



**UFPB**

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

SELENITO DE SÓDIO E SELENOMETIONINA PARA GALINHAS POEDEIRAS  
SEMIPESADAS

ANNA NEUSA EDUARDA FERREIRA DE BRITO  
ZOOTECNISTA

AREIA – PB

2019

ANNA NEUSA EDUARDA FERREIRA DE BRITO

SELENITO DE SÓDIO E SELENOMETIONINA PARA GALINHAS POEDEIRAS  
SEMIPESADAS

Dissertação apresentada ao Programa  
de Pós-Graduação em Zootecnia, da  
Universidade Federal da Paraíba,  
como parte das exigências para a  
obtenção do título de Mestre em  
Zootecnia.  
Área de Concentração: Produção  
Animal

Banca avaliadora:

Prof. Dr. Fernando Guilherme Perazzo Costa

Prof. Dr. Ricardo Romão Guerra

Dr. Jorge Cunha Lima Muniz

AREIA-PB

2019

**Catálogo na publicação**  
**Seção de Catalogação e Classificação**

B862s Brito, Anna Neusa Eduarda Ferreira de.

Selenito de sódio e selenometionina para galinhas  
poedeiras semipesadas / Anna Neusa Eduarda Ferreira de  
Brito. - Areia, 2019.

35 f.

Orientação: Fernando Guilherme Perazzo Costa.  
Dissertação (Mestrado) - UFPB/João Pessoa.

1. fonte inorgânica, fonte orgânica, qualidade ovo. I.  
Costa, Fernando Guilherme Perazzo. II. Título.

UFPB/CCA-AREIA



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

**PARECER DE DEFESA DO TRABALHO DE DISSERTAÇÃO**

**TÍTULO:** "SELENITO DE SÓDIO E SELENOMETIONINA PARA GALINHAS POEDEIRAS SEMIPESADAS"

**AUTOR:** Anna Neusa Eduarda Ferreira de Brito

**ORIENTADOR:** Fernando Guilherme Perazzo Costa

**JULGAMENTO**

**CONCEITO: APROVADO**

**EXAMINADORES:**

Prof. Dr. Fernando Guilherme Perazzo Costa  
Presidente  
Universidade Federal da Paraíba

Prof. Dr. Ricardo Romão Guerra  
Examinador  
Universidade Federal da Paraíba

Dr. Jorge Cunha Lima Muniz  
Examinador  
Universidade Federal de Viçosa

Areia, 25 de fevereiro de 2019

## Agradecimentos

Agradeço a Deus, Senhor de minha vida, dono de minha existência e fonte de toda força que há em mim. Agradeço a minha mãezinha do céu, Maria Santíssima, pela Sua inesgotável intercessão junto a Jesus, Seu Filho, por minha caminhada. Ao meu anjo da guarda por toda proteção. Aos meus santos amigos, que são vários.

Aos meus pais, Jane Ferreira de Brito e Clodoaldo Batista de Brito, por terem me educado a nunca desistir, a ter paciência e a entender que todas as dificuldades são passageiras; que o suor do trabalho é que dá o gosto na vitória. Amo-os com toda força de meu coração.

Aos meus irmãos Clodjan Eduardo e Bruce Lennon por serem fonte de aprendizagem e proteção.

A Alain Prost Medeiros de Moraes por todo apoio e suporte durante minha caminhada acadêmica até aqui.

Aos meus tios Suzienne e Crisógomo por todo apoio e torcida. A Fátima e Edson pelo incentivo inicial (agradecerei a eles até morrer).

Aos meus professores, mestres, os quais devo todo meu conhecimento.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Fernando Guilherme Perazzo Costa, por todo apoio, orientação e incentivo.

Ao Grupo de Estudo em Tecnologia Avícola – GETA, pela parceria. Aos alunos da pós-graduação Fernanda Parízio, Joelma Vasconcelos, Lucas Nunes, Thamires Ferreira, Danilo Cavalcante, Guilherme Lima e Iana Talita; aos alunos da graduação Raiane, Paloma, Márcia Neves, Cynthia, Andreza, Larissa, Camila, André, Alyne, Augusto, Rosivânia e Wellington. Em especial agradeço, e com muito carinho, aos meus amigos e parceiros Thiago Moreira (aluno da graduação), Josivaldo Roque e José Ramalho, por terem sido, muitas vezes, meus braços e minhas pernas a cada experimento.

Agradeço de forma especial a Isabelle Naemi Kaneko, que me ajudou, tanto academicamente quanto pessoalmente, sempre com palavras de bom senso e calma.

Agradeço a Elizângela, baiana do meu coração, grande amiga que tive o prazer de conhecer, trabalhar e rir bastante.

Agradeço também a Jorge Muniz, um amigo que a pós-graduação me deu, por todas as partidas de canastra, pelos lanches, almoços, pelas conversas científicas da área de avicultura, por todos os ensinamentos, apoio e incentivo. Obrigada de coração, “Rórrre”.

Aos meus colegas de turma, em especial Tamires Felix, Rannyelle Gomes e Rafael Lopes, pela amizade, parceria e incentivo nas horas mais difíceis, quando eu pensava que ia desistir.

À professora Dr<sup>a</sup> Patrícia Emília Naves Givisiez, por sua contribuição inestimável à minha dissertação e por ser exemplo de docente a seguir. Aos professores Dr. José Humberto Vilar da Silva e Dr. Ricardo Romão Guerra por me enriquecerem tanto com suas contribuições.

Agradeço a CAPES pelo apoio financeiro durante o mestrado e à Universidade Federal da Paraíba por me dar a oportunidade de continuar a construir meu sonho.

Prefiro ser um punhado de cacos, que estão dispostos à restauração,  
a ser uma telha impecável, acomodada no caibro de sua covardia

Abner Santos

"Sião dizia: 'O Senhor abandonou-me, o Senhor esqueceu-me'. Pode uma mulher esquecer-se daquele que amamenta? Não ter ternura pelo fruto de suas entranhas? E mesmo que ela o esquecesse, eu não te esqueceria nunca. Eis que estás gravada na palma de minhas mãos, tenho sempre sob os meus olhos tuas muralhas."

