

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE AGRONOMIA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

TUELEN FERNANDES DOS SANTOS

**SUPLEMENTAÇÃO E AVALIAÇÃO DE FONTES DE SELÊNIO
EM FRANGOS DE CORTE**

Porto Alegre,

2018

TUELEN FERNANDES DOS SANTOS

**SUPLEMENTAÇÃO E AVALIAÇÃO DE FONTES DE SELÊNIO
EM FRANGOS DE CORTE**

Trabalho de conclusão de curso apresentado
como requisito para obtenção de Grau de
Zootecnista, Faculdade de Agronomia,
Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Orientador: Sergio Luiz Vieira
Coorientador: Gabriela Santiago

Porto Alegre

2018

TUELEN FERNANDES DOS SANTOS

**SUPLEMENTAÇÃO E AVALIAÇÃO DE FONTES DE SELÊNIO
EM FRANGOS DE CORTE**

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado a Faculdade de Agronomia da
Universidade Federal do Rio Grande do Sul como requisito para obtenção do título de
Zootecnista

Aprovado em: ____ de _____ de _____.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Sergio Luiz Vieira

Prof. Dr. Inês Andretta

Mestre Paula Gabriela da Silva Pires

AGRADECIMENTOS

Agradeço inicialmente à Deus e aos meus pais, Maria Joana e Reginaldo, sem o suporte deles nada disso seria possível, obrigada por terem me ajudado a chegar até aqui.

A equipe do Aviário de Ensino e Pesquisa, que sem dúvidas me ajudou a ser uma pessoa melhor, e a crescer academicamente. Agradeço em especial aos meus colegas Ismael França, e Marco Ebbing, que sempre me apoiaram e me ajudaram a ver as coisas com mais clareza quando eu não estava conseguindo.

Também sou muito grata ao professor Sergio Vieira por sua orientação, e a mestre Gabriela Santiago que sempre revisou meus trabalhos e me orientou com muita paciência.

E não poderia deixar de fora minhas amigas, que durante toda a graduação estiveram ao meu lado e tornaram os meus dias mais felizes e interessantes, muito obrigada Carolina Franceschi, Morgana Zortea, Bianca Salvador e Juliana Dementshuk vocês fazem parte de tudo isso.

RESUMO

A produção de aves não só no Brasil, mas também no mundo, teve grandes avanços nos últimos anos, principalmente devido à integração do conhecimento nas áreas de manejo, melhoramento genético, nutrição e sanidade animal. A região Sul, formada pelos estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, é a região brasileira que mais abate e exporta carne de frango no país. Pesquisas recentes na área da nutrição têm sido realizadas na busca de alternativas que possibilitem a formulação de rações mais eficientes e econômicas, já que a alimentação é o item de maior custo na produção. Os minerais vêm ganhando maior destaque nos últimos anos, eles se dividem em dois grandes grupos, os macrominerais (envolvidos em sua grande maioria em funções estruturais ou fisiológicas), e microminerais ou elementos traços (possuem funções metabólicas juntamente com a resposta imune, reprodução e crescimento). O selênio se encaixa no grupo dos microminerais, e por ele ser um elemento traço essencial, as pesquisas se concentram no seu papel metabólico e nas consequências que sua deficiência traz. Ele desempenha funções importantes, participa da defesa antioxidante do sistema imune, e da regulação da função tireoidiana. Rostagno recomenda 0,317 mg/kg de ração quando selênio inorgânico, e 0,138 mg/kg de ração quando orgânico para frangos de 8 a 21 dias.

Palavras-chave: Inorgânico. Orgânico. Suplementação.

ABSTRACT

The production of birds not only in Brazil but also in the world has made great strides in recent years, due to the integration of knowledge in the areas of management, breeding, nutrition and animal health. The southern region, formed by the states of Paraná, Santa Catarina, and Rio Grande do Sul, is the Brazilian region that most slaughters and exports chicken meat in the country. Recent research in the field of nutrition has been carried out in the search for alternatives that allow the formulation of rations more efficient and economical since feeding is the item with the highest cost in production. Minerals have been gaining more prominence in recent years, they are divided into two major groups, macrominerals (mostly involved in structural or physiological functions), and microminerals or trace elements (which have metabolic functions along with the immune response, reproduction, and growth). Selenium fits into the group of microminerals, and for being an essential trace element, research focuses on its metabolic role and the consequences of its deficiency. It plays important roles, participates in the antioxidant defense, immune system, and regulation of thyroid function. Rostagno recommends 0.317 mg / kg of feed when using inorganic selenium, and 0.138 mg / kg of feed when using organic for chickens of 8 to 21 days.

