramas  
Mg - Magnésio  
Mn - Manganês  
Mo - Molibdênio  
Na - Sódio  
P - Potássio  
pH - Potencial Hidrogeonico  
ppm - Partes por Milhão  
RNA - Ácido Ribonucleico  
S - Enxofre  
Se - Selênio  
Zn - Zinco

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b>	Diferenciação estrutural dos minerais orgânicos.....	<b>5</b>
-----------------	--	----------

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b>	Macrominerais essenciais para aves.....	3
<b>Tabela 2</b>	Microminerais essenciais para aves.....	4
<b>Tabela 3</b>	Percentual de fontes de micro-minerais usados e sua biodisponibilidade relativa.....	10

## SUMÁRIO

1	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	1
2	<b>REVISÃO DA LITERATURA</b> .....	3
2.1	<b>Os Minerais</b> .....	3
2.2	<b>Absorção de Minerais e Interações</b> .....	7
2.3	<b>Biodisponibilidade</b> .....	9
2.4	<b>Utilização de Minerais Orgânicos na Avicultura</b> .....	11
2.4.1	Zinco.....	13
2.4.2	Manganês.....	15
2.4.3	Cobre.....	17
2.4.4	Ferro.....	18
2.4.5	Selênio.....	20
3	<b>CONCLUSÃO</b> .....	24
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	27



## 1 INTRODUÇÃO

A avicultura brasileira tem-se destacado muito nos últimos vinte anos, por meio da interação genética, nutrição, manejo e sanidade, atingindo índices extraordinários de produtividade. Graças ao melhoramento genético, tem-se conseguido reduzir cerca de um dia a cada cinco anos na idade de abate dos frangos de corte. Esse aumento na velocidade de crescimento torna necessária a realização de pesquisas para reavaliar as necessidades nutricionais das novas linhagens. Os minerais assumem papel de importância, pois uma deficiência ou excesso deles impossibilita a ave de atingir o seu máximo desenvolvimento (ALVES, 2002). Além disso, o desenvolvimento da avicultura nacional está seguindo uma tendência de evolução tecnológica e já avançada em áreas como a nutrição, responsável pela maior parte dos custos da produção animal. Conseqüentemente, melhorias na eficiência de produção permitem a manutenção da competitividade, bem como a expansão desta atividade no país.

Para que se tenha uma nutrição adequada é necessário que o animal receba quantidades adequadas de nutrientes, os quais podem ser divididos em: proteínas, carboidratos, lipídeos, vitaminas e minerais. Os minerais são considerados de grande importância na alimentação das aves, pois participam de todos os processos bioquímicos corporais, dentre esses processos podemos destacar a importância dos minerais na formação da casca do ovo e também na melhora da sua qualidade interna (SECHINATO, 2006).

Os minerais também estão envolvidos em um grande número de funções metabólicas. Os macroelementos (enxofre, cálcio, fósforo, potássio, sódio, cloro e magnésio) estão envolvidos, em sua grande maioria, em funções estruturais ou fisiológicas, já os microelementos ou elementos traço (ferro, zinco, cobre, manganês, níquel, cobalto, molibdênio, selênio, cromo, iodo, flúor, estanho, sílica, vanádio e arsênico) possuem funções metabólicas incluindo a resposta imune, reprodução e crescimento (KIEFER, 2005). Sua ação primária é a de catalista em sistemas celulares enzimáticos. Nestes, os minerais agem principalmente em associações com proteínas como proporção fixa de metalenzimas em que a interação entre minerais e enzimas melhora as atividades catalíticas das mesmas (VIEIRA, 2008).

Tendo-se em vista as perspectivas de maior biodisponibilidade em relação a fontes inorgânicas convencionais, os microminerais sob a forma de complexo orgânico têm sido pesquisados. Partindo do pressuposto de que são mais facilmente absorvidos e retidos pelas aves, fontes orgânicas de suplementação de minerais podem atuar melhorando o desempenho

e a vida útil das aves e reduzindo a excreção dos microminerais que potencialmente poluem o ambiente (BRITO et al., 2006).

Os microminerais na forma inorgânica possuem baixa biodisponibilidade, o que segundo Mabe (2003) pode estar relacionado com a formação de complexos com outras substâncias no trato digestivo reduzindo a solubilidade desses elementos. Esse fato justifica o interesse crescente em explorar fatores que aumentam a absorção ou metabolização dos microminerais. Neste sentido, fontes quelatadas ou orgânicas de minerais têm sido utilizadas devido a sua maior biodisponibilidade.

Desta forma, este trabalho visa caracterizar os minerais orgânicos assim como sua absorção pelos animais e suas influências no desempenho zootécnico dos frangos, comparando com as dietas utilizadas tradicionalmente com minerais inorgânicos. Apesar de ainda não serem amplamente utilizados comercialmente na produção avícola é possível encontrar pesquisas com indícios de que os minerais orgânicos podem contribuir muito para o desenvolvimento das aves.

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

### 2.1 Os Minerais

Os minerais são classificados academicamente em macrominerais e microminerais ou elementos traços. Esta classificação está relacionada com as concentrações dos elementos nos tecidos, que de certa forma, indicam as suas necessidades orgânicas (BERTECHINI, 2006).

Os macrominerais mais críticos na alimentação de aves são o cálcio, fósforo, potássio, sódio, enxofre, cloro e magnésio, e são assim chamados porque entram em maiores quantidades nas rações. (Tabela 1).

Tabela 1- Macrominerais essenciais para aves.

<b>Minerais</b>	<b>Funções</b>
<b>Cálcio (Ca)</b>	Formação de ossos e das cascas dos ovos; excitação muscular, sobretudo cardíaca; coagulação sanguínea; integridade da membrana celular e transmissão nervosa.
<b>Fósforo (P)</b>	Formação óssea e da casca dos ovos; constituição da molécula de DNA e RNA, formação de fosfolipídios; formação da coluna, participando assim na transmissão dos impulsos nervosos; atividade enzimática, sobretudo como coenzima de vários complexos da vitamina B e fosforilação para a formação de ATP.
<b>Potássio (K)</b>	Balanço osmótico e hídrico corporal; participação no metabolismo protéico e dos carboidratos; integridade da atividade muscular e nervosa.
<b>Sódio (Na)</b>	Regulador do volume dos fluidos do corpo, pH e as relações osmóticas do organismo; participa das contrações das células musculares; inibição de enzimas da mitocôndria no meio extracelular; absorção e transporte dos nutrientes para as células; participa da estrutura dos ossos e componente de produtos.
<b>Enxofre (S)</b>	Metabolismo e síntese protéica; metabolismo das gorduras e dos carboidratos e síntese de vitaminas do complexo B.
<b>Cloro (Cl)</b>	Manutenção da pressão osmótica e do equilíbrio ácido-básico; transmissão de

	impulsos nervosos; transporte ativo dos aminoácidos e da glicose em nível celular e principal ânion do suco gástrico como parte do ácido clorídrico, ativação da amilase intestinal.
<b>Magnésio (Mg)</b>	Atividade neuromuscular e nervosa; transferência de energia; participação no crescimento ósseo; participação no metabolismo dos carboidratos e participação no metabolismo dos lipídeos.

Fonte: Adaptado de McDowell (1999).

Já o ferro, cobre, iodo, manganês, cobalto, zinco e selênio, estão presentes em menores quantidades nas dietas de aves e por isso são chamados de microminerais, mas são igualmente essenciais para as aves (Tabela 2).

Tabela 2 - Microminerais essenciais para aves.

<b>Minerais</b>	<b>Funções</b>
<b>Ferro (Fe)</b>	Transporte de oxigênio e respiração celular.
<b>Zinco (Zn)</b>	Ativador enzimático, principalmente nos processos de formação óssea, do metabolismo dos ácidos nucléicos, do processo da visão, do sistema imunológico e do sistema reprodutivo.
<b>Cobre (Cu)</b>	Ativador enzimático envolvendo o transporte e a transferência de oxigênio, metabolismo dos aminoácidos e do tecido conectivo.
<b>Iodo (I)</b>	Componente dos hormônios tireoidianos.
<b>Manganês (Mn)</b>	Integridade da matriz orgânica óssea e ativador enzimático, sobretudo no metabolismo dos aminoácidos e dos ácidos graxos.
<b>Cobalto (Co)</b>	Função anti-anêmica, por ser componente de vitaminas do complexo B; metabolismo da glicose e síntese da metionina.
<b>Selênio (Se)</b>	Junto com a vitamina E, promove a proteção dos tecidos contra danos oxidativos; componente da enzima glutatona peroxidase e metabolismo dos aminoácidos sulfurados.

Fonte: Adaptado de McDowell (1999).