Isaías 49, 15-16

## SUMÁRIO

Introdução.....	8
Referencial teórico.....	8
Fontes de selênio.....	9
Importância do selênio para o organismo .....	10
Metabolismo do selênio no organismo animal .....	11
Ação antioxidante do selênio .....	13
Material e métodos .....	17
Conclusão .....	27
Referências .....	28

## Resumo

Objetivou-se avaliar os efeitos da substituição de selenito de sódio por selenometionina em dietas para galinhas poedeiras. Para tanto, foram utilizadas 384 galinhas poedeiras semipesadas com 50 semanas de distribuídas a partir de um delineamento inteiramente casualizado em dois tratamentos com doze repetições de 16 aves por unidade experimental. O experimento com galinhas teve duração de 140 dias, divididos em cinco períodos de 28 dias. Os tratamentos consistiram na suplementação de 0,3 ppm de selênio a partir de uma fonte inorgânica (Selenito de sódio - SS, 45%) e de uma fonte orgânica (Selenometionina - SeMet, 1%). Foram avaliados consumo de ração, produção de ovos, conversão alimentar por massa e por dúzia de ovos, peso dos ovos e massa de ovo. Como parâmetros ósseos foram realizados a resistência de tíbia e o cálculo de Índice de Seedor. Nos três últimos dias de cada período foram realizadas as avaliações de qualidade de ovo para percentagem de gema, albúmen e casca, gravidade específica, resistência da casca e Unidade Haugh. As mesmas avaliações de qualidade foram avaliadas no quinto (5°), décimo (10°), décimo quinto (15°) e vigésimo (20°) dia de armazenamento dos ovos. Os dados de desempenho zootécnico, qualidade do ovos e parâmetros ósseos foram testados utilizando o teste F. Os dados de tempo de prateleira foram submetidos a teste de F e teste de Tukey e submetidos ao esquema de análise fatorial (fonte vs. tempo). Os parâmetros de resistência de casca e gravidade específica foram influenciados pela substituição de selenometionina, em que este tratamento obteve médias de 3,68 kgf e 1,0767 g/cm<sup>3</sup> para ovos submetidos a armazenamento em temperatura ambiente. Houve influência sobre os parâmetros ósseos analisados em que aves que receberam selenometionina na dieta obtiveram médias de resistência de tíbia e índice de Seedor de 28,56 kgf e 70,56, respectivamente, contra 18,42 kgf e 60,04 das aves que receberam selenito de sódio na dieta. Diante disto, a selenometionina não influenciou nas variáveis de desempenho e qualidade de ovo de 1 dia de postura, entretanto, obteve melhores índices de para ovos armazenados por até 20 dias e proporcionou melhor qualidade óssea às poedeiras semipesadas quando comparada com o selenito de sódio.

Palavras-chave: fonte inorgânica, fonte orgânica, qualidade ovo, desempenho, resistência de tíbia.

## Abstract

The aim of this study was to evaluate the effects of sodium selenite replacement by selenomethionine on diets for laying hens. For this, 384 semi-weighted laying hens with 50 weeks of distribution were used from a completely randomized design in two treatments with twelve replicates of 16 birds per experimental unit. The experiment with chickens lasted 140 days, divided into five periods of 28 days. The treatments consisted in the supplementation of 0.3 ppm of selenium from an inorganic source (45% sodium selenite - SS) and an organic source (Selenomethionine - SeMet, 1%). Feed consumption, egg production, feed conversion per mass and per dozen eggs, egg weight and egg mass were evaluated. As bone parameters, the tibial resistance and the Seedor Index calculation were performed. In the last three days of each period egg quality assessments were performed for percentage of yolk, albumen and bark, specific gravity, bark resistance and Haugh Unit. The same quality evaluations were evaluated in the fifth (5th), tenth (10th), fifteenth (15th) and twentieth (20th) days of egg storage. The performance data were submitted to F test and Tukey's test and submitted to the factorial analysis scheme (source vs. time). The parameters of bark resistance and specific gravity were influenced by the substitution of selenomethionine, in which this treatment obtained averages of 3.68 kgf and 1.0767 g / cm<sup>3</sup> for eggs submitted to storage at room temperature. There was influence on the bone parameters analyzed in which birds receiving selenomethionine in the diet obtained a mean of resistance of tibia and Seedor index of 28.56 kgf and 70.56, respectively, against 18.42 kgf and 60.04 of the birds that received sodium selenite in the diet. Therefore, selenomethionine did not influence the performance and egg quality variables of 1 day of laying, however, it obtained better indices for eggs stored for up to 20 days and provided better bone quality to the semidaid laying hens when compared to sodium selenite.

Key words: inorganic source, organic source, egg quality, performance, tibia resistance.

## **1) Introdução**

Os minerais são nutrientes essenciais à estrutura, fisiologia e metabolismo do animal, e desta forma, dietas deficientes nestes nutrientes podem representar uma ameaça ao funcionamento normal do organismo e conseqüentemente, redução no desempenho poderiam ser observadas, além de perdas econômicas.

O selênio (Se) é um micromineral essencial componente de enzimas envolvidas na proteção antioxidante e no metabolismo da tireóide. Uma das principais funções do selênio é a participação na enzima glutathione peroxidase. Essa enzima oxida a glutathione e destrói peróxidos, prevenindo ataque dos peróxidos aos ácidos graxos poli-insaturados presentes nas membranas lipídicas (LEESON & SUMMERS, 2001). Diante destas importantes funções, o equilíbrio nos níveis de Se no corpo deve ser mantido para garantir que as reações metabólicas aconteçam de forma eficiente, garantindo o máximo desempenho dos animais.

Os ingredientes normalmente utilizados nas dietas de aves apresentam baixos níveis de selênio; em função disto é necessário que este mineral seja suplementado. Esta suplementação é feita, principalmente, a partir de fontes inorgânicas. As fontes inorgânicas possuem muitas desvantagens em relação às fontes orgânicas, como elevada excreção, baixa biodisponibilidade, alta higroscopicidade e oxidação e destruições de nutrientes na dieta (RICHARDS *et al.*, 2015). Por outro lado, os minerais de fonte orgânica apresentam altas taxas de absorção no intestino por estarem quelatados a moléculas orgânicas, desta forma torna-se mais biodisponível sem qualquer efeito negativo sobre o desempenho das aves além de reduzir a excreção mineral (BAO *et al.*, 2007; TOMASZEWSKA *et al.*, 2014; MIDILLI *et al.*, 2014).

Pesquisas com frangos de corte têm sido desenvolvidas testando as fontes de selênio orgânico e os resultados têm demonstrado que esta fonte possui melhor desempenho em relação à fonte inorgânica, porém trabalhos com galinhas poedeiras são escassos.