Keywords: Inorganic. Organic. Supplementation.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Macronutrientes essenciais para aves.....	12
Tabela 2 - Micronutrientes essenciais para aves.....	12
Tabela 3 - Relação das selenoproteínas, locais de ação e funções.....	19

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Diagrama ilustrativo do metabolismo do selênio	17
Figura 2 - Estrutura química do selenato.....	17
Figura 3 - Estrutura química do selenito.....	17

RELAÇÃO DE ABREVIATURAS

ABPA	Associação Brasileira de Proteína Animal
GPX	Glutathione peroxidase
kg	Kilograma
mg	Miligrama
ppm	Parte por milhão
Se	Selênio
SeMet	Selenometionina
SeCis	Selenocisteína

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	10
2.	REVISAO BIBLIOGRÁFICA	11
2.1	MINERAIS E SUA IMPORTÂNCIA NA NUTRIÇÃO DE FRANGOS	12
2.2	LIGAÇÕES QUÍMICAS DOS MINERAIS	14
2.3	ABSORÇÃO DOS MINERAIS	15
2.4	MICROMINERAIS NA NUTRIÇÃO	16
2.5	SELÊNIO	16
2.6	METABOLISMO DO SELÊNIO	17
2.7	DEFICIÊNCIA DE SELÊNIO	19
2.8	FUNÇÕES DO SELÊNIO	19
2.9	SUPLEMENTAÇÃO DE SELÊNIO	20
3.	CONCLUSÕES.....	22
4.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	23

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é um dos maiores produtores e exportadores de aves do mundo, ocupando atualmente a segunda posição como produtor, e liderando o ranking como exportador, com 34% da produção exportada para cerca de 150 países. Em 2016, a produção brasileira foi de 12,90 milhões de toneladas (ABPA, 2017)

Isso tudo se deve a pesquisas recentes principalmente na área de nutrição, onde os requerimentos nutricionais mudam com frequência, por isso é importante que a dieta seja balanceada, já que os custos com a nutrição chegam entre a 60 e 70% do custo produtivo (CARVALHO *et al.*, 2008; GRUNOW *et al.*, 2009)

Os minerais por exemplo, vem ganhando maior destaque nos últimos anos, mostrando grande importância na nutrição animal. Eles se dividem em dois grandes grupos, os macrominerais, compostos por: enxofre, cálcio, fósforo, potássio, cloro e magnésio, envolvidos em sua grande maioria em funções estruturais ou fisiológicas. E os microminerais ou elementos traços formados por: ferro, zinco, cobre, manganês, níquel, cobalto, molibdênio, selênio, cromo, iodo, e flúor, que possuem funções metabólicas juntamente com a resposta imune, reprodução e crescimento (VIEIRA, 2004).

Os microminerais quando deficientes no organismo animal se tornam um problema, uma vez que os sintomas não são evidentes quando deficiências marginais, e o animal continua crescendo mesmo que em taxa reduzida. Inicialmente ocorre uma baixa da imunidade e o comprometimento das funções enzimáticas, seguido pela redução do crescimento e da fertilidade, e por último estes se tornam mais drásticos (FRAKER, 1983; WIKSE, 1992).

O selênio é um micromineral que desperta atenção por sua dupla capacidade, sendo nutriente essencial e altamente tóxico quando ingerido em altas concentrações (GIERUS, 2007; PUTAROV, 2010; ROMAN *et al.*, 2014). O interesse inicial pelo selênio na nutrição foi devido ao seu efeito tóxico no organismo. A descoberta de que ele é um elemento traço essencial alterou as pesquisas, que passaram a se concentrar no seu papel metabólico e nas consequências que sua deficiência trazia (SCHWARZ e FOLTZ). Ele desempenha funções importantes no organismo, participa da defesa antioxidante, do sistema imune, e da regulação da função tireoidiana (BROWN e ARTHUR, 2001). Rostagno *et al.* (2011) recomenda uma suplementação de selênio de 0,330 mg/kg de ração para frangos de 8 a 21 dias. Já em Rostagno *et al.* (2017) a recomendação é de 0,317 mg/kg de ração quando selênio inorgânico,

e 0,138 mg/kg de ração quando orgânico para frangos com a mesma idade como citado anteriormente.

2.1 Minerais e sua Importância na Nutrição de Frangos

As primeiras observações com minerais aconteceram por volta de 1600 onde Wilissi Aldrovandi alimentou pintinhos com casca de ovos e observou que os alimentados com este ingrediente se desenvolviam mais rápido que os que não o recebiam.

No ano de 1930 houve a descoberta de vários minerais como cálcio, fósforo, enxofre e ferro. Essas descobertas acompanharam a evolução dos equipamentos físicos e químicos a partir de 1935. Porém os minerais ganharam maior importância somente nos últimos anos, nos quais o melhoramento genético mudou o ritmo de crescimento das aves, assim como suas exigências nutricionais, aumentando suas necessidades em relação aos minerais.