As fontes minerais, mais comumente utilizadas na nutrição animal são as inorgânicas (óxidos, sulfatos, cloretos, carbonatos e fosfatos). Quando estas fontes chegam ao estômago,

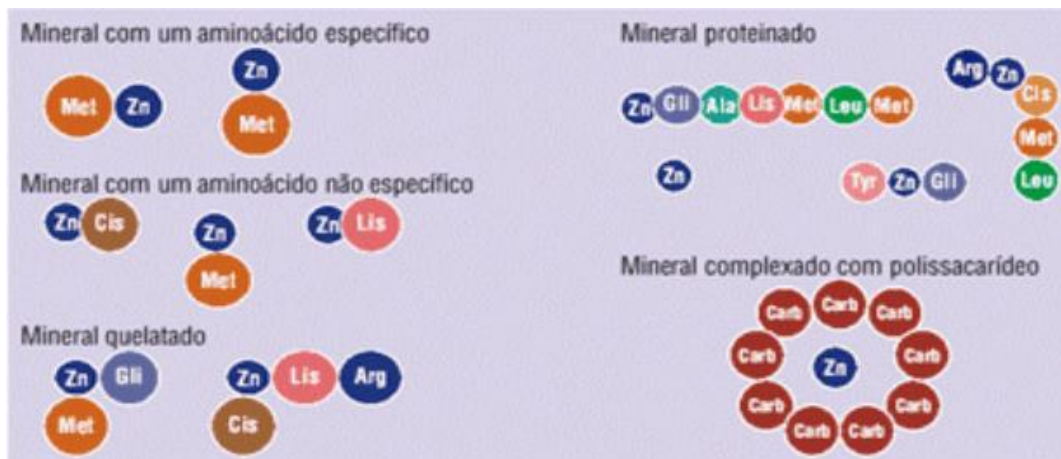
ocorre uma dissociação das moléculas, liberando os íons metálicos como  $Zn^{++}$ ,  $Mn^{++}$ , etc (POLLI, 2002).

Os minerais orgânicos são definidos por Leeson; Summers (1997) como sendo uma mistura de elementos minerais que são ligados a algum tipo de carreador, o qual pode ser um aminoácido ou polissacarídeo, que possui a capacidade de se ligar ao metal por ligações covalentes, através de grupamentos aminos ou oxigênio, formando assim uma estrutura cíclica.

A "Association of American Feed Control Officials" – AAFCO (2000) define esses produtos minerais orgânicos, ilustrados em suas diferentes formas na figura 1, da seguinte maneira:

- Quelato metal-aminoácido: é um produto resultante da reação de um sal metálico solúvel com aminoácidos na proporção molar, isto é, um mol do metal para um a três moles (preferencialmente dois) de aminoácidos na forma de ligação covalente coordenada. O peso molecular médio dos aminoácidos hidrolisados pode ser, aproximadamente, de 150 dáltons e o peso molecular resultante do quelato não deve exceder a 800 dáltons;
- Complexo aminoácido-metal: produto resultante da complexação de um sal metálico solúvel com aminoácido(s);
- Metal (Complexo aminoácido específico-metal): produto resultante da complexação de um sal metálico solúvel com um aminoácido específico;
- Metal proteinado: produto resultante da quelação de um sal solúvel com uma proteína parcialmente hidrolisada;
- Complexo metal-polissacarídeo: produto resultante da complexação de um sal solúvel com polissacarídeo.

Figura 1 - Diferenciação estrutural dos minerais orgânicos



Fonte: Polli, (2002).

São denominados minerais orgânicos os compostos formados por íons metálicos seqüestrados por aminoácidos, peptídeos ou complexos polissacarídeos que proporcionam a esses íons alta disponibilidade biológica, alta estabilidade e solubilidade. A palavra “quelatos” vem do grego “chele” que significa “garra”, um termo adequado para descrever a maneira na qual os íons metálicos polivalentes são ligados a compostos orgânicos ou sintéticos (MELLOR, 1964).

Por sua vez, Ensminger; Oldfield (1990) definem quelatos como sendo estruturas cíclicas nas quais um elemento mineral é ligado a agentes carreadores ou quelantes através de ligações covalentes. Esses quelantes têm o papel de aumentar a absorção e a disponibilidade desse mineral no organismo, além de aumentar a sua estabilidade física reduzindo assim a tendência do micromineral de separar-se do alimento. Segundo Leeson; Summers (2001) existem três grupos de quelatos que são reconhecidos pelo sistema biológico:

Grupo I: Quelatos que servem de transportadores e de estoque para íons metálicos. Com este tipo de quelato o metal requer um ligante com propriedades químicas e físicas que o quelato é capaz de ser absorvido, transportado no sangue e passar pela membrana celular, enquanto o íon metal é utilizado no local em que é exigido. Ex: aminoácidos, especialmente a cisteína e a histidina e o EDTA.

Grupo II: Quelatos que são essenciais no metabolismo. Existe um número de quelatos no organismo com estrutura na qual o íon metal está presente na forma quelatada, a qual é necessária para desempenhar funções metabólicas. A hemoglobina é um exemplo deste grupo de quelatos.

Grupo III: Quelatos que interferem na utilização de cátions essenciais e não possuem valor biológico. Dentre estes quelatos está o ácido fítico (quelato de zinco) que pode interferir com o metabolismo normal por tornar esse mineral essencial indisponível para as funções metabólicas.

Segundo Reddy (1992), as formas orgânicas aumentam a biodisponibilidade dos minerais em relação às formas inorgânicas, o que pode trazer benefícios, tais como: maior taxa de crescimento, maior ganho de peso, maior produção de ovos, melhora na qualidade de carne e ovos, redução da taxa de mortalidade e redução do efeito do estresse. Portanto, não só a biodisponibilidade é superior, mas os minerais na forma orgânica são prontamente transportados para os tecidos, onde permanecem armazenados por períodos mais longos que os inorgânicos (RUTZ et.al, 2007).

## 2.2 Absorção De Minerais e Interações

Há muitos anos, os nutricionistas têm utilizado minerais na forma inorgânica (ex.: sulfato de zinco, selenito de sódio, sulfato de cobre, etc.) buscando atender às exigências minerais das aves. Ao alcançarem o trato gastrointestinal, os minerais devem ser inicialmente solubilizados para liberarem íons e serem absorvidos. Estando na forma iônica, os minerais podem se complexar com outros componentes da dieta (ex.: minerais, proteínas, carboidratos), o que dificulta a sua absorção ou ainda, se completamente complexado (ex: fitato), tornam-se indisponíveis ao animal. Tendo em vista estas incertezas, os níveis de minerais fornecidos nas dietas são frequentemente superiores aos mínimos exigidos para otimizar o desempenho, resultando em excesso de fornecimento (RUTZ et al., 2007).

Os minerais podem interagir entre si, com outros nutrientes e com fatores não nutritivos. Essas interações podem ser sinérgicas ou antagônicas, tomam lugar no próprio alimento, no trato digestivo, nos tecidos e no metabolismo celular (GEORGIEVSKII et al., 1982).

Elementos sinérgicos são aqueles que aumentam mutuamente a sua absorção no trato digestivo e cumprem a mesma função metabólica no tecido ou na célula:

- A interação pode ser direta entre os elementos. O nível de absorção é que determina suas proporções na dieta. Ex.: Ca/P; Na/Cl; Zn/Co.
- Interação indireta entre elementos na função estrutural. Ex.: Ca e P na formação da hidroxiapatita no osso; Cu e Fe na formação da hemoglobina; Mn e Zn na formação do DNA.
- Participação simultânea no centro ativo de algumas enzimas. Ex.: Fe e Mo na xantina oxidase; Cu e Fe na citocromo oxidase.
- Ativação das funções endócrinas e efeito sobre o metabolismo de outros minerais. Ex.: a tiroxina, que contém iodo, tem função direta no aumento do metabolismo e, conseqüentemente, maior retenção de K e Mg no corpo.

Antagonismo pode ser definido como o efeito contrário produzido por um elemento sobre o outro ou sobre uma função bioquímica no organismo. No processo de absorção gastrointestinal:

- Reação química entre os elementos. Ex.: excesso de Mg na dieta pode levar a formação de fosfato de magnésio; excesso de sulfatos ( $\text{SO}_4 =$ ) e de Mo, complexa o Cu.
- Fixação de elementos em partículas coloidais insolúveis de alumínio que atraem eletrostaticamente o Fe e Mg.
- Competição entre íons com carga semelhante, na absorção passiva pela pressão iônica na mucosa da parede intestinal (duodeno). Ex.:  $\text{Fe}^{+2}$ ,  $\text{Mn}^{+2}$ ,  $\text{Zn}^{+2}$  e  $\text{Cu}^{+2}$ .

- Nos processos metabólicos dos tecidos: Competição entre os íons para os centros ativos enzimáticos. Ex.: Mg, Mn e Zn nas metaloenzimas das fosfatases alcalinas, colinesterases e enolases.
- Competição para as ligações com substâncias carreadoras no sangue. Ex.: Fe com o Zn e o Cu nas ligações com a transferrinas plasmáticas.
- Efeito antagônico de diferentes íons sobre as enzimas receptoras. Ex.: ativação da ATPase pelo Mg e sua inibição pelo Ca.

Ressalta-se que, muitas vezes, o equilíbrio homeostático lança mão desses efeitos para manutenção das trocas metabólicas, em situações de dieta inadequadas.

No intestino, o transporte dos íons para o interior das células dá-se pela difusão passiva ou pelo transporte ativo, ou seja; para que esses íons sejam absorvidos, e atinjam a corrente sangüínea, órgãos e tecidos, eles necessitam estar atrelados a um agente ligante ou molécula transportadora, que permita a passagem através da parede intestinal. Muitas vezes estes íons não encontram o agente ligante e acabam sendo excretados. Nessas condições podem ocorrer perdas pela reação com compostos, como colóides insolúveis ou no processo de competição pelos sítios de absorção entre os elementos minerais, com interações antagônicas que inibem a absorção (HERRICK, 1993).