Desta forma, propõe-se avaliar a substituição da fonte inorgânica, selenito de sódio, pela fonte orgânica, selenometionina, e avaliar se há influência dessa substituição sobre a qualidade interna e externa de ovos com 1 dia de postura e de ovos submetidos ao armazenamento por até 20 dias em temperatura ambiente.

## **2) Referencial teórico**

#### a) Fontes de selênio

As fontes de selênio (Se) podem ser classificadas como: compostos inorgânicos de selênio e compostos orgânicos de selênio. Os compostos inorgânicos de selênio possuem baixa atividade biológica e aceleram os processos de oxidação no organismo, que pode causar problemas de saúde, grande parte é excretado pelo organismo e em doses mais altas são tóxicos. Podem ser encontrados sob as formas de seleneto ( $\text{Se}^{-2}$ ), selenito ( $\text{SeO}_3^{-2}$ ) e selenato ( $\text{SeO}_4^{-2}$ ). Possuem uma menor taxa de absorção em relação ao Se de fonte orgânica, por isto atuam como pró-oxidante sobre a glutathione, causando danos ao DNA (MCDOWELL, 1992; SAKOMURA *et al.*, 2014).

Os compostos orgânicos podem ser encontrados nas formas de selenometionina (SeMet), selenocistina, selenocisteína (SeCys) e também como derivados metilados. Isto ocorre pela capacidade de algumas plantas e microrganismos serem capazes de substituir o enxofre da metionina, cistina e cisteína pelo Se, pois estes possuem propriedades similares. Esses compostos desempenham papel fundamental nos processos biológicos, são mais ativos que os sais inorgânicos e podem constituir proteínas (BERTECHINI, 2012; SAKOMURA *et al.*, 2014).

Por ser um mineral, o selênio pode ser encontrado nos solos. Sua absorção por parte da planta é influenciada pelo pH do solo, sendo que solo com pH ácido proporciona maior absorção do selênio por parte da planta. O selênio é transportado através do xilema para os cloroplastos nas folhas, onde é processado pela via de assimilação de enxofre em compostos orgânicos. A forma de selenato é transportada mais facilmente da raiz para a parte aérea do que o selenito (SS) ou o Se orgânico (TERRY *et al.*, 2000; MUNIER-LAMY *et al.*, 2007).

Como a calagem é uma técnica utilizada na agricultura brasileira para a correção do pH do solo, o pH alto dificulta a absorção do selênio pela planta, e isto justifica o baixo índice de selênio encontrado nos grãos produzidos na maioria das áreas brasileiras, levando a uma necessidade de suplementação da dieta com esse mineral (BERTECHINI, 2012; SUCHÝ, STRAKOVÁ E HERZIG, 2014).

As formas de selênio orgânico são também conhecidas como “quelatos”, que é um complexo de mineral mais molécula orgânica e usa vias de absorção de acordo com a molécula quelante do mineral, evitando assim problemas de antagonismo com outros minerais. (SCHRAUZER, 2000; MURRAY, 2003). A SeMet existe em duas formas isoméricas, D- e L-, mas apenas a forma L- ocorre naturalmente e foi identificado em proteínas vegetais; a forma D- só pode ser preparada sinteticamente (SCHRAUZER, 2000).

A fonte orgânica é rapidamente absorvida com a consequência de níveis sanguíneos mais elevados em comparação com Se inorgânico. A biodisponibilidade do Se depende do composto químico do qual faz parte. O Se organicamente ligado é derivado do metabolismo de leveduras enriquecidas com Se. Esta forma também está contida na maioria das plantas e cereais (SUCHÝ, STRAKOVÁ E HERZIG, 2014). SeCys é encontrada principalmente em alimentos de origem animal e em plantas (HARTIKAINEN, 2005).

b) Importância do selênio para o organismo

O selênio é considerado um elemento traço, desta forma é essencial para realização de algumas atividades metabólicas, contudo, quando em excesso pode apresentar toxicidade. Um dos fatores mais importantes é sua complementariedade à enzima glutathione peroxidase (GPx), responsável pela eliminação do peróxido de hidrogênio. A GPx decompõe a molécula de hidróxido, liberando 2 moléculas de água, desintoxicando o organismo de moléculas deletérias (MCDOWELL, 1992).

No caso de seres humanos, sua essencialidade foi comprovada em 1979, quando um paciente com distrofia muscular em razão de longa permanência sob nutrição parenteral total apresentou melhora do quadro clínico após suplementação com o mineral. Outro fator decisivo foi a descoberta da doença de Keshan em uma localidade da China com solos pobres em selênio (ROTRUCK *et al.*, 1973; BROWN E ARTHUR, 2001; ALISSA *et al.*, 2003).

Presente em todos os tecidos do corpo animal, porém em diferentes concentrações, o selênio é encontrado em maior quantidade no fígado e nos rins. Está envolvido na função hepática; na proteção de alguns tecidos contra substâncias tóxicas como arsênio, cádmio, prata e mercúrio; estimula a produção de células produtoras de anticorpos; tem um envolvimento na produção de hormônio tiroxina na tireóide e, portanto, afeta as taxas de crescimento e é um elemento essencial na produção de selenocisteína a partir da selenometionina (EWING E CHARLTON, 2007).

Tem como benefícios para o organismo animal desempenhar papel na resistência viral à infecção, na reprodução, no crescimento, na proteção da integridade de tecidos; envolvido na melhora da resposta do sistema imunológico, protege os músculos da degeneração, preserva a integridade do pâncreas, e pode ser prontamente transmissível para o embrião, sendo, neste último caso, o orgânico mais eficiente que o inorgânico (EWING E CHARLTON, 2007).

c) Metabolismo do selênio no organismo animal

Diversos fatores podem influenciar o metabolismo do Se no organismo animal e os fatores mais importantes são a forma química e o nível de Se consumido. O Se de fonte inorgânica possui alta taxa de absorção com maior deposição nos tecidos hepáticos. Por sua vez, a fonte orgânica possui taxa de absorção mais alta e deposição nos tecidos não-hepáticos (SAKOMURA *et al.*, 2014).