Eles constituem parte importante do organismo animal, representado de 3 a 4 % do peso das aves, e desempenham diversas funções, entre elas está a participação na formação do tecido conectivo, manutenção da homeostase dos fluidos orgânicos, e do equilíbrio da membrana celular, ativação de reações bioquímicas através da ativação de sistemas enzimáticos, efeito sobre as funções das glândulas endócrinas, e sobre a microflora simbiótica do trato gastrointestinal, além da participação no processo de absorção e transporte dos nutrientes no organismo.

Os minerais se dividem em dois grandes grupos como citado anteriormente, os macrominerais, assim chamados devido a grande quantidade presente na ração sendo os mais críticos o cálcio, fósforo, potássio, sódio, enxofre, cloro e magnésio (Tabela 1) e os microminerais, presentes em menores quantidades, porém igualmente essenciais. Dentre estes estão o ferro, cobre, iodo, manganês, cobalto, zinco e selênio (Tabela 2).

Tabela 1. Macrominerais Essenciais para Aves

Minerais	Funções
Cálcio (Ca)	Formação de ossos e das cascas dos ovos; excitação muscular, sobretudo cardíaca; coagulação sangüínea; integridade da membrana celular e transmissão nervosa.
Fósforo (P)	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.
Potássio (K)	Balanco osmótico e hídrico corporal; participação no metabolismo protéico e dos carboidratos; integridade da atividade muscular e nervosa.
Sódio (Na)	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.
Enxofre (S)	Metabolismo e síntese protéica; metabolismo das gorduras e dos carboidratos e síntese de vitaminas do complexo B.
Cloro (Cl)	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.
Magnésio (Mg)	Atividade neuromuscular e nervosa; transferência de energia; participação no crescimento ósseo; participação no metabolismo dos carboidratos e participação no metabolismo dos lipídeos.

Adaptado de McDowell, 1999

Tabela 2. Microminerais Essenciais para Aves

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

Adaptado de McDowell, 1999

2.2 Ligações Químicas dos Minerais

Os minerais se dividem em dois grupos dependendo do seu tipo de ligação, podendo ser minerais orgânicos (ou quelatados), ou minerais inorgânicos (Maciel et al., 2010). A utilização dos minerais quelatados na nutrição animal é recente e a discussão de sua importância está baseada em suas ações específicas a nível celular e sua maior biodisponibilidade em relação aos minerais inorgânicos. São assim denominados os compostos formados por íons metálicos, sequestrados por substâncias orgânicas como aminoácidos, peptídeos ou complexos polissacarídeos que proporcionam a esses íons alta disponibilidade biológica, alta estabilidade e solubilidade (KIEFER, 2005). Os microminerais orgânicos disponíveis atualmente no mercado possuem diferentes características químicas e físicas, em decorrência do tipo de ligante utilizado e, conseqüentemente, geram diferentes respostas nutricionais (CAO *et al.*, 2000). De acordo com a Association of American Feed Control Officials (AAFCO, 1999), existem cinco categorias de microminerais orgânicos, sendo:

- Complexo Metal Aminoácido específico, resultante da complexação de um sal de metal solúvel com um aminoácido específico, geralmente, refere-se a uma molécula de aminoácido ligada a um íon metal, por exemplo, Zinco-Metionina, Manganês-Metionina, Cobre-Lisina e Ferro-Metionina;
- Complexo Metal Aminoácido, muito semelhante ao complexo metal aminoácido específico, é resultante da complexação de um sal de metal com uma mistura de aminoácidos livres. A única diferença entre as duas categorias é que o aminoácido não é especificado;
- Quelato Metal Aminoácido, resultante da reação de um íon metálico de um sal solúvel com aminoácidos em uma reação molar, de um mol de metal para um, dois ou três moles de aminoácidos, que forma uma ligação covalente coordenada;
- Metal Proteinado, resultante da quelação de um sal solúvel com aminoácidos ou proteínas parcialmente hidrolisadas. O produto final pode conter somente aminoácidos, dipeptídeos, tripeptídeos ou outros derivados de proteína.
- Metal Polissacarídeo, resultante da complexação de um sal solúvel com um polissacarídeo. Esse produto é uma matriz de mineral orgânico, sem ligações químicas entre o metal e o polissacarídeo.

2.3 Absorção dos Minerais

Na nutrição animal, as fontes minerais mais comumente utilizadas 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^{++} , e etc (POLLI, 2002).