Na tentativa de aumentar a disponibilidade para o animal, uma suplementação extra de minerais pode causar efeitos prejudiciais, como diarreia e desequilíbrios, que podem levar a redução da biodisponibilidade de outros minerais, além de não melhorarem sua concentração no sangue e causarem poluição ambiental. Um exemplo disso é o que ocorre com o sulfato de manganês, cuja disponibilidade é baixa, e, quando se aumenta a inclusão deste na dieta o problema é solucionado, mas causa efeito negativo na disponibilidade do fósforo, cálcio e ferro (LEESON; SUMMERS, 2005).

A competição é especialmente acirrada entre os íons minerais Cu, Zn, e Fe, que disputam a mesma via de absorção. Deste modo, uma dieta com altos níveis de Cu pode bloquear a absorção do Zn e do Fe, levando a deficiência destes últimos. Outros exemplos são o ácido fítico e fosfatos, que podem reduzir ou inibir a disponibilidade de minerais (CABELL; EARLE, 1965; VOHRA et al, 1965). O cálcio diminui a absorção de Cu e Zn (LOWEL et al, 1994; WEDEKIND et al, 1994), Cu e Mo também são antagônicos, enquanto que ferro e manganês competem por mecanismos de absorção semelhantes. Outros fatores interferem na absorção dos sais minerais, como por exemplo, o álcool, a gordura e a fibra que formam compostos insolúveis, indisponibilizando o mineral na forma iônica.



Segundo Henry et al (1989), há várias maneiras em que as relações antagônicas podem ocorrer dentro do trato gastrointestinal. A mais simples envolve uma reação química formando um complexo insolúvel entre os minerais, como o cobre e o enxofre, para formar sulfeto de cobre ou de um mineral e outro componente da dieta, como o zinco combinado com o cálcio fítico para formar fitato. Elementos minerais também podem se absorvidos na superfície das partículas coloidais, assim como manganês e ferro na superfície de sais de magnésio ou de alumínio. A concorrência entre os minerais como cobalto e ferro pelos transportadores na parede intestinal também foi observado. Finalmente, alguns íons, incluindo o boro e o chumbo têm efeitos inibitórios sobre os processos como a fosforilação oxidativa na parede intestinal ou na atividade de algumas enzimas que interferem com a discriminação dos ingredientes e liberação de íons inorgânicos para absorção. A ênfase corrente na literatura científica sobre produção animal nos Estados Unidos, no tocante a interações de microminerais, tem levado em conta o efeito da enzima fitase e o fósforo orgânico na utilização do ferro, zinco e cobre.

Por sua vez, os minerais orgânicos apresentam absorção superior aos inorgânicos, pois, geralmente, utilizam as vias de absorção das moléculas orgânicas que os ligam, o que faz com que não tenham problemas de interações com outros minerais. A absorção desses minerais pode ocorrer sob duas formas: o mineral pode ser ligado à borda em escova sendo absorvido pela célula epitelial ou como ocorre na maioria das vezes onde o agente quelante é absorvido levando junto a si o metal (KRATZER ; VOHRA, 1996).

Ainda segundo Kratzer; Vohra (1996) o mecanismo pelo qual o agente quelante melhora a utilização do mineral, depende da capacidade do ligante seqüestrar o mineral, ou de sua habilidade em competir com outros ligantes, formando complexos solúveis com o mineral.

Para Clydesdale (1998) um ligante forma um composto solúvel com o mineral sendo com isso melhor absorvido pela mucosa intestinal. Conforme Spears (1996) o ligante pode formar um complexo estável no trato intestinal, evitando com isso que o mineral forme complexos insolúveis, dificultando a sua absorção.

### **2.3 Biodisponibilidade**

A biodisponibilidade de um nutriente é um termo relativo, sempre se referindo ao valor de outro produto usado como padrão. E pode ser definida como a medida da habilidade de um suplemento sustentar os processos biológicos nos animais (McGILLIRAY, 1978). A biodisponibilidade também pode ser definida como a fração do mineral que realmente é absorvida e utilizada pelo animal (POLLI, 2002). Desta forma, fatores físico-químicos que

reduzem a absorção de minerais do lúmen intestinal influenciam a biodisponibilidade mineral (DREOSTI, 1993).

Segundo van Dokkum (2003), os minerais da dieta são submetidos a várias interações durante os processos de digestão que podem influenciar de maneira positiva ou negativa a absorção, a biodisponibilidade e a utilização destes nutrientes, tais como: mudanças no pH do conteúdo gastrintestinal, variações da valência do mineral (óxido/redução), formação de complexos e ligação do mineral com outro componente do alimento ou com um componente intermediário formado durante a digestão, resultando na caracterização do mineral ora como disponível ora como não-disponível para absorção, já que se trata de um processo dinâmico e não estático, pois estas reações ocorrem a cada segundo no organismo.

Além desses fatores, segundo Miles; Henry (2000), existem outros que influenciam a biodisponibilidade dos minerais, especialmente dos microminerais, tais como: nível de consumo do mineral, forma química, digestibilidade da dieta, tamanho da partícula, interações com outros minerais e nutrientes, agentes quelantes, inibidores, estado fisiológico do animal, qualidade da água, condições de processamento, idade e espécie animal.

De acordo com Veiga; Cardoso, (2005), disponibilidade biológica ou valor biológico, é definido como a percentagem do elemento presente no composto que é absorvido pelo animal (Tabela 3).

Tabela 3 - Percentual de fontes de micro-minerais usados e sua biodisponibilidade relativa.

Elemento	Fonte	% do elemento na fonte	Biodisponibilidade
Cobalto	Carbonato de cobalto	46,0-55,0	-
	Sulfato de cobalto	21,0	-
	Cloreto de cobalto	24,7	-
Cobre	Sulfato de cobre	25,0	Alta
	Carbonato de cobre	53,0	Intermediária
	Cloreto de cobre	37,2	Intermediária
	Oxido de cobre	80,0	Baixa
Ferro	Nitrato de cobre	33,9	Intermediária
	Oxido de ferro	46,0-60,0	Não-disponível
	Carbonato de ferro	36,0-42,0	Baixa
	Sulfato de ferro	20,0-30,0	Alta
Iodo	Iodato de cálcio	63,5	Alta
	Iodato de potássio estabilizado	69,0	Alta
	Iodeto de cobre	66,6	Alta
	Etilenodiamino dihidriodeto	80,0	Alta
Manganês	Sulfato de manganês	27,0	Alta
	Oxido de manganês	52,0-62,0,0	Intermediária
Selênio	Selenito de sódio	40,0-45,6	Alta
Zinco	Carbonato de zinco	52,0	Alta
	Cloreto de zinco	48,0	Intermediária
	Sulfato de zinco	22,0-36,0	Alta
	Oxido de zinco	46,0-73,0	Alta

Fonte: Veiga; Cardoso, (2005).

Ainda segundo Veiga; Cardoso (2005), o valor biológico dos minerais pode aumentar bastante quando os micro-elementos são administrados na forma de um complexo orgânico ou de quelatos, proteínatos e polissacarídeos. Algumas pesquisas têm mostrado certa vantagem desses produtos, em relação às respectivas formas minerais. Porém, a efetiva utilização desses compostos, na prática, vai depender da sua economicidade.

Os minerais têm sido tradicionalmente suplementados em dietas para animais com produtos inorgânicos. Nos últimos anos tem havido grande interesse no de minerais orgânicos. Este interesse tem sido estimulado por resultados de pesquisas que demonstram uma melhora no crescimento, reprodução e sanidade de animais, alimentos com minerais orgânicos (JUNQUEIRA, 2008).

A associação de minerais com compostos orgânicos, presentes nos alimentos, afeta a disponibilidade destes minerais para o organismo animal. A disponibilidade dos minerais quelatados é superior a 90% (JUNQUEIRA, 2008). Já, os suplementos minerais que não tem molécula trans-quelatada, são absorvidos em média de 10 a 18% pelos animais.

Há grandes evidências que minerais orgânicos são mais absorvidos que minerais inorgânicos, sendo este fato observado pela maior concentração do mineral nos tecidos e no sangue. Como ocorre uma melhoria na biodisponibilidade dos elementos minerais, através da proteção aos efeitos adversos presentes no trato gastrointestinal, os minerais orgânicos proporcionam maior rapidez na absorção (JUNQUEIRA, 2008).

Na forma orgânica, os minerais são absorvidos pelos carreadores intestinais de aminoácidos e peptídeos e não por transportadores intestinais clássicos de minerais. Isto evita a competição entre minerais pelos mesmos mecanismos de absorção (RUTZ et al., 2007). Segundo o autor, não só a biodisponibilidade é superior, mas os minerais na forma orgânica são prontamente transportados para os tecidos, onde permanecem armazenados por períodos mais longos que os inorgânicos.

#### **2.4 Utilização de Minerais Orgânicos na Avicultura**

Avaliando os fatores já descritos, o interesse na utilização de minerais orgânicos tem aumentado e na literatura podemos observar que há diversos estudos com o intuito de avaliar não só a biodisponibilidade destes minerais, mas também o desempenho dos animais que os recebem na alimentação. Entretanto, são muitas as divergências entre pesquisadores quanto à verdadeira eficácia desses minerais, mas ainda assim a maior parte deles obteve resultados favoráveis à utilização dos mesmos.