O mecanismo de absorção difere a partir da fonte de Se utilizada para a suplementação da dieta. Esta diferença determina a taxa de absorção de cada fonte. O selenito de sódio ( $\text{Na}_2\text{SeO}_3$ ) é absorvido no intestino por processo de difusão simples, e possui uma taxa de absorção que pode chegar até 90%, mas é pouco retido nos tecidos e a maior parte é excretada; o selenato ( $\text{Na}_2\text{SeO}_4$ ) é ativamente absorvido no íleo por cotransporte com íons sódio. Este composto sofre inibição por sulfato, através de mecanismos específicos na rota de absorção. Estes minerais inorgânicos precisam ser ligados a proteínas plasmáticas para que sejam transportados via sistema circulatório. Apesar de ser efetivamente absorvidos, uma grande proporção destes íons ligados às proteínas é excretada pelos rins antes que possa ser metabolizada (PAN *et al.*, 2010). O Se proveniente da SeMet é absorvido no duodeno e sua absorção ocorre pelo sistema de sódio dependente, o mesmo modo de absorção da metionina, com taxa de até 98% (JACQUES, 2001; BERTECHINI, 2012; SAKOMURA, *et al.*, 2014).

No entanto, a absorção não é um fator limitante à biodisponibilidade, uma vez que a fonte orgânica e inorgânica de Se são bem absorvidas através da membrana intestinal (70-95%) (FINLEY, 2006). A selenometionina apresenta menor taxa de biodisponibilidade quando comparado com o selenito e o selenato, pelo fato da necessidade de transformação em seu precursor inorgânico, porém a SeMet possui um maior potencial melhorador do nível de Se no organismo animal. Há também uma particularidade da SeMet, que pode assumir o papel da metionina, caso esta seja fator limitante na alimentação, sendo incorporada a proteínas, e somente após o *turnover* proteico, a SeMet é liberada sendo desta forma fornecedora de Se (COMINETTI E COZZOLINO, 2009).

De acordo com a Figura 1, a SeMet pode ser convertida em selenocisteína através da via de transulfuração, sendo posteriormente, convertida em seleneto de hidrogênio ( $\text{H}_2\text{Se}$ ), seguindo a mesma via do selenito. O metabolismo do selenito é rigidamente regulado pela glutatona que realiza a redução desse composto para formar o  $\text{H}_2\text{Se}$  (HSIEH E GANTHER, 1975; SHIOBARA *et al.*, 1998).

O  $H_2Se$ , formado tanto pelo Se de fonte orgânica, quanto o de inorgânica, é convertido em selenofosfato, numa reação mediada pela enzima selenofosfato sintetase, em que o selenofosfato é incorporado às selenoproteínas, tais como selenocisteína, glutathiona peroxidase, tioredoxina, iodotironina desiodinases e selenoproteína P. Para a síntese de selenocisteína, o códon de UGA (TGA) é usado como um códon de iniciação e requer um tRNA (ácido ribonucleico transportador) especializado, que, após várias reações a partir da seril-tRNA, fornece informação de maneira direcionada aos ribossomos que traduzem mRNAs (ácido ribonucleico mensageiro) para selenoproteínas, como a GPx, por exemplo (XU *et al.*, 2007; WEN, WEISS E SUNDE, 1998; JOHANSSON, GAFVELIN E AMÉR, 2005; DONOVAN E COPELAND, 2010; LATRÈCHE *et al.*, 2012).

O  $H_2Se$  pode também sofrer metilação com a reação enzimática de tiol S-metiltransferases para gerar formas mono-, di- e trimetiladas de Se tais como metilselenol, dimetilselenito e trimetilselenônio, respectivamente. A seleno-metilselenocisteína e os compostos sintéticos de selênio, entre eles a selenobetaína, o ácido metilselenínico e o metilselenocianato, são convertidos em metilselenol através de reação enzimática com a  $\beta$ -liase, podendo entrar para a via de síntese de selenoproteínas ou seguirem a metilação e serem excretadas (MEUILLET *et al.*, 2004; IP *et al.*, 1991; LETAVAYOVÁ *et al.*, 2006).

A principal forma de excreção é a urinária, que ocorre quando a ingestão alimentar é adequada. Quando a ingestão é excessiva, a excreção através da urina pode aumentar significativamente, e as principais formas nesse caso são as trimetiladas. Ao contrário, quando a ingestão é muito baixa, metade ou menos do selênio alimentar é excretado por essa via. Nas fezes, ocorre a excreção principalmente de selênio alimentar não absorvido, junto com o selênio presente nas secreções biliares, pancreáticas e intestinais. (REILLY, 1996). Todo o metabolismo do selênio está representado na Figura 1.