No intestino, o transporte dos íons para o interior das células se dá pela difusão passiva ou pelo transporte ativo, ou seja, para que esses íons sejam absorvidos e atinjam a corrente sanguínea, 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 coloides 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 (LEESON e SUMMERS, 1997). Além disso, existe também um efeito de inibição da absorção de minerais por outras substâncias ou nutrientes quando apresentadas nas formas inorgânicas, dentre elas, o ácido oxálico e fítico, taninos, fibras, dentre outras.

Os minerais quelatados são compostos orgânicos que apresentam absorção superior aos inorgânicos, pois, geralmente, usam 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 dos minerais quelatados 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 e VOHRA, 1996). No jejuno, o aminoácido do mineral quelatado, age como agente transportador, permitindo a passagem do mineral através da parede intestinal para a corrente sanguínea (diretamente para o plasma). A separação do aminoácido quelante ocorre no local onde o elemento mineral metálico será utilizado (ASHMEAD, 1993).

2.4 Microminerais na Nutrição

Os microminerais possuem baixa biodisponibilidade, o que segundo Mabe (2001) pode estar relacionado com a formação de complexos com outras substâncias no trato digestivo reduzindo a solubilidade desses elementos. Porém são muitos os fatores que influenciam a biodisponibilidade dos minerais, especialmente os microminerais. Por exemplo: o nível de consumo, forma química, digestibilidade da dieta, tamanho da partícula e interações com outros minerais ou nutrientes, estado fisiológico, qualidade de água, idade e espécie animal (MILES E HENRY, 2000)

Estes são considerados importantes na nutrição, pois participam de uma série de processos bioquímicos, essenciais ao crescimento e desenvolvimento, destacando a formação óssea (BRITO *et al.*, 2006). Por isso, várias tentativas têm sido feitas para torná-los mais biodisponíveis, e protegê-los das condições do trato gastrointestinal. Os minerais orgânicos (quelatados) por apresentarem melhor biodisponibilidade em relação aos minerais inorgânicos, maior rapidez na absorção e transporte facilitado, vem se destacando entre as pesquisas recentes (MACIEL *et al.*, 2010).

2.5 Selênio

O selênio foi denominado assim no ano de 1817, quando o químico sueco J. J. Berzelius que tinha ações em uma fábrica de ácido sulfúrico ficou intrigado com um sedimento vermelho-acastanhado presente no interior das câmaras que o ácido era feito. Submeteu a amostra a análises e descobriu que se tratava de um novo elemento químico. Descoberto desta forma o selênio, que recebeu este nome por ter sido confundido inicialmente com o telúrio originado do latim “*Tellus*” que significa deusa terra, assim Berzelius decidiu que o novo elemento se chamaria Selênio proveniente do grego “*Selene*”, deusa lua.

Inicialmente, não foi descoberta nenhuma função importante para o selênio, porém no início do século XX, o mineral foi identificado como o fator causador de envenenamento em animais que se alimentavam de plantas com capacidade de acumular selênio em grandes quantidades. Antes de suas funções benéficas serem reconhecidas, o elemento foi considerado carcinogênico. A partir de então, pesquisas realizadas com modelos de câncer induzido tanto por substâncias químicas quanto por vírus revelava que, em determinadas condições, o mineral não exercia efeito carcinogênico e, algumas vezes, apresentou ação anticarcinogênica (OLDFIELD, 1987).

O selênio, pertence à família 6 A da tabela periódica, possui número atômico 34, ponto de fusão de 220°C e de ebulição de 685°C. A coloração está diretamente relacionada com as suas formas, podendo ser cinza metalizado, vermelho ou escuro tendendo ao preto.

2.6 Metabolismo do Selênio

Na natureza há duas formas de composto de selênio, sendo a orgânica e a inorgânica. Os vegetais, por exemplo, absorvem o selênio em sua forma inorgânica a partir do solo, a qual é convertida para a forma orgânica de selenometionina (SeMet) e selenocisteína. A SeMet é a principal fonte de compostos de selênio presente em produtos vegetais como grãos, legumes e leguminosas, além de ser o principal precursor para a síntese de selenocisteína, a forma mais abundante em produtos de origem animal. Na forma de SeMet, o Se apresenta-se substituindo o enxofre, estes ligados por dois carbonos numa ligação covalente, não sofrem dissociação no processo de absorção (GIERUS, 2007). A SeMet é absorvida pelo trato digestivo através do mecanismo ativo, semelhante ao da metionina. Sendo absorvida pelo mesmo canal dos aminoácidos neutros a biodisponibilidade de Se orgânico é maior, enquanto o Se inorgânico e o selenocisteína não são ativamente transportados (LEESON e SUMMERS, 2001). Além disso, a substituição do Se inorgânico pelo Se orgânico tem resultado em uma série de impactos na saúde e no desempenho dos animais, promovendo melhorias na coloração e na qualidade da carcaça (MAHAN *et al.*, 1999). A absorção do Se na forma inorgânica é por via de difusão simples (MYKKANEN *et al.* 1989) e por isso pode sofrer ação antagônica a absorção de outros ânions, como sulfatos. A SeMet é rapidamente absorvida e retido no organismo, porém é vagorosamente convertida em SeCis a qual é necessária para a síntese de proteínas funcionais (UNDERWOOD, 1999).