Também há outro fator que deve ser levado em conta, o custo. Os minerais orgânicos geralmente são mais caros do que as fontes inorgânicas, sendo estes mais econômicos.

Entretanto, há indicações de que em algumas situações, os orgânicos podem atingir fins biológicos que os inorgânicos não podem, compensando o valor.

Hoje há também uma maior conscientização da potencial poluição mineral que tem estimulado discussões sobre como reduzir os níveis de suplementação mineral na nutrição de animais de produção com ações que não comprometam a saúde animal e o desempenho produtivo. O uso de minerais organicamente complexados em premixes tem sido sugerido como uma solução para este problema, com base na hipótese de que os minerais orgânicos têm uma maior biodisponibilidade do que os sais inorgânicos. Isto implica que os minerais orgânicos podem ser adicionados a uma concentração muito mais baixa na dieta do que minerais inorgânicos, sem qualquer efeito negativo sobre o desempenho produtivo e potencialmente reduzir a excreção de minerais (NOLLET et al., 2008).

Nollet et al. (2007) suplementaram Mn, Zn, Fe e Cu nas formas orgânicas para frangos de corte em menores níveis do que a dieta controle composta por minerais inorgânicos. Os autores obtiveram excreções de 46, 63, 73 e 55% menores, respectivamente, comparadas com dietas suplementadas com minerais inorgânicos.

Há também trabalhos com uma visão diferenciada, avaliando também o que ocorre após a absorção sob o ponto de vista metabólico como de Deyhim; Teeter (1997), que demonstraram que o uso de minerais na forma orgânica na dieta de frangos de corte tem reduzido a incidência de ascite de 5 para 2%. Este trabalho também diz que o uso de alta concentração de vitaminas e a suplementação de minerais inorgânicos em dietas contemporâneas potencializa a incidência de ascite.

Reddy et al. (1992) relataram que as formas orgânicas de microminerais aumentam a biodisponibilidade dos minerais, podendo trazer vários benefícios às aves, como promover maior taxa de crescimento, ganho de peso e produção, reduzir a taxa de mortalidade e o efeito do estresse calórico, além de melhorar a qualidade interna e externa dos ovos.

Atualmente encontram-se disponíveis no mercado minerais nas formas orgânicas e inorgânicas. Os orgânicos possuem preços mais elevados, mas promovem uma melhora no desempenho, pois otimizam a absorção, retenção e a utilização dos alimentos ofertados quando comparado com as fontes inorgânicas. Ainda, os minerais orgânicos apresentam uma maior biodisponibilidade, são transportados mais facilmente e armazenados por mais tempo que os correspondentes inorgânicos (MAIORKA; MACARI, 2002).

Trabalhos recentes têm demonstrado a possibilidade da substituição total dos minerais na forma inorgânica por orgânica com redução nos níveis dessa suplementação sem prejuízos no desempenho animal e com redução da excreção mineral nas fezes (NOLLET et al. 2007).

#### 2.4.1 Zinco

A importância do zinco foi demonstrada em 1934 por Todd, que estudou a necessidade do mineral para o crescimento e sanidade de ratos e camundongos. Kelvin; Mann (1940) isolaram e purificaram a anidrase carbônica que catalisa a quebra do ácido carbônico em gás carbônico e água e mostraram que essa enzima continha 0,33% de zinco. A anidrase carbônica também atua na calcificação dos ossos e na formação da casca do ovo. Altas concentrações dessa enzima foram encontradas na glândula da casca e oviduto da galinha. O Zn é um dos constituintes da metaloenzima anidrase carbônica (0,3%) e atua no equilíbrio ácido-base, no organismo e na calcificação óssea (LESSON; SUMMERS, 2001).

O Zn atua como ativador de vários sistemas enzimáticos, participando do processo de secreção hormonal, especialmente os relacionados ao crescimento, reprodução, imunocompetência e estresse. Este também atua na síntese de queratina, colágeno e no metabolismo de ácidos nucleicos (RUTZ, 2007).

O órgão envolvido na regulação homeostática do Zn é o trato intestinal, a excreção endógena é um mecanismo rápido e a absorção é um mecanismo de resposta lenta com capacidade de lidar com maiores intervalos de flutuações no teor de Zn da dieta (SECHINATO, 2003).

O tecido ósseo e muscular contém a maior parte do Zn corpóreo e estes possuem a capacidade de reter e acumular o excedente e liberá-lo quando em escassez na dieta (EMMERT; BAKER, 1995; UNDERWOOD, 1999). Entretanto, quando ligado a metalotioneína é mais rapidamente liberado (KOHLMEYER, 2001).

Com relação a trabalhos com formas orgânicas, Kienholz (1992) demonstrou que o uso de Zn orgânico para aves com estresse devido ao baixo nível de cálcio na dieta (3%), provocou a manutenção do tamanho do ovo quando comparado com o tratamento com mineral inorgânico que ocasionou uma redução no período do estresse. Este fato poderia ser explicado pela grande quantidade de moléculas orgânicas existentes e suas diferenças na biodisponibilidade e estabilidade e também no metabolismo.

Pimentel et al. (1991) não observaram diferença na biodisponibilidade de Zn, na forma de Zn metionina, quando comparado com a forma inorgânica, com experimentos em poedeiras, entretanto Wedekind *et al.* (1992) realizando estudo sobre a biodisponibilidade de diversas fontes do mineral observou uma biodisponibilidade de 117%, na forma de Zn metionina, em uma dieta purificada, 177% em uma dieta com soja isolada e 206% em uma dieta composta por milho e soja, comparada com 100% de biodisponibilidade do Zn para o sulfato de Zn. Além disso, observou também melhora na deposição óssea desse mineral para

as poedeiras que haviam recebido o mineral na forma de Zn metionina, concluindo que a biodisponibilidade é maior para forma orgânica do que para forma inorgânica.

No trabalho de Tucker (2008) foi constatado que estudos conduzidos na Rússia comparando diferentes níveis de Zn propiciaram melhor ganhos de peso e conversão alimentar quando as poedeiras receberam Zn na forma orgânica. O mesmo autor também relata um experimento conduzido na Universidade de Kentucky, onde a biodisponibilidade de Zn orgânico foi de 183% (baseado em desempenho) e 157% (baseado em deposição óssea, tomando a tibia como amostra) em comparação com 100% de sulfato de Zn.

Moreng (1992) observou melhora na resistência a quebra e uma significativa redução dos defeitos de casca quando as aves receberam Zn orgânico, melhora essa que não ocorreu nas aves que receberam a forma inorgânica do produto. Porém, Balnave; Zhang (1993) em trabalho semelhante, concluíram que não houve diferença estatística na forma de suplementação de Zn para galinhas de postura. Klecker et al. (1997); Lundeen (2001) demonstraram melhora da qualidade da casca com dietas suplementadas com Mn e Zn orgânicos, comparadas com dietas suplementadas com a forma inorgânica. Entretanto, esses achados discordam dos observados por Dale; Strong (1998), os quais obtiveram melhora significativa nos parâmetros de qualidade de ovo.

Richards; Dibner (2005) compararam a resistência intestinal e a resposta imune de frangos recebendo dietas contendo sulfato de Zn, zinco-metionina ou Zn orgânico com hidroxianálogo da metionina. Comparativamente a um grupo controle que não recebeu Zn, todas as formas de Zn propiciaram melhora nas condições intestinais, mas aquela ligada ao hidroxí-análogo foi a que propiciou os melhores resultados ao nível do duodeno e jejuno. Entretanto, o grupo controle e aquele que recebeu sulfato de Zn não diferiram significativamente. Já para a resposta imunológica, somente o grupo de aves que receberam Zn orgânico com hidroxianálogo da metionina responderam imunologicamente ao desafio.

De outro modo, Rossi et al. (2007) indicaram que um nível mínimo de 45 ppm Zn orgânico adicionado a uma dieta contendo premix comercial (com Zn inorgânico) propiciou melhor característica de carcaça (qualidade de pele), mas não no desempenho das aves, assim como Rutz et al. (2007) que trabalharam com a suplementação de Zn para frangos de corte com o objetivo de reduzir a incidência de celulite. Downs et al. (2000) em trabalho semelhante também observou a redução de incidência de celulite. Estes observaram que a resistência ao corte pode ser observada em tratamentos suplementados com Zn orgânico. Os autores concluíram que apesar de não obter resposta para os parâmetros zootécnicos houve

aumento da resistência ao corte nas aves suplementadas em níveis de 45 ppm e, por conseguinte, melhora na qualidade da carcaça.

#### 2.4.2 Manganês

Underwood (1999) afirma que apesar do manganês (Mn) ser amplamente distribuído no organismo, ele é encontrado em baixas concentrações nas células e tecidos, mas ele é necessário para o desenvolvimento normal dos ossos e para a manutenção do processo reprodutivo em machos e fêmeas. O autor também afirma que o Mn é responsável pela ativação de várias enzimas, entre elas estão as quinases, hidrolases, transferases e descarboxilases.