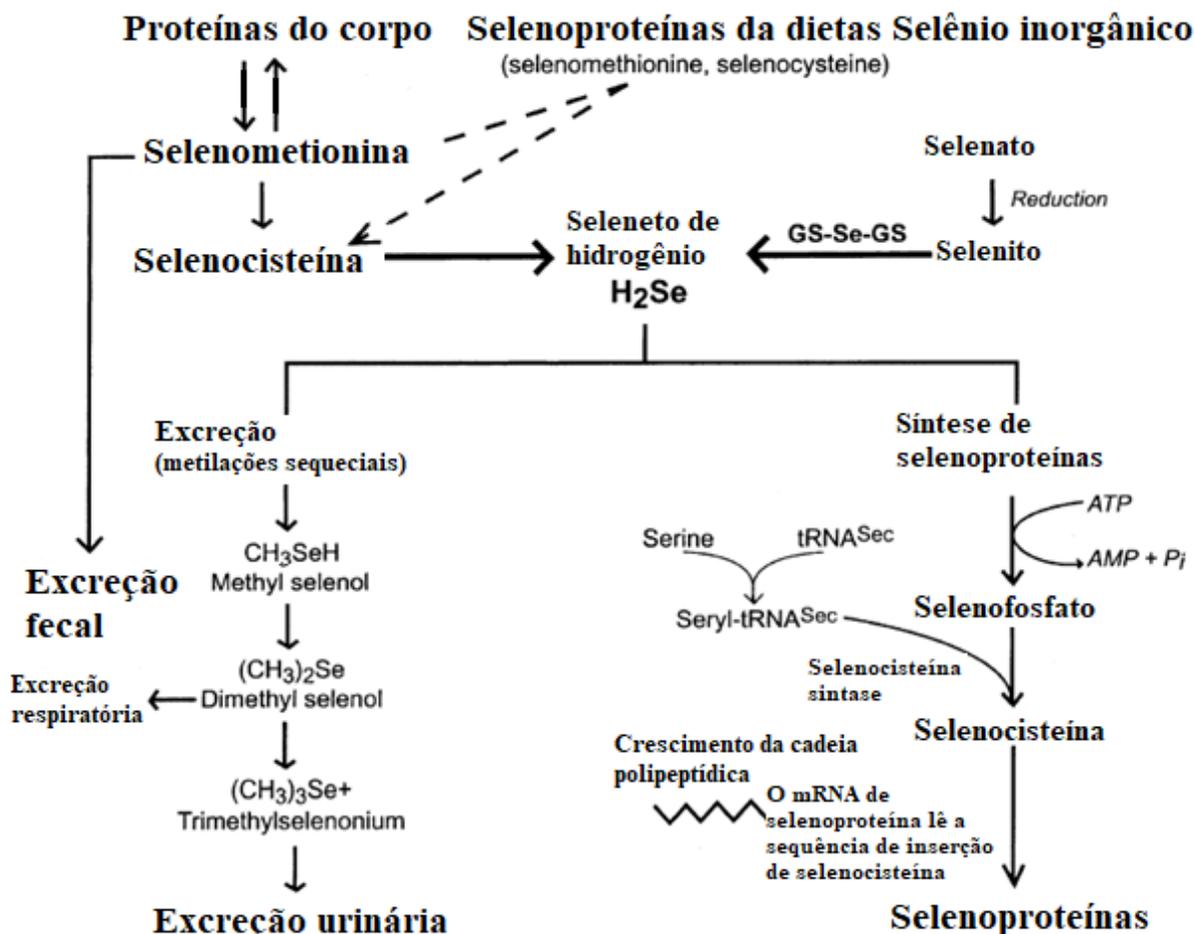


Figura 1. Rotas metabólicas do selênio no organismo dos animais (Fonte: SCHRAUZER *et al.*, 2003).

d) Ação antioxidante do selênio

O selênio é um componente da enzima glutathiona peroxidase (GPx), sendo esta seleno-dependente, ou seja, é necessário o elemento Se em sua estrutura para o desempenho pleno de sua função. A GPx possui função antioxidante, protegendo as células dos danos causados pelos radicais livres e pelos lipoperóxidos (COMBS e COMBS, 1986).

A família da glutathiona peroxidase compreende a glutathiona peroxidase citosólica (cGPx), a glutathiona peroxidase gastrointestinal (giGPx), a glutathiona peroxidase do plasma (pGPx) e a glutathiona peroxidase hidroxiperóxido fosfolipídico (PHGPx). As três primeiras enzimas estão envolvidas na neutralização do H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> através da regeneração do seu substrato principal, a glutathiona, e a PHGPx neutraliza lipídios da membrana oxidada (JAKOB *et al.*, 2002). Há ainda a glutathiona epididimal (GPx5) e a glutathiona não-selênio (GPx6) (ROTTA, 2007).

Estudando a essencialidade da GPx, foi demonstrado por Keilin e Hartree (1955) que as baixas concentrações de peróxido de hidrogênio ( $H_2O_2$ ), apesar de danificarem a célula, não foram neutralizadas pela enzima catalase em água e oxigênio, levando à ligação do  $H_2O_2$  a moléculas doadoras de hidrogênio. No entanto, a enzima glutathiona peroxidase possui atividade eficaz, acoplando o peróxido de hidrogênio à molécula de glutathiona reduzida e liberando duas moléculas de água (Figura 2). O peróxido de hidrogênio é normalmente produzido nos tecidos por um número de desidrogenases aeróbicas, e os peróxidos também podem ser produzidos como resultado da radiação (MILLS, 1960; COHEN E HOCHSTEIN, 1961; FLOHÉ, 1971).

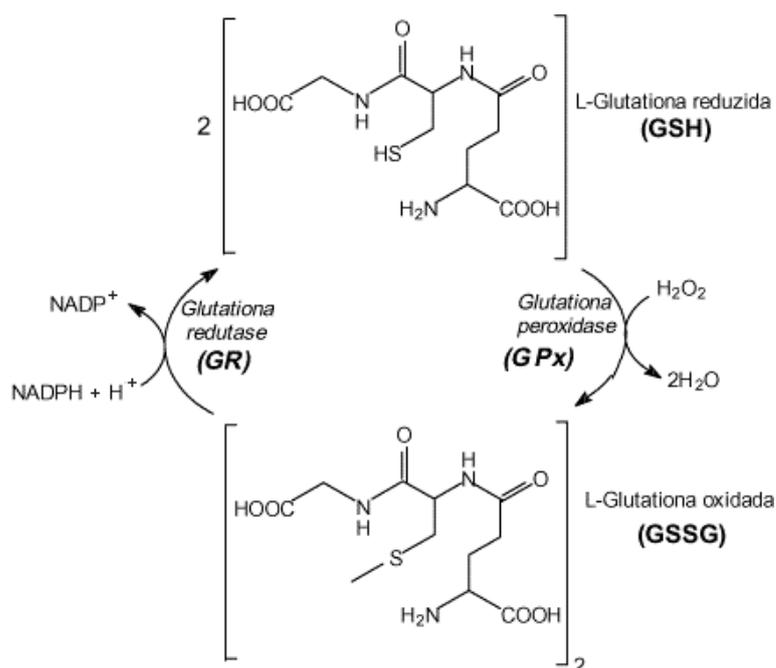


Figura 2. Ciclo catalítico da glutathiona (GSH) sob ação da enzima glutathiona redutase e peroxidase. (Fonte: ROVER JÚNIOR, HÖEHR E VELLASCO, 2001).

A molécula de glutathiona oxidada (GSSH), formada nesta reação, é regenerada a sua forma reduzida (GSH) através da reação com a molécula de nicotinamida adenina dinucleotídeo fosfato reduzida (NADPH), catalisada por uma segunda enzima, a glutathiona redutase. Esta enzima, apesar de não ser antioxidante, age em conjunto com a GPx, impedindo a paralisação do ciclo metabólico da glutathiona (CICHOSKI, 2012).

De acordo com Sakomura *et al.* (2014), o selênio é um antioxidante sinérgico com vitamina E, e sua atividade está estreitamente relacionada com as propriedades do alfa-tocoferol (vitamina E) e da coenzima Q, sendo esta uma enzima que possui a capacidade de transferir elétrons e, portanto, trabalhar como um antioxidante.

O selênio, juntamente com a vitamina E, protege as membranas biológicas, os capilares e o epitélio da degeneração oxidativa. A falta destes nutrientes resulta na degradação do tecido. A vitamina E evita a formação dos peróxidos e a GPx destrói os peróxidos, sendo este um sistema antioxidante eficiente do organismo (MCDOWELL, 1992; SAKOMURA *et al.*, 2014).