O Se de origem orgânica ou inorgânica após absorvido será utilizado para síntese de selenoproteínas, estocado ou excretado. Mesmo se o destino metabólico diferir entre as fontes, todo o Se absorvido é convertido a seleneto inorgânico e seleneto de hidrogênio (H₂Se) antes da incorporação específica da SeCis no sítio ativo das selenoproteínas (DANIELS, 1996). O Se inorgânico não utilizado na síntese de selenoproteínas sofre processo de metilação e é excretado. A principal forma de excreção de Se é via urina, porém, como observado, quando há consumo excessivo, ocorre excreção respiratória. A excreção pelos pulmões ocorre quando a eliminação do Se na forma de trimetilselenônio torna-se saturada, e a eliminação ocorre principalmente na forma de dimetildiseleneto volátil (COMINETTI e COZZOLINO, 2009) (Figura 1).

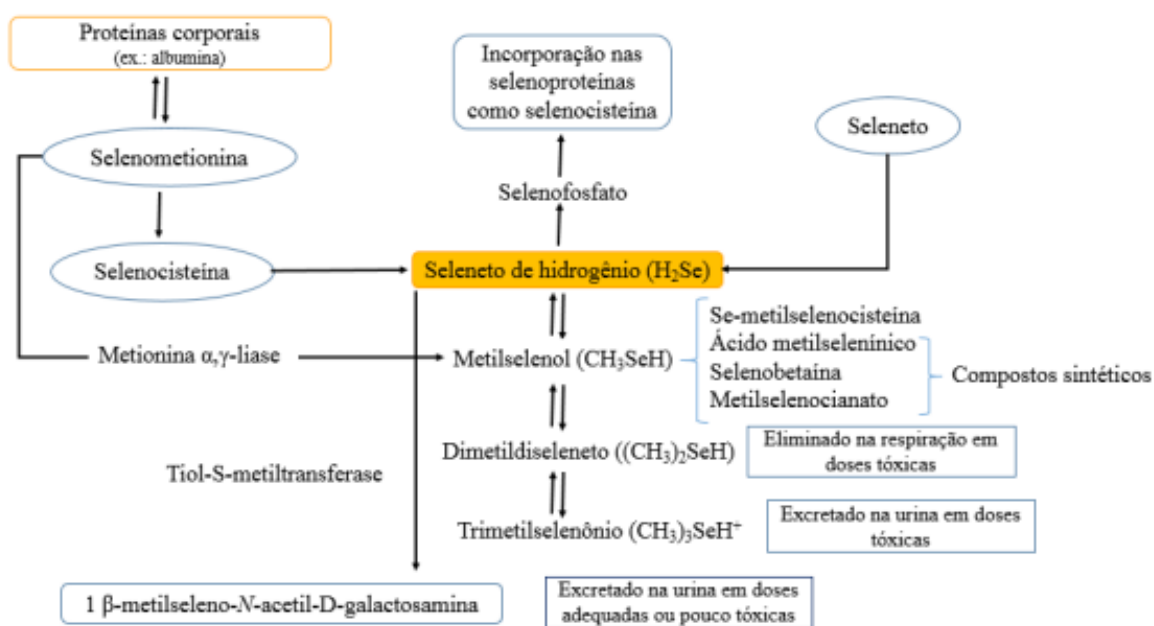


Figura 1. Diagrama ilustrativo do metabolismo do selênio (Adaptado de Meuillet et al.,2004)

As principais formas de compostos inorgânicos do selênio são o selenito (SeO_3^{2-}) (Figura 2) e o selenato (SeO_4^{2-}) (Figura 3), encontrados basicamente em suplementos. Essas diferentes formas do mineral são responsáveis por sua biodisponibilidade. A selenometionina melhora o status do selênio de maneira mais eficaz do que as outras formas, porém, sua biodisponibilidade é menor que a do selenito e do selenato, uma vez que precisa primeiramente ser transformada em precursor inorgânico (SUNDE, 1997; RAYMAN, 2000; PAPP et al., 2007). A glutathiona (GSH) é responsável pela redução das formas inorgânicas de selênio em selenito de hidrogênio (H_2Se). Esse composto pode ser utilizado na síntese das diversas selenoproteínas ou também metilado através de reações enzimáticas.