O osso é a fonte mais rica em Mn no organismo das aves, com cerca de 3 a 4 µg/g de tecido, seguido pelo fígado com 2 µg/g (LEESON; SUMMERS, 2001).

A eficiência de absorção do Mn é bastante baixa. Outros minerais como cálcio, fósforo e ferro podem reduzir a solubilidade do Mn e inibir sua absorção, ele compete pelos sítios de absorção de ferro e cobalto no enterócito, sendo assim sua absorção pelo trato intestinal é pobre, sendo questionável o quanto do Mn presente nos alimentos é disponível para a ave. A absorção e excreção parecem ser dependentes da formação de um quelato natural especialmente com sais biliares. Mudanças marcantes têm sido notadas na distribuição do Mn no organismo com o uso de quelatos artificiais (LEESON; SUMMERS, 2001). Os mesmos autores também afirmam que o mineral também é necessário para a fosforilação oxidativa na mitocôndria, para a síntese de ácidos graxos e incorporação de acetato no colesterol.

O Mn é ativador metálico das enzimas envolvidas na síntese de mucopolissacarídeos e glicoproteínas que contribuem na formação da matriz orgânica dos ossos e da casca dos ovos (GEORGIEVSKI, 1982). Este é um fator importante e que também foi avaliado por Leach; Gross (1983) que descreveram defeitos na casca do ovo de galinhas com deficiência de Mn e observaram que o ovo apresentava um menor peso da casca com formato mais circular com áreas translúcidas, além da deficiência do mineral ter diminuído a produção de ovos. Além disso, é essencial para o desenvolvimento normal dos ossos, manutenção do funcionamento do processo reprodutivo em machos e fêmeas e responsável pela ativação de várias enzimas (UNDERWOOD, 1981).

A excreção ocorre principalmente pelas fezes na forma de sais biliares, a taxa de excreção do Mn é afetada pela concentração desse elemento a dieta e parece não ser influenciado por outros íons da dieta e por mudanças no equilíbrio do equilíbrio ácido- básico (LEESON; SUMMERS, 2001).

Ao retirar microminerais da dieta de poedeiras comerciais por 10 dias, Abdallah et al. (1994) observaram que o Mn parece ser o micromineral mais crítico para a qualidade da casca do ovo. A carência de Mn resulta em cascas com menor número de cones de boas dimensões na base mamilar, devido à fusão da base dos vários cones primários, além de cascas mais fracas e maior incidência de áreas translúcidas (VICENZI, 1996).

Virden et al. (2003) avaliaram a suplementação de Zn e Mn nas formas orgânicas no desempenho de frangos de crescimento rápido. Estes concluíram que a suplementação de Zn e Mn orgânicos melhorou a viabilidade dos animais testados sem interferir nas taxas de crescimento e rendimento de carcaça de frangos.

Com base na deposição óssea, Baker; Halpin (1987) não observaram diferença na biodisponibilidade relativa de fontes orgânicas e inorgânicas de Mn em frangos de corte alimentados até o 14º dia. Entretanto, Henry et al. (1989) observaram que a biodisponibilidade da fonte orgânica de Mn foi significativamente maior do que as fontes inorgânicas do mesmo (óxido de Mn e sulfato de Mn monohidratado).

Avaliando a biodisponibilidade de várias fontes de Mn, em aves, com e sem stress por altas temperaturas, Smith et al. (1995) observou que a biodisponibilidade de Mn proteinado foi de 125% sob temperatura de conforto e de 145% sob stress por alta temperatura, concluindo que o mineral orgânico pode melhorar a disponibilidade dos minerais quando as aves são submetidas a altas temperaturas, assim como Sands et al. (1999) que concluíram que a adição de Mn proteinado melhorou a conversão alimentar, ganho de peso e deposição de gordura quando comparado com a dieta controle, sem o suplemento e em estresse calórico.

Comparando a biodisponibilidade da forma orgânica de Mn ao óxido de Mn, em dieta composta por milho e farelo de soja, Fly et al. (1989) verificaram que a forma orgânica apresentou biodisponibilidade de 147% comparada a forma de óxido (100%). Ammerman *et al.* (1995) concluíram que a biodisponibilidade relativa para o Mn metionina e Mn proteinado foram de 120 e 110%, respectivamente, quando comparadas ao sulfato de Mn (100%).

A suplementação de dietas de perus com zinco-metionina e manganês-metionina resultou em melhora da conversão alimentar, reduziu a mortalidade e os problemas de anormalidades de penas (FERKET et al., 1992). Klecker et al. (1997) demonstraram melhora na resistência a quebra de ovos provenientes de galinhas que receberam proteínatos de Zn e Mn em substituição a 20 e 40% das formas inorgânicas presentes nas dietas testadas.

Muitos trabalhos falam da melhora no desempenho reprodutivo de machos suplementados com Mn na forma inorgânica, mas existe pouca literatura acerca deste assunto com minerais orgânicos, devendo este ser mais estudado.



### 2.4.3 Cobre

O cobre (Cu) é essencial para reprodução, crescimento, desenvolvimento do tecido conectivo e pigmentação da pele (UNDERWOOD, 1999). É um componente de proteínas sanguíneas como a eritrocupreina, encontrada nos eritrócitos, exercendo função em muitos sistemas enzimáticos (LEESON; SUMMERS, 2001) e é essencial para a formação normal dos ossos, sendo ativador da lisil oxidase, enzima que participa da biossíntese de colágeno (SCOTT et al., 1982; VICENZI, 1996 ; LEESON ;SUMMERS, 2001). Segundo Underwood (1999), o Cu só é superado pelo Zn no número de enzimas ativadas. O mineral foi identificado como um elemento essencial para aumentar a resistência ao stress e às doenças. Ele desempenha um papel primordial na saúde e no funcionamento adequado de cada célula do organismo.

A carência de Cu determina a produção de ovos com má formação da casca e maior incidência de ovos sem casca. As causas não são conhecidas, porém, o istmo possui um conteúdo muito alto em Cu (VICENZI, 1996).

Um aumento na biodisponibilidade do Cu de fontes orgânicas, comparadas às fontes inorgânicas, foi observado por Baker et al. (1991) por meio de comparações da quantidade de Cu acumulado no fígado.

Aoyagi; Baker (1993) também demonstraram uma melhor biodisponibilidade do Cu na forma orgânica, principalmente devido à molécula proteger o mineral contra interações com outras substâncias como a L-cisteína e glutatona reduzida, que são capazes de reduzir a absorção de Cu no intestino. Os mesmos autores em outro estudo, concluíram que a biodisponibilidade aparente da forma orgânica de Cu foi de 120% quando comparada à forma inorgânica de sulfato de cobre (100%). Guo et al. (2001) verificaram uma biodisponibilidade de 111 e 109% para Cu lisina e Cu proteinato, respectivamente, quando comparados com o sulfato de cobre (100%).

Richards; Dibner (2005) compararam diferentes formas de Cu na resistência intestinal e na resposta imunológica de frangos recebendo sulfato de Cu, proteinato de Cu, complexo lisina-cobre ou a forma orgânica de cobre com hidroxí-análogo da metionina. Os animais foram vacinados contra *Eimeria acervulina* e desafiadas com *E. acervulina* e *E. tenella*. A resistência intestinal foi avaliada no íleo, e todas as formas de Cu melhoraram a resistência intestinal. Entretanto, aquelas que receberam a forma orgânica de Cu com hidroxí-análogo da metionina apresentaram os melhores resultados. Já para a resposta imunológica, somente as aves que receberam a forma orgânica de Cu com hidroxí-análogo da metionina apresentaram melhor resposta imunológica.

#### 2.4.4 Ferro

O ferro (Fe) desempenha papel importante em diversos processos metabólicos vitais aos seres vivos, participando no transporte de oxigênio, síntese de DNA e reações redox na cadeia mitocondrial transportadora de elétrons (LEVENSON; TASSABEHJI, 2004). Além disso, devido a sua capacidade de se interconverter entre a forma férrica (Fe<sup>+3</sup>) e a forma ferrosa (Fe<sup>+2</sup>) torna-se um componente muito útil na estrutura molecular de diversas proteínas e enzimas (CRICHTON et al., 2002).

Segundo o que relata Florez (1997), até 80% do Fe orgânico é destinado para a função eritrocítica, ou seja, está presente no eritrócito como hemoglobina. O restante deste mineral no organismo está distribuído na mioglobina (3%), nos locais de estoque como ferritina e hemossiderina (20%) e em várias enzimas (catalases, citocromos, peroxidases) numa pequena quantidade (1%) (HAYS; SWENSON, 1996).

Os microminerais Fe, I e Se participam de reações de síntese de inúmeros compostos importantes no organismo da ave em crescimento, como a hemoglobina e os hormônios tireoideanos, e na manutenção da integridade das membranas biológicas (MCDOWELL, 1992).

Underwood (1999) relata que o Fe foi relacionado com distúrbios no sangue já no século XVI, entretanto as bases fisiológicas dessa relação foram propostas em 1886 por Zinoffsky que demonstrou que a hemoglobina possuía 0,335% de Fe. Ainda segundo o autor, nos monogástricos a absorção é afetada por: idade e status do Fe no organismo, condições do trato intestinal, particularmente no duodeno que é o principal sítio de absorção; quantidade e forma química do Fe ingerido e quantidade e proporção de outros minerais e compostos na dieta, os quais podem interagir com o Fe e além disso, é afetada pela presença de outros metais divalentes na dieta, tais como: Cu, Mn, Co, Cd, os quais podem competir pelo sítio de absorção do Fe. A absorção é mais efetiva no duodeno, ligeiramente menor no restante do intestino delgado e menor ainda no cólon (KOHLMEYER, 2001).