O Se também possui um efeito protetor contra os danos oxidativos no tecido do pâncreas. Isso pode influenciar na secreção de enzimas pancreáticas, melhorando com isso a digestibilidade dos nutrientes, e, conseqüentemente, o desempenho animal (COMBS E COMBS, 1986; MACPHERSON, 1994).

e) Efeitos da suplementação de selênio em dietas de aves de postura

A suplementação de selênio na dieta de aves é frequentemente estudada devido às diversas funções que esse elemento apresenta no crescimento, produção, fertilidade e prevenção de uma variedade de doenças que podem acometer as poedeiras. Mas a eficiência de utilização desse mineral pelas aves pode variar de acordo com a fonte de suplementação utilizada nas dietas (BERTECHINI, 2012; SAKOMOURA *et al.*, 2014; SURAI, 2018).

Estudos que compararam tanto fontes orgânicas e inorgânicas quanto níveis crescentes de selênio, constataram aumento na produção e no peso dos ovos e melhora na conversão alimentar, na consistência da clara e na coloração da gema dos ovos ao suplementarem selênio orgânico (0 a 0,3ppm) a dietas de poedeiras semi-pesadas, de 42 a 66 semanas (PAN *et al.*, (2010). Arpásová *et al.* (2009) verificaram melhores valores de peso dos ovos unidade Haugh dos ovos de aves suplementadas com 0,4ppm de Se orgânico, enquanto Skrivan *et al.* (2006) observaram aumento no peso de albúmen com a suplementação de 0,3 ppm de Se orgânico na dieta. Reis (2009), ao comparar duas fontes de selênio (inorgânico-  $\text{Na}_2\text{SeO}_3$ , 45% Se e orgânico- ZnSeMet, 01% Se) também observou melhora na produção de ovos e na concentração de selênio no ovo de matrizes pesadas de 22 a 26 semanas de idade, ao utilizar a fonte orgânica.

Payne *et al.* (2005), ao avaliarem a deposição de Se em ovos de galinhas poedeiras, verificaram que os níveis de Se transferidos aos ovos aumentaram linearmente com o aumento da suplementação do mineral na dieta (0,15 a 3 ppm), independentemente da fonte de Se (orgânica e inorgânica). Contudo, na suplementação com o mineral orgânico, ocorreu maior deposição de Se nos ovos.

O selênio pode apresentar distribuição variável entre a gema e o albúmen do ovo, dependendo da forma química do elemento disponibilizado na alimentação da poedeira. Para formas orgânicas, como é o caso do selenometionina e levedura de selênio, observa-se uma

maior deposição deste mineral no albúmen se comparada à gema do ovo (LATSHAW E OSMAN, 1975; LATSHAW E BIGGERT, 1981; SWANSON, 1987). Contudo, formas inorgânicas, como o selenito de sódio, podem resultar em maior concentração de selênio na gema comparado ao albúmen. Wang *et al.* (2011), em um estudo com poedeiras de 36 semanas de idade, observaram maior concentração de selênio na gema do ovo das aves, quando as mesmas foram alimentadas com selenito de sódio (0,4 mg selênio/kg). Em aves alimentadas com SeMet na mesma proporção, os autores verificaram maior concentração do mineral no albúmen. Também observaram um padrão distinto de deposição de selênio, correspondente à sua forma química, nos diferentes tecidos das aves alimentadas com dietas suplementadas com selênio e concluíram que, embora o selênio na forma quelatada (SeMet) e na forma inorgânica (selenito de sódio) tenham apresentado o mesmo padrão de deposição no fígado, a concentração de selênio na forma quelatada foi superior no músculo do coração e do peito quando comparada à forma inorgânica.

Estes resultados podem estar relacionados com a semelhança química existente entre o SeMet e a metionina (Met) que permite que o corpo das aves utilize deste composto alternadamente na síntese de proteínas, já que o RNA transportador específico para a metionina não consegue discriminar entre Met e SeMet (SCHRAUZER, 2003). Dessa forma, é possível o acúmulo de reservas de selênio no organismo, bem como de outros minerais quelatados, quando comparados aos minerais na forma inorgânica.

Os minerais quelatados também apresentam biodisponibilidade consideravelmente superior aos demais em função de que no processo de quelação os minerais se ligam a moléculas orgânicas como os aminoácidos e peptídeos. Segundo Rutz *et al.* (2007) na forma orgânica, os minerais são absorvidos pelos carreadores intestinais de aminoácidos e peptídeos e não apenas por transportadores intestinais clássicos de minerais. Isto evita a competição entre minerais pelos mesmos mecanismos de absorção. Portanto, não só a biodisponibilidade é superior, mas os minerais na forma orgânica são prontamente transportados para os tecidos, onde permanecem armazenados.

Em relação ao armazenamento de ovo de aves poedeiras, com o passar dos dias ocorrem processos metabólicos entre albúmen e gema, onde a água contida no albúmen permeia a gema, assim como alguns nutrientes contidos na gema podem permear o albúmen. Kralic *et al.* (2009) encontraram valores menos intensivos de processos metabólicos dos ovos do grupo de poedeiras alimentadas com dietas suplementadas com SeMet, durante todo o período de armazenamento, porém os mesmos autores observaram uma perda de qualidade interna do ovo

com o passar do tempo de armazenamento independente da fonte, o que corresponde a um envelhecimento dos ovos ao decorrer do tempo de prateleira.

Durante o armazenamento dos ovos, o dióxido de carbono é perdido por difusão, o pH do albúmen aumenta e acredita-se que isso esteja relacionado à deterioração da qualidade do albúmen e estas mudanças ocorridas durante a estocagem de ovos parecem estar relacionadas a mudanças que ocorrem na lizosima e principalmente na ovomucina, particularmente no albúmen espesso (KATO *et al.*, 1970, 1981; TOUSSANT E LATSHAW, 1999).

### 3) Material e métodos

#### 3.1 Local, dietas e esquema experimental

O experimento foi conduzido no Módulo de Avicultura do Departamento de Zootecnia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba, Campus II, no município de Areia – PB, nos meses de abril a agosto de 2017. O projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética de Uso de Animais da UFPB (CEUA-UFPB), sob protocolo nº 040/2017.