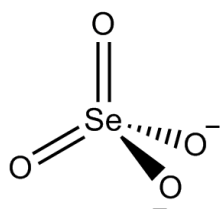


Figura 2. Estrutura Química do Selenato

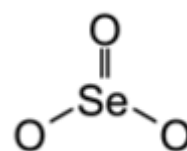


Figura 3. Estrutura Química do Selenito

2.7 Deficiência de Selênio

No sistema antioxidante dos animais, a eficiência é determinada pela interação de fatores. Por exemplo, a deficiência de Se associada a baixa suplementação de vitamina E é responsável pelo desenvolvimento de várias doenças, por isso, a suplementação de Se de alta biodisponibilidade é importante para potencializar a ação do sistema antioxidante no animal. Muitas das manifestações de deficiência de Se são relacionadas ao aumento da destruição oxidativa. Mais recentemente a suplementação de Se também foi relatada para diminuir a ocorrência e gravidade das miopatias no músculo do peito (SIHVO *et. al.*, 2013). Dentre os sintomas de deficiência de selênio, podemos citar:

- Distrofia muscular nutricional: ocorre a degeneração do tecido muscular estriado. Nas aves, ocorre degeneração associada à diátese exsudativa, especialmente no músculo peitoral.
- Diátese exsudativa: caracterizada pela formação de edemas no organismo, principalmente na região abdominal da ave. Este é o resultado da permeabilidade anormal das paredes dos capilares, que é recuperada com a adição de Se e/ou vitamina E na dieta.

2.8 Funções do Selênio

Está envolvido em diversos processos metabólicos e desempenha funções variadas, incluindo a capacidade antioxidante, participação na conversão do T4 (tiroxina) em T3 (triiodotironina), aumento da resistência do sistema imunológico (promoção de resposta aumentada destas células). Também previne uma série de doenças, como diátese exsudativa, encefalomalácea nutricional, e atrofia pancreática (UNDERWOOD e SUTTLE, 1999). Se caracteriza por seu versátil potencial de oxirredução, sendo componente fundamental da enzima glutathiona peroxidase (GPX), que atua na neutralização de radicais livres. A família da glutathiona peroxidase é composta por quatro membros, cujas funções estão descritas na tabela abaixo (Tabela 3).

Tabela 3. Relação das selenoproteínas, locais de ação e funções

Nomenclatura	Local de Ação	Função
GPX1	Citosol celular	Estocagem, antioxidante
GPX2	Gastrointestinal	Antioxidante
GPX3	Plasma (testículo)	Antioxidante
GPX4	Membrana celular	Antioxidante
Deiodinase Iodotironina	Fígado, rim, músculo	Conversão: T4 à T3
Tioredoxina redutase	Citosol celular	Redução, antioxidante
Seleproteína P	Plasma	Antioxidante, estoque,

Yeh et al., 1997

2.9 Suplementação de Selênio

Faltam pesquisas sobre as exigências de minerais para frangos de corte, inclusive em relação ao Se. Além disso, a maioria das pesquisas conduzidas com Se em frangos de corte é limitada a uso máximo de 0,30 ppm, devido à regulamentação. Porém nos últimos anos o desempenho dos frangos foi melhorado consideravelmente em comparação com frangos comerciais cultivados nas últimas décadas, principalmente devido à seleção genética (HAVENSTEIN *et al.*, 2003).

Níveis inferiores de Se podem ser atendidos como uma simples dieta a base de milho e soja (PAYNE *et al.*, 2005), mas somente quando suplementado os níveis adequados são atingidos. O uso de suplementação de maneira indiscriminada requer alto custo metabólico do organismo da ave, predispondo este a alterações metabólicas, por isso é importante saber qual o nível ideal de suplementação. As fontes orgânicas de minerais atuam melhorando o desempenho e reduzindo a excreção de minerais. Porém o baixo custo da suplementação inorgânica a torna mais comum. A concentração de Se nos tecidos varia conforme o tecido, com a quantidade e a forma química utilizada na dieta. O tecido adiposo, por exemplo, tem pouco conteúdo de Se, já que este tende a se associar com a proteína (ULLREY, 1987)

O nível de vitamina E também influencia na quantidade de Se na dieta. Thompson e Scott (1969) encontraram uma exigência de Se por volta de 0,05 mg/ kg de MS quando a dieta purificada para não ter a presença da vitamina E. Porém valores menores que 0,02 mg/kg de MS foram encontrados quando 10 mg/kg de MS de vitamina E foi adicionada na dieta.