O Fe é essencial como cofator do transporte de oxigênio, respiração, aminoácidos, lipídeos, álcool, vitamina A, metabolismo do enxofre, e várias outras funções de oxi-redução (KOHLMEYER, 2001).

O Fe pode ser armazenado principalmente nas formas de ferritina e hemossiderina. A ferritina não funciona apenas como transportador, mas também no armazenamento de Fe contendo mais de 20% da reserva do corpo. A hemossiderina é a mais predominante forma de armazenamento, esta contém cerca de 35% das reservas de ferro (UNDERWOOD, 1999).

Skrivan (2005) realizaram trabalho com a suplementação de Zn, Cu e Fe orgânico. Com a suplementação dos três microminerais os autores perceberam aumento na retenção de Fe na gema e clara em 36,7 e 34,9%, respectivamente. Suplementado sozinho, o aumento foi de apenas 6,3% e 2,2%.

Spears et al. (1992) comparando fontes de ferro metionina com fontes inorgânicas concluíram por meio da concentração de hemoglobina que a biodisponibilidade do Fe orgânico foi de 180% quando comparado às formas inorgânicas consideradas como 100%. Já no trabalho de Cao et al. (1996) verificaram, em ensaio de disponibilidade biológica com fontes de Fe para frangos de corte (FeSO<sub>4</sub> reagent-grade, FeSO<sub>4</sub> feed-grade e ferrometionina) que a forma orgânica apresentou 88% de biodisponibilidade quando comparada à fonte reagent-grade, considerada padrão.

Paik (2001) observou que o uso de formas orgânicas de Fe aumenta em até 20% o conteúdo do mineral da gema do ovo e o fator mencionado poderia ser uma boa justificativa para o uso da forma orgânica.

Seo et.al (2008) avaliaram a retenção de Fe no músculo de 250 frangos utilizando ferro-metionina, e verificaram diferentes níveis de Fe em determinados grupos musculares. O fígado contém aproximadamente 10 vezes mais Fe do que a musculatura da coxa, que por sua vez contém três vezes mais do que a musculatura do peito e asa. Neste trabalho, a concentração de Fe no fígado foi influenciada pela fonte e níveis, sendo maiores para elevados níveis de suplementação e pelo tipo de fonte. A ferro-metionina demonstrou uma maior retenção de Fe ante os demais tratamentos, sendo que na quantidade de 200 ppm foram obtidas as maiores concentrações. Na musculatura da coxa, a Fe-metionina foi significamente maior que os outros tratamentos com Fe. A vermelhidão dos músculos e uma maior retenção de Cu foram observadas pelos autores. Os mesmos concluíram que o quelato de Fe-metionina é recomendado para um maior enriquecimento da carne de frango.

Quanto a parâmetros produtivos, Sechinato et al (2006) suplementaram poedeiras no período de 48 a 60 semanas com diferentes fontes de microminerais comparando com minerais orgânicos. A suplementação de Fe orgânico teve resposta negativa para a massa de ovos produzida não obtendo diferença significativa nos demais parâmetros produtivos avaliados.

Ainda há poucos estudos também para biodisponibilidade de fontes orgânicas de Fe, mas visto o já relatado, são de muita importância e deve ser foco de pesquisas futuras.

#### 2.4.5 Selênio

O selênio (Se) é um micromineral essencial e componente de enzimas envolvidas na proteção antioxidante e no metabolismo da tireóide. Uma das principais funções do Se é a participação na enzima glutatona peroxidase. Essa enzima oxida a glutatona e destroem peróxidos, prevenindo ataque dos peróxidos aos ácidos graxos poliinsaturados presentes nas membranas lipídicas (LEESON; SUMMERS, 2001). Da mesma maneira que protege as membranas celulares dos radicais livres, há também a proteção das membranas das mitocôndrias e dos microsomas. Todas essas ações anti-oxidativas do Se dependem da sua interação com a vitamina E, tendo ação essencial nos mecanismos de defesa (McDOWELL, 1999). A vitamina E poupa o Se por sua capacidade antioxidante e também é cofator de enzimas e proteínas com vital importância na defesa antioxidante, função nos hormônios da tireoide e insulina, regulação do crescimento celular e manutenção da fertilidade (LEESON; SUMMERS, 2001).

O Se pode ser encontrado com frequência em associação com enxofre em compostos orgânicos e inorgânico devido suas propriedades similares ao enxofre e telúrio. As formas comuns do Se são ácido selênico, ácido selenoso, selenatos e selenitos. Algumas plantas e microorganismos têm mostrado a habilidade em reajustar o enxofre na cisteína e metionina com o Se, produzindo seleniocisteína e seleniometionina (LEESON; SUMMERS, 2001).

O Se na forma orgânica de seleniometionina é absorvido pelo trato digestivo através de mecanismo ativo semelhante ao da absorção da metionina, enquanto o Se inorgânico e a seleniocisteína não são ativamente transportadas (LEESON; SUMMERS, 2001). O selenio metionina é rapidamente absorvido e retido no organismo, mas ele é vagorosamente convertido em selenocisteína a qual é necessária para a síntese de proteínas funcionais (UNDERWOOD, 1999). A absorção do Se depende da sua apresentação química. Os aminoácidos que contêm Se são absorvidos pelo trato digestivo de forma ativa e eficiente, através da via de transporte de aminoácidos, e podem ser distribuídos diretamente para o organismo por meio da circulação sanguínea (COMBS; COMBS, 1986) na forma inorgânica e como Se-Cys o Se não é ativamente transportado (LEESON; SUMMERS, 2001).

O Se absorvido é levado aos diversos tecidos do organismo ligado a proteínas plasmáticas, sendo encontrado em maiores concentrações nos rins, fígado, glândula pituitária e pâncreas (PEREIRA, 2005). No fígado é utilizado para síntese de selenoproteínas biologicamente ativas.

A biodisponibilidade relativa de Se, avaliada através da atividade da glutatona peroxidase, não demonstrou diferença entre fontes orgânicas e o selenito de sódio

(AMMERMAN et al., 1995). Contudo, Close (1998) verificou que o Se orgânico apresenta maior biodisponibilidade (120 a 150%) em relação ao selenito de sódio (100%).

Davis; Fear (1996) mostraram a importância do Se na produção de ovos, uma vez que ocorre uma relação linear entre o mineral da dieta e o presente nos ovos.

Trabalhos relatando a concentração de Se no ovo são muito encontrados na literatura. Payne (2005) realizaram trabalho avaliando diferentes fontes do mineral e sua concentração no ovo. Os autores perceberam que a suplementação da forma orgânica de aumentaram o peso do ovo. Os níveis de Se *in ovo* aumentaram nas duas fontes, mas com a forma orgânica houve uma maior concentração.

Com trabalho sobre matrizes pesadas, Reis et al. (2009) compararam a transferência de Se de origem inorgânica (selenito de sódio) e orgânica (Zn-L-Se-metionina) para o ovo. Os autores concluíram que a deposição de Se no ovo era superior quando as aves receberam a forma orgânica. Este efeito contribui para o aumento do número de pintos por matriz recebendo o mineral orgânico só ou combinado com Zn e Mn orgânicos (RUTZ et al., 2003). Resultados semelhantes foram observados por Paton et al. (2002), trabalhando com Se oriundo de Se-levedura. Matrizes suplementadas com a forma orgânica apresentaram maior concentração de Se *in ovo* do que matrizes suplementadas com selenito de sódio. As maiores concentrações de Se foram observadas dos dias 10-15 de incubação no embrião. Estes resultados demonstram que há uma mudança na absorção deste micromineral neste período de incubação, percebidos pelo aumento da atividade da enzima glutathione peroxidase.

Pappas et al. (2005) estudaram os efeitos da inclusão de Se variando fonte e nível com adição de ácidos graxos poliinsaturados (óleo de peixe). Estes encontraram que a concentração de Se na gema foi maior em tratamentos que receberam as menores dosagens de Se. A presença de ácidos graxos diminuiu o tamanho do ovo e espessura de casca, entretanto a presença do Se na dieta diminuíram estes efeitos. Altos níveis de Se resultaram em maior aparecimento de Se na clara e gema. A eclodibilidade diminuiu conforme o aumento de ácidos graxos poliinsaturados. Estes resultados foram confirmados por Richards (1997) que relata que a concentração de formas organicamente complexadas são maiores em conteúdo total no ovo do que formas inorgânicas. Utterback (2005) não obteve melhora nos parâmetros zootécnicos de poedeiras no seu estudo. Este concluiu que a forma orgânica aumenta a concentração de Se no ovo, o que confere um alimento de maior qualidade.