As galinhas foram alojadas em galpões cobertos com telhas de barro e abertos, com renovação constante do ar e em gaiolas de arame galvanizado com dimensões de 45 × 50 × 30 cm. Ração e água foram fornecidos à vontade em comedouros do tipo calha e bebedouros do tipo nipple. O fotoperíodo utilizado foi de 17 horas de luz e 7 horas de escuro.

Foram utilizadas 384 galinhas poedeiras da linhagem Dekalb brown semipesadas com 50 semanas de idade, distribuídas a partir de um delineamento inteiramente casualizado em dois tratamentos com doze repetições de 16 aves por unidade experimental. O experimento teve duração de 140 dias, divididos em cinco períodos de 28 dias.

As dietas foram formuladas com base no manual da linhagem Dekalb brown e nas Tabelas Brasileiras de aves e suínos (ROSTAGNO, 2017).

Os tratamentos consistiram na suplementação de 0,3 ppm de selênio a partir de uma fonte inorgânica (Selenito de sódio, 45% - 0,7g/ton) e de uma fonte orgânica (Selenometionina, 1% - 30g/ton). Na tabela 1 estão apresentados os tratamentos e níveis de suplementação para galinhas.

Tabela 1. Composição das dietas experimentais

---

Ingredientes (kg)	SS	SeMet
-------------------	----	-------

---

Milho	659,400	659,400
Farelo de soja	223,600	223,600
Óleo de soja	6,670	6,670
Calcário	87,400	87,400
Fosfato bicálcico 19%	14,800	14,800
Sal comum	3,600	3,600
DL-Metionina	1,590	1,590
Cloreto de colina	0,700	0,700
Premix mineral <sup>1</sup>	1,000	1,000
Premix vitamínico <sup>2</sup>	1,000	1,000
Selenometionina <sup>3</sup> (1%)		0,030
Selenito de sódio <sup>3</sup> (45%)	0,007	
Antioxidante <sup>4</sup>	0,100	0,100
Inerte	0,300	
<b>Total</b>	<b>1000,00</b>	<b>1000,00</b>
<b>Composição química</b>		
PB, %	15,40	15,40
EM, kcal/kg	2800	2800
Met dig, %	0,39	0,39
Met + Cis dig, %	0,60	0,60
Lis dig, %	0,70	0,70
Treo dig, %	0,52	0,52
Cálcio, %	3,70	3,70
Fósforo, %	0,37	0,37
Sódio	0,16	0,16
Cloro	0,26	0,26
Potássio	0,56	0,56
Selênio, mg/kg	0,14 + 0,3 = 0,44	0,14 + 0,3 = 0,44

<sup>1</sup>Fornecido (por quilo de dieta): 66 mg de Fe (FeSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O), 83 mg de Zn (ZnSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O), 80 mg de Mn (MnSO<sub>4</sub>.H<sub>2</sub>O), 1 mg de I (KI) e 6,8 mg de Cu (CuSO<sub>4</sub>.5H<sub>2</sub>O). Livre de selênio.

<sup>2</sup>Fornecido (por quilo de dieta): 11.700 UI de vitamina A; 3600 UI de vitamina D<sub>3</sub>; 21 UI de vitamina E; 4,2 mg de vitamina K<sub>3</sub>; 3,0 mg de vitamina B<sub>1</sub>; 10,2 mg de vitamina B<sub>2</sub>; 0,9 mg de ácido fólico; 15 mg de pantotenato de cálcio; 45 mg de niacina; 5,4 mg de vitamina B<sub>6</sub>; 24 µg de vitamina B<sub>12</sub> e 150 µg de biotina.

<sup>3</sup> Selenito de sódio e selenometionina foram pré-misturados em milho e adicionados às dietas na proporção de 0,30 ppm de selênio.

<sup>4</sup> Antioxidante BHT, 50g.

### 3.2 Desempenho zootécnico

Foram avaliados o consumo de ração (CR, g/ave/dia), a produção de ovos (PR, %), o peso de ovo (PO, g), a massa de ovo (MO, g/ave/dia), e a conversão alimentar por massa e por dúzia de ovos (CAMO, kg/kg e CADZ, kg/dúzia).

O CR foi determinado a partir da diferença entre a quantidade de ração fornecida no início e as sobras existentes no final de cada período, sendo corrigido de acordo com a

mortalidade das aves. A PR foi calculada pela relação do número de ovos produzidos pelo número de aves alojadas, por período, multiplicando-se o valor por 100. A CA foi calculada dividindo o CR (kg/ave) pelo número de dúzias de ovos produzidos (dz/ave), sendo corrigida para a mortalidade das aves.

Os ovos foram pesados individualmente em balança digital de quatro dígitos (0,0001g) e foi calculado o peso médio dos ovos. A massa de ovos (g/ave/dia) foi calculada multiplicando-se a produção pelo peso dos ovos.

### 3.3 Qualidade dos ovos

Nos três últimos dias de cada período foram realizadas as avaliações de qualidade de ovo. Foram avaliadas percentagem de gema (PG, %), albúmen (PA, %) e casca (PC, %), espessura da casca (EC, mm), resistência da casca (RC, %), gravidade específica (GE, g/mL) e Unidade Haugh.

A gema de cada ovo foi pesada separadamente em balança digital de quatro dígitos (0,0001g). O peso de albúmen foi determinado a partir da diferença entre o peso do ovo subtraído o peso da gema e o peso da casca do ovo. As porcentagens de gema e de albúmen foram determinadas pela relação entre o peso médio de cada um dos componentes e o peso médio do ovo. As cascas dos ovos foram identificadas, secas em estufa a 55-60°C por 24 horas e pesadas em balança digital com precisão de 0,0001g para obtenção do peso médio das cascas. A percentagem da casca foi obtida através da relação entre o peso médio da casca sobre o peso médio do ovo multiplicado por 100.

As cascas foram colocadas em estufa a 45 °C “*overnight*” e membrana interna da casca não foi retirada para a análise de espessura da casca. Para determinar a espessura de casca, foi utilizado um micrômetro digital Mitutoyo de 0-25 mm, com precisão de 0,001 mm. A resistência da casca foi determinada pelo aparelho TA-XT Plus Stable Micro Systems (Surrey, UK). Foi usada uma sonda P4 DIA Cylinder de aço inoxidável de 4 mm de diâmetro, com distância de 6 mm e velocidade pré, durante e pós-teste de 3,0; 0,5; e 5,0mm/s, respectivamente. O teste seguiu o método de fratura por compressão, em que o ovo inteiro é colocado longitudinalmente, segundo Rodriguez-Navarro (2002), sobre um suporte de metal em forma de anel com 5cm de diâmetro dentro de um cadinho de porcelana. A casca é pressionada até que ocorra a fratura, e a força necessária usada é a indicadora da resistência da casca.