Segundo o NRC (1994), 0,15 mg/kg de MS de Se são exigidos para frangos em crescimento. Já Rostagno *et al.*, (2005), a recomendação é de 0,30 mg/kg Se.

Um experimento realizado com suplementação de selênio, achou níveis ideais de 0,64 ppm e 0,67 ppm para ganho de peso e conversão alimentar respectivamente. Valores estes superiores a recomendações prévias (CEMIN, S.H. *et al.*; 2018). Outro estudo realizado, com níveis crescentes de Se, sendo o maior nível de 0,45 ppm, observou que o nível de inclusão na dieta interferiu no ganho de peso, ganho médio diário, e peso médio, sendo que a maior inclusão resultou em maior ganho (FUNARI, P., 2008). Em relação a qualidade da carne após cozimento a suplementação de Se de 0,03 mg resultou em redução de perda de peso e oxidação lipídica, promovendo melhora na qualidade (ALMEIDA, J. *et al.*; 2012).

Existem carências de estudos sobre suplementação de Se com níveis acima do recomendado pela FDA, porém os que existem demonstram que suplementação aumentou em relação as recomendações prévias do NRC, 1994 e Rostagno *et al.* 2017., provavelmente devido ao melhoramento genético sofrido pelas aves ao longo dos anos.

3 CONCLUSÕES

A produção de frangos de corte é uma atividade com grande destaque atualmente. Por isso sempre se vem buscando formas de maximizar a produção. Pesquisas na área de nutrição buscam por esse objetivo. A suplementação de minerais em geral, também tem como base essa busca de se ter animais cada vez mais eficientes. Ao longo dessa revisão foi possível entender o valor da suplementação dos minerais para os animais, e a importância do selênio nesse contexto. Foi possível visualizar que recentemente este mineral teve um aumento significativo de suplementação recomendada, além de fontes que aumentam sua biodisponibilidade, sendo um micromineral de extrema importância para uma nutrição mais precisa e com animais mais eficientes.

4 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, N.J.; SANTOS, R.G; BETETO, M.F.; MEDEIROS, G.L.; *et al.* **Suplementação de selênio quelatado na ração e qualidade da carne de frango. Revista Ciências Agrárias Londrina**, p3117 – 3122, 2012

ARTHUR, J.R.; MCKENZI, R.C., BECKETT, G.J. Selenium in the immune system. *Journal of Nutrition*, v.133, p.1457-1459, 2003.

ASHMEAD, H.D. Comparative intestinal absorption and subsequent metabolism of metal amino acid chelates and inorganic metals salts. In: ASHMEAD, H.D. (Ed.). *The roles of amino acid chelates in animal nutrition*. New Jersey: Noyes, 1993. p.47-51.

Associação Brasileira de Proteína Animal – ABPA. **Relatório Anual**. 2017. Disponível em: <<http://abpa-br.com.br/setores/avicultura/publicacoes/relatorios-anuais>> Acesso em: 12/11/2018.

ASSOCIATION OF AMERICAN FEED CONTROL OFFICIALS - AAFCO. Official publication. Champaign, 1999. P.143.

Oldfield JE. Selenium word atlas (Update edition). Selenium-Tellurium Development Association (STDA), 2002. Disponível em <http://www.stda.net>. Acesso em 07.01.2006.

BRITO, J.A.G.; BERTECHINI, A.G.; FASSANI, E.J. *et al.* Uso de microminerais sob a forma de complexo orgânico em rações de frangas de reposição no período de 7 a 12 semanas de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, p.1342-1348, 2006.

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

CARVALHO, F. M.; FIÚZA, M. A.; LOPES, M. A. Determinação de custos como ação de competitividade: estudo de um caso na avicultura de corte. **Ciências Agrotécnicas**. v. 32, n. 3, p. 908-913, 2008

CEMIN R.H.; Vieira L. S.; *et al.* Broiler responses to increasing selenium supplementation using Zn-L-selenomethionine with special attention to breast myopathies, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2018

COMINETTI, C.; COZZOLINO, S. M. F. Funções plenamente reconhecidas de nutrientes: Selênio. Série de publicações ILSI Brasil, São Paulo, v. 8, p. 1-20, 2009. DANIELS, L. A. Selenium metabolism and bioavailability. *Biological Trace Element Research*, , 1996.

FRAKER, P.J. Zinc deficiency: A common immunodeficiency state. *Sur. Immunol. Res.*, n.2, p.155-157. 1983.