Surai (2006) observou várias vantagens do Se orgânico para matrizes como melhora na fertilidade, melhora na eclodibilidade e melhora na qualidade do pintinho. Para frangos de corte, o Se orgânico está associado com maior ganho de peso, melhora na conversão

alimentar, redução da mortalidade, redução do gotejamento, aumento do tempo de prateleira, por reduzir a peroxidação lipídica. Para poedeiras, o mesmo autor indica que o Se orgânico quando oferecido a aqueles animais, em substituição ao selenito, aumenta a concentração daquele mineral em todas as partes do ovo (casca, membranas da casca, membrana perivitelínica, clara e gema). A substituição de selenito de sódio por Se orgânico 30 para poedeiras resulta em melhora na conversão alimentar, melhora na qualidade da casca, melhora no tempo de prateleira (ovos), enriquece o ovo com selênio (importante para o processo de comercialização de um ovo nutricionalmente diferenciado).

Entre os microminerais, o Se sob a forma orgânica é o mais consolidado e estudado. Existem evidências efetivas que, sob essa forma, este mineral é mais biodisponível (ARRUDA et al., 2004).

### **3 CONCLUSÃO**

Como podemos observar neste trabalho, os estudos sobre minerais orgânicos devem ser mais aprofundados devido à importância do assunto na nutrição animal e também com o meio ambiente. A preocupação ambiental vem aumentando e à medida que os órgãos ambientais estabelecerem limites para excreção de minerais no meio ambiente, o uso desta tecnologia será importante, enquanto isso, o enfoque dado é apenas no custo benefício do ponto de vista zootécnico.

Acredito que com mais estudos, sempre buscando o aumento da produtividade, o uso desses minerais será viabilizado maximizando o desempenho dos animais e auxiliando na diminuição da poluição ambiental, sendo assim podemos considerar que o uso dos minerais orgânicos é uma tendência ao contínuo desenvolvimento da avicultura e será uma realidade no futuro.

## REFERÊNCIAS

- Abdallah, A. G.; Harms R. H.; Wilson H. R.; O. el-Husseiny. Effect of removing trace minerals from the diet of hens laying eggs with heavy or light shell weight. **Poultry Science** 73:295.1994.
- AAFCO, Association of American Feed Control Officials, 2000.**
- ALVES, E.L. Efeito dos níveis de cálcio em duas fontes sobre o desempenho de frangos de corte. **Ciência agrotecnológica**, Lavras, v.26, n.6, p.1305-1312, nov./dez., 2002.
- AMMERMAN, C. B; BAKER, D. H.; LEWIS, A. J. Bioavailability of nutrients for animals: amino acids, minerals and vitamins. **Academic Press**, San Diego, p.44, 1995.
- AOYAGI, S.; BAKER, D. H.; Nutritional Evaluation of copper-methionine complex for chicks. **Poultry Science**, vol.72. p. 2309-2315, 1993.
- ARRUDA, J.S.; RUTZ, F.; PAN, E. A. Influence os replacing dietary inorganic witch organic selenium on peformance of broilers. In: ANNUAL SYMPOSIUM ON BIOTECHNOLOGY IN THE FEED INDUSTRY, p.13, Lexington, 2004.
- BAKER, D. H.; HALPIN, K.M.; Efficacy of a manganese-protein chelate compared with that of manganese sulfate for chicks. **Poultry Science**. vol. 66, p 1561-1563, 1987.
- BALNAVE, D.; ZHANG, D.; Responses of laying hens on saline drinking water to dietary supplementation with various zinc compouds. **Poultry Science**. vol. 72, p. 603-606, 1993.
- BERTECHINI, A. G.; **Nutrição de monogástricos**. Lavras: UFLA, p. 1302, 2006.
- BRITO, J.A.G; BERTECHINI, A.G; FASSANI, E.J; RODRIGUES, P.B; FREITAS, R.T.F. Uso de micromineirais sob a forma de complexo orgânico em rações para frangas de reposição no período de 7 a 12 semanas de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.4, p.1342-1348, 2006.
- CABELL, C. A.; EARLE, I. P.; Additive effect of calcium and phosphorus on utilization of dietary zinc. **Journal of Animal Science**, v. 24, p. 800-806, 1965.
- CAO, J.; HENRY, P.R.; AMMERMAN, C.B. et al. Effect of dietary iron concentration, age and length of iron for use on feed intake and tissue iron concentration of broiler chicks for use as a bioassay supplemental iron sources. **Poultry Science**, v.75, n.4, p.495-504, 1996.
- CLOSE, W.H.; The role of trace mineral proteinates in pig nutrition. In: LYONS, T.P., JACQUES, K.A. **Biotechnology in the Feed Industry**. Nottingham: Nottingham University Press. p. 469-483, 1998.
- CLYDESDALE, F.M. Mineral interactions in foods. In: BODWELL, C.E., ERDMAN, Jr. J.W. Nutrient interactions. New York: Marcel Dekker, p.257-268. 1998.
- COMBS, G. F.; COMBS, S. B. The role of selenium in nutrition. New York: **Academic Press**, 1986.
- CRICHTON, R.R; WILMET, S.; LEGSSYER, R.; WARD, R.J. Molecular and cellular mechanisms of iron homeostasis and toxicity in mammalian cells. **Journal of Inorganic Biochemistry**, v.91, p.9-18, 2002.



DALE, N.; STRONG JUNIOR, C. F. Inability to demonstrate an effect of eggshell 49 on shell quality in older layings hens. **The Journal of Applied Research**, Newtown, v. 7, p. 219-224, 1998.

DEYHIM, F., TEETER, R.G. Dietary vitamin level and trace mineral premix form effects on broiler performance. **Technical data sheet**. Chelated Minerals Corp. Salt Lake City, UT, 84127, 1997.

DOWNS, K. M. Dietary zinc complexes and vitamin E for reducing cellulitis incidence in broilers. **Journal Applied of Poultry Research**, v.9, p. 319–323, 2000.

DREOSTI, I. E.; Recommended dietary intakes of iron, zinc and other inorganic nutrients and their chemical form and identity. **Nutrition**. v. 9, p. 542-545, 1993.

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

ENSMINGER, M.E., OLDFIELD, J.E. **Feeds & Nutrition**. 2ª Edition Clovis, Califórnia: Ensminger Publishing Company, p. 500, 1990.

FERKET, P. R.; QURESHI, M. A.; Effect of level of inorganic and organic zinc and manganese on the immune function of turkey toms. **Poultry Science**, v.70, p. 60, 1992.

FLOREZ J. Farmacos antianemicos y factores de crecimiento hemopoyetico. In: FLOREZ J. Farmacologia Humana. 3. ed. Barcelona; Masson, p.981-90. 1997.

FLY, A. D.; IZQUIERDO, O. A.; LOWRY, K. R.; Manganese bioavailability in a Mn-methionine chelate. **Nutrition Research**, v. 9, p. 901-910, 1989.

GEORGIEVSKII, V. I.; ANNEKOV, B. N.; SAMOKHIN, V. T. **Mineral nutrition of animals**. London: Butterworth, p. 11-56, 1982.

GUO, R.; HENRY, P. R.; HOLWERDA, R. A. ; CAO, J.; Chemical characteristics and relative bioavailability of supplemental organic copper sources for poultry. **Journal of Animal Science**, v. 79, p. 1132-1141, 2001.

HAYS, V. W.; SWENSON, M. J. Minerais. In: SWENSON, M.; REECE, W.O. **Dukes fisiologia dos animais domésticos**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1996. p.471-487.

HENRY, P. R.; AMMERMAN, C. B.; MILES, R. D. Realtive bioavailability of manganese-methionine complex for broiler chicks. **Poultry Science**, v. 68, p. 107-112, 1989.

HERRICK, J. B. Mineral in animal health. In: ASHMEAD, H. D. (Ed.). **The roles of amino acid chelates in animal nutrition**. New Jersey: Noyes, 1993. p. 3-9.

Junqueira O.M. **Nutrição animal**. Quelatos na alimentação animal. Boletim técnico, 2008. Disponível em: <http://www.pedrovet.com.br/trabalhosC/QuelatosnaAlimentacao.doc>. Acessado em: 12/12/2011.

KIEFER, C.; Minerais quelatados na nutrição de aves e suínos. **Revista eletrônica nutritime**. p. 215 – 236, 2005.

- KIENHOLZ, E. W.; Zinc methionine for stressed laying hens. **Poultry Science**, v. 71, p. 829-832, 1992.
- KLECKER, D. et al. Influence of trace mineral proteinate supplementation on eggshell quality. **Poultry Science**, Champaign, v. 76, p. 131, 1997.
- KRATZER, F.H., VOHRA, P. Chelates and chelation. In: KRATZER, F.H., VOHRA, P. **Chelates in nutrition**. Boca Raton, Florida: CRC Press, p.5-33. 1996.
- LEESON, S., SUMMERS, J.D. **Commercial poultry nutrition**. 2<sup>a</sup> Edition. Guelph, Ontario: University Books, p.57-58, 1997.
- LEESON, S.; SUMMERS, J. D. **Nutrition of the chicken**. 4. ed. Guelph, Ontario: University Books, p. 591, 2001.
- LEESON, S.; SUMMERS, J. D. **Commercial poultry nutrition**. Ontario: University books, p.398, 2005.
- LEVENSON, C.W.; TASSABEHJI, N.M. Iron and ageing: an introduction to iron regulatory mechanisms. **Ageing research reviews**, v.3, p.251-263, 2004.
- LOWEL J.A.; WISEMAN J.; COLE D.J.A. Absorption and retention of zinc when administered as an amino-acid chelate in the dog. **Journal of Nutrition**. 124:2572-2574, 1994.
- LUDEEN, T. Mineral proteinates may have positive effect on shell quality. **Feedstuffs**, Mineapolis, v. 73, p. 10-15, 2001.
- MABE, I.; RAPP, C.; BAIN, M.M.; NYS, Y. Supplementation of a corn-soybean meal diet with manganese, copper, and zinc from organic or inorganic sources improves eggshell quality in aged laying hens. **Poultry Science**, v. 82, p. 1903-1913, 2003.
- 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: Funep/Unesp, p. 167-17, 2002.
- MCDOWELL, L.R. Minerals in animal and human nutrition. New York: Academic Press, p. 524, 1992.
- MCDOWELL, L. R. **Minerais para ruminantes sob pastejo em regiões tropicais, enfatizando o Brasil**. Gainesville: University of Florida, p. 92, 1999.
- McGILLIRRAY, J.J. Biological availability of phosphorus sources. In: ANNUAL INTERNATIONAL MINERALS CONFERENCE, Petersburg Beach. Anais. St.Petersburg Beach: IMC, p.104-150, 1978.
- MELLOR, D. Historical backgrounds and fundamental concepts "of chelation". In: DWYER, F; MELLOR, D (Ed.). **Chelating agents and metal chelates**. New York: Academic Press, p.1, 1964.

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

MORENG, R.E; BALNAVE, D.; ZHANG, D. Dietary zinc methionine effect on eggshell quality of hens drinking saline water. **Poultry Science**. v. 71, p.1163–1167, 1992.

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. **Journal Applied Poultry Research**, v.16, p. 592-597, 2007.

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. **Journal Applied Poultry Research**, v. 17, p.109-115, 2008.

PATON, N. D.; CANTOR, A.H; PESCATORE, A.J; FORD, M.J; SMITH, C.A. Absorption of selenium by developing chick embryos during incubation. In: *Biotechnology in the Feed Industry, Proceedings of Alltech's 18 th Annual Symposium* (T. P. Lyons and K. A. Jacques. Eds), Nottingham University Press, Nottingham. UK, pp. 107-121.  
 PAIK, I. Application of chelated minerals in animal production. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v.14, p.191-198, 2001.

PAPPAS, A. C., ACAMOVIC, T., SPARKS, N. H. C., SURAI, P. F., MCDEVITT, R. M. Effects of Supplementing Broiler Breeder Diets with Organoselenium Compounds and Polyunsaturated Fatty Acids on Hatchability. **Poultry Science**, v.85, p.1584-1593, 2006.

PAYNE, RL, SOUTHERN, LL. Comparison of inorganic and organic selenium sources for broilers. **Poultry Science**, v.84, p. 898-902, 2005.

PIMENTEL, J.L., COOK, M.E., GREGER, J.L. Bioavailability of Zinc-Methionine for Chicks. **Poultry Science**, v.70, p.1637-1639, 1991.

POLLI, S.R. Boletim Informativo Nutron Pet, n.4, 2002. Disponível em:  
<http://www.animalworld.com.br/vet/ver.php?id=190>. Acessado em 11/12/2011.

REDDY, A. B.; DWIVED J. N.; ASHMEAD, A. D. Mineral chelation generates profit. **Misset-World Poultry**, v. 8, p. 13-15, 1992.

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. **Journal Applied of Poultry Research**, v. 18, p. 151-157, 2009.

LEACH JN, R.M; GROSS, J.R. The Effect of Manganese Deficiency upon the Ultrastructure of the Eggshell. **Poultry Science**, v. 62, p.499-504, 1983.

RICHARDS, MP. Trace mineral metabolism in the avian embryo. **Poultry Science**, v. 76, p. 152-164, 1997.

RICHARDS, J.; DIBNER, J.; Organic trace minerals are not all equally effective. **World Poultry**, v. 21, p. 17-19, 2005.

ROSSI, P.; RUTZ, F.; ANCIUTI, M.A; RECH, J.L; ZAUK, N.H.F. Influence of graded levels of organic zinc on growth performance and carcass traits of broilers. **Journal Applied of Poultry Research**, v.16, p. 219-225, 2007.

RUTZ, F.; PAN, E.A; XAVIER, G.B; ANCIUTI, M.A . Meeting selenium demands of modern poultry: responses to Sel-Plex™ organic selenium in broiler and breeder diets. In: Lyons, T.P.; Jacques, K.A.. (Org.). **Nutritional Biotechnology in the Feed and Food Industries**. 1 ed. Nottingham: Typeset by Nottingham University Press, v. 1, p. 147-162, 2003.

RUTZ, F.; PAN, E. A.; XAVIER, G. B. Efeito de minerais orgânicos sobre o metabolismo e desempenho de aves. **Revista Aveworld**, Paulínia, 2007.  
Disponível em <http://www.aveworld.com.br/> . Acesso em 9 de dezembro de 2011.

SANDS, J. S.; SMITH, M. O. Broilers in Heat Stress Conditions: Effects of Dietary Manganese Proteinates or Chromium Picolinate Supplementation. **Journal Applied Poultry Research** ,v. 8, p.280-287, 2008.

SCOTT, M.L.;NESHEIM, M.C.; YOUNG, R.J. **Nutrition of the chicken**. 3.ed. Ithaca, NY. P.562, 1982.

SECHINATO, A.S. Efeito da suplementação dietética com micro minerais orgânicos na produção e qualidade de ovos de galinhas poedeiras. **Dissertação (mestrado)**. Universidade Federal de São Paulo-USP. São Paulo, p. 59, 2003.

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

SEO, S. H.; LEE, H.K; AHN, H.J; PAIK, I.K. The effect of dietary supplementation of Fe-methionine chelate and FeSO<sub>4</sub> on the iron content of broiler meat. **Asian- Australasian journal of animal sciences**, v. 21, p. 103-106, 2008.

SKRIVAN, M, SKRIVANOVA, V, MAROUNEK, M.Effects of dietary zinc, iron, and copper in layer feed on distribution of these elements in eggs, liver, excreta, soil, and herbage. **Poultry Science**, v. 84, p.1570-1575, 2005.

SMITH, M. O.; SHERMAN, I. L; MILLER, C. L; Relative biological availability of manganese from manganese proteinates, manganese sulfate e manganese monoxide in broilers reared at elevated temperatures. **Poultry Science**, v.74, p. 702-707, 1995.

SPEARS, J.W; SCHOENHERR, W. D.; KEGLEY, E. B.; FLOWERS, W. L.; ALHUNSEN, H. D; Efficacy of iron methionine as a source for iron for nursing pigs. **Journal of Animal Science**, v. 70, p. 243, 1992.

SPEARS, J.W. Optimizing mineral levels and sources for farm animal. In: KORNEGAY, E.T. **Nutrient management of food animals to enhance and protect the environment**. New York: CRC Press, p.259-275, 1996.

SURAI, P. F.; **Selenium in Nutrition and Health**. Nottingham: Nottingham University Press, 2006.

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

UNDERWOOD, E. J. Sources of mineral. **The mineral nutrition of livestock**. 2. ed. London: Farnham Royal, p. 9-19, 1981.

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

UTTERBACK, P.L.; PARSONS, C.M.; YOON, I.; BUTLER, J. Effect of supplementing selenium yeast in diets of laying hens on egg selenium content. **Poultry Science**, v. 84, p. 1900-1901, 2005.

van DOKKUM, W. The concept of mineral bioavailability. In: Bioavailability of micronutrients and minor dietary compounds. **Metabolic and technological aspects**. India, Research Signpost., p. 1-18, 2003.

VEIGA J.B.; CARDOSO, E.C. Criação de gado leiteiro na zona bragantina, 2005. Disponível em:<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Leite/GadoLeiteiroZonaBragantina/paginas/apresentacao.htm>. Acessado em: 12/12/2011.

VICENZI, E. Fadiga de gaiola e qualidade da casca do ovo. **Aspectos nutricionais**. In: Simpósio Técnico de Produção de Ovos, São Paulo, Brasil. p. 77-91, 1996.

VIEIRA, S. L.; Chelated minerals for poultry. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v. 10, p. 73-79, 2008.

VIRDEN, W. S.; YEATMAN, J. B.; BARBER, S. J.; ZUMWALT, C. D.; WARD, T. L.; JOHNSON, A. B.; KIDD, M. T. Hen Mineral Nutrition Impacts Progeny Livability. **Journal Applied Poultry Research**, v. 12, p. 411-416, 2003.

VOHRA, P.; GRAY, G. A.; KRATZER, F. H. Phytic acid-metal complexes. **Proceedings of the Society of Experimental Biology and Medicine**, v. 120, p. 447-449, 1965.

WEDEKIND, K. J.; HORTIN, A. E.; BAKER, D. H. Methodology for assessing zinc bioavailability: Efficacy estimates for zinc methionine, zinc sulfate, and zinc oxide. **Journal of Animal Science**, v. 70, p. 178-187, 1992.

WEDEKIND, K. J.; LEWIS A.J; GIESEMANN, M.A; MILLER, P.S. Bioavailability of zinc from inorganic and organic sources for pigs fed corn-soybean meal diets. **Journal of Animal Science**, v. 72, p. 2681-2689, 1994.