FUNARI, PASCOAL. **Efeitos de diferentes fontes e níveis de selênio sobre o desempenho e a imunidade humoral de frangos de corte**, p 55. Dissertação de Mestrado – departamento de nutrição e produção animal, Universidade de São Paulo, 2008

GIERUS, M. 2007. Fontes orgânicas e inorgânicas de Selênio na nutrição. *Ciência Rural*, 37: 1212- 1220

GRUNOW, A.; GALLON, A. V.; BEUREN, I. M. Análise da cadeia de valor e dos custos das rações de uma agroindústria processadora de aves. **Organizações Rurais e Agroindustriais**, Lavras, v. 11, n. 2, p. 205-221, 2009.

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

HAVENSTEIN, G. B., P. R. FERKET, AND M. A. Qureshi. 2003. Growth, livability, and feed conversion of 1957 versus 2001 broilers when fed representative 1957 and 2001 broiler diets. *Poult. Sci.* 82:1500– 1508.

KIEFER, C. Minerais quelatados na nutrição de aves e suínos. *Revista Eletrônica Nutritime*, v.2, n.3, p.206- 220. 2005.

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. A new look at trace mineral nutrition of poultry: can we reduce the environmental burden of poultry manure In: LYONS, T.P., JACQUES, K.A. Nutritional Biotechnology in the Feed and Food Industries. Eds. Nottingham University Press, Nottingham. United Kingdom, 2003.

LEESON, S., SUMEERS, J.D. Nutrition of the chicken. 4^a Edition. Guelph, Ontario: University Books, 2001. 591p.

MACIEL, M.P.; SARAIVA, E.P.; AGUIAR, E.F. et al. Effect of using organic microminerals on performance and external quality of eggs of commercial laying hens at the end of laying. Rev. Bras. Zootec., v.39, p.344-348, 2010.

MAHAN, D.C.; CLINE, T.R.; RICHERT, B. Effect of dietary levels of selenium-enriched yeast and sodium selenite as selenium sources fed to growing finishing pigs on performance, tissue selenium, serum Glutathione Peroxidase activity, carcass characteristics and loin quality. J. Anim. Sci., v.77, p.2172-2179, 1999

MEUILLET, E.; STRATTON, S.; CHERUKURI, D. P.; GOULET, A.; KAGEY, J.; PORTERFIELD, B.; NELSON, M. A. Chemoprevention of prostate cancer with selenium: an update on current clinical trials and preclinical findings. Journal of Cellular Biochemistry, 91:443-58, 2004.

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

MYKKANEN H.M.; WASSERMAN R.H. Uptake of Se-selenite by brush border membrane vesicles from chick duodenum stimulates by vitamin D. The Journal of Nutrition, p. 242 – 247, 1989.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of beef cattle**. Minerals, 7. ed. rev. Washington: National Academic Press, 1994

PAPP LV, LU J, HOLMGREN A, KHANNA KH. From selenium to selenoproteins: synthesis, identity, and their role in human health. *Antioxid Redox Signal* 2007;9:755-806.

POLLI, S.R. Boletim Informativo Nutron Pet, n.4, 2002. Disponível em: <http://www.animalworld.com.br/vet/ver.php?id=190>. Acessado em 18/11/2018

RAYMAN MP. The importance of selenium to human health. *Lancet* 2000;356:233-41.

SIHVO, H. K., K. IMMONEN, E. PUOLANNE. 2013. Myodegeneration with fibrosis and regeneration in the pectoralis major muscle of broilers. *Vet. Pathol.* 51:619–623

ROSTAGNO, H.S., L.F.T. ALBINO, J.L. DONZELE *et al.* 2005. Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos: Composição de alimentos e Exigências Nutricionais. 2 ed. Viçosa: UFV, Departamento de Zootecnia, p 186

ROSTAGNO, H.S., L.F.T. ALBINO, J.L. DONZELE *et al.* 2011. Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos: Composição de alimentos e Exigências Nutricionais. 3 ed. Viçosa: UFV, Departamento de Zootecnia, pag 83

ROSTAGNO, H.S., L.F.T. ALBINO, M.I. HANNAS *et al.* 2017. Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos: Composição de alimentos e Exigências Nutricionais. 4 ed. Viçosa: UFV, Departamento de Zootecnia, p 441

SCHWARZ, K.; FOLTZ, C. M. Selenium as an integral part of factor 3 against dietary necrotic liver degeneration. *Journal of the American Chemical Society*, v. 79, p. 3292-3293, 1957.

SUNDE RA. SELENIUM. IN: O'DELL BL, SUNDE, R.A. Handbook of nutritionally essential mineral elements. New York: Marcel Dekker, 1997; pp.493-556.

UNDERWOOD, E.J. The mineral nutrition of livestock. 3^a Edition. Wallingford: CABI, 1999. 614p.

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

WIKSE, S.E. The relationship of trace element deficiencies to infectious diseases of beef calves. Texas A & M University Beef Short Course Proceedings. 1992.