A gravidade específica foi determinada pelo método de flutuação em solução salina, conforme metodologia descrita por Hamilton (1982). Os ovos foram imersos em dez soluções de cloreto de sódio (NaCl) com densidades variando de 1,070 a 1,0925 g/mL, com gradiente de 0,0025 entre elas. A densidade das soluções foi rotineiramente aferida por meio de um densímetro de petróleo.

Para avaliação da qualidade do albúmen, os ovos foram primeiramente pesados individualmente em balança de precisão, posteriormente quebrados sobre uma mesa especial de vidro e medida a altura do albúmen através de um altímetro especial AMES. A unidade Haugh foi calculada de acordo Card e Nesheim (1972) através da equação  $UH = 100 * \log (H + 7,57 - (1,7 * W^{0,37}))$ , onde: UH = unidade Haugh; H = altura de albúmen (mm); W = peso do ovo (g).

O conteúdo de sólidos totais da gema foi avaliado utilizando-se 3 ovos por unidade experimental com 1 dia, e com 10 e 20 dias de armazenamento, sendo as gemas separadas, pesadas, homogeneizadas e colocadas em placa de petri. As amostras foram congeladas em freezer a uma temperatura de -24°C. Após congelamento, as amostras de gemas foram liofilizadas até total secagem.

#### 3.4 Tempo de prateleira dos ovos

Os ovos foram acondicionados em prateleiras sob temperatura ambiente e as mesmas avaliações de qualidade acima descritas foram realizadas no quinto (5°), décimo (10°), décimo quinto (15°) e vigésimo (20°) dia de armazenamento dos ovos. Segundo o Instituto Nacional de Meteorologia - INMET (2017), a temperatura média e a umidade relativa média para o período de realização do experimento foi de 21,20 °C e 86,18 %, respectivamente.

#### 3.5 Análises ósseas

Ao final dos ciclos experimentais, foi realizado o abate de 20 aves por tratamento e coletadas as tíbias esquerdas de cada ave (20 tíbias/tratamento). As tíbias foram coletadas, descarnadas e congeladas.

##### a) Índice de Seedor (IS)

As tíbias esquerdas foram descongeladas em estufa à 30°C por 2 horas. Logo após, foi realizado a retirada de músculo e cartilagem remanescentes. Para a determinação do Índice de Seedor (SEEDOR *et al.*, 1991), foi realizado o peso das tíbias em balança digital de precisão

0,0001 g e o comprimento foi realizado com o auxílio de um paquímetro eletrônico digital. Os dados foram utilizados na seguinte fórmula: IS= peso do osso (mg)/comprimento do osso (mm).

#### b) Resistência de tíbias

A análise de resistência óssea foi realizada no aparelho universal de teste TA-XT Plus Stable Micro Systems (Surrey, UK) com uma célula de carga de 50 kg a uma velocidade de 50 mm/min. O acessório para fratura Point Bend Rig (HDP/3PB), Stable Micro Systems, foi regulado para permitir que o vão livre da diáfise fosse de 3,0 cm, e os valores foram expressos em kilograma força (kgf) (PARK *et al.*, 2003).

### 3.6 Análise estatística

Os dados foram analisados através da ANOVA, utilizando os procedimentos gerais do SAS (SAS Institute Inc., Carey, NC, EUA). Os dados de desempenho zootécnico e qualidade dos ovos foram testados utilizando o teste F para detectar a diferenças entre os tratamentos considerando a probabilidade de  $P \leq 0,05$  para efeitos significativos. Os dados de tempo de prateleira foram testados pelo teste F para comparar as médias das fontes e Teste de Tukey para as médias de tempo de prateleira e submetidos ao esquema fatorial (fonte vs. tempo).

## 4) Resultados e discussão

Não houve influência ( $P > 0,05$ ) das fontes de selênio sobre os parâmetros de desempenho avaliados (Tabela 2). Estes resultados corroboram com os verificados por Sechinato *et al.* (2006), Saldanha *et al.* (2008) e Fernandes *et al.* (2008) que ao avaliarem a suplementação da dieta de poedeiras com selênio orgânico e inorgânico não observaram diferenças no desempenho das aves. Em contraste Figueiredo Junior (2008), Pan *et al.* (2010) e Han *et al.* (2017) observaram diferenças na produção de ovo, peso e massa de ovo a partir da com a suplementação de selênio orgânico em comparação ao inorgânico.

Tabela 2. Influência da suplementação da dieta com selênio de diferentes fontes sobre o desempenho de poedeiras semipesadas com idade entre 50 e 70 semanas.

Variável*	SS	SeMet	CV (%)	P-valor
PI (kg/ave)	1,853	1,872	2,575	0,342
PF (kg/ave)	1,798	1,813	1,989	0,168
CR (g/ave/dia)	114,31	113,54	4,04	0,08
Pr (%/ave/dia)	85,47	81,77	5,26	0,24
PO (g)	63,25	63,61	2,02	0,79

MO (g)	54,06	52,01	5,29	0,15
CMO (kg/kg)	2,11	2,18	7,1	0,13
CDz (kg/dúzia)	1,6	1,66	7,31	0,15

\*PI= peso inicial; PF= peso final; CR= Consumo de ração; Pr= produção de ovo; PO= peso do ovo; MO= massa de ovo; CMO= conversão por massa de ovo; CDz= conversão por dúzia; CV= coeficiente de variação. a,b= médias na mesma linha seguidas por letras diferentes diferem entre si pelo Teste F ( $P \leq 0,05$ ).

Em relação a qualidade dos ovos de 1 dia de postura das aves, não foi observado diferenças ( $P > 0,05$ ) entre as fontes de selênio avaliadas. Estes resultados estão de acordo com Sechinato (2006), Attia *et al.* (2010), Han *et al.* (2017) e Mohiti-Asli *et al.* (2007), que ao avaliarem a suplementação de dietas de poedeiras com fontes inorgânicas e orgânicas de selênio, não verificaram diferenças significativas entre as fontes estudadas.

Tabela 3. Influência da suplementação da dieta com selênio de diferentes fontes sobre a qualidade de ovos de poedeiras semipesadas com idade entre 50 e 70 semanas.

Variável*	SS	SeMet	CV (%)	P-valor
PO (g)	63,250	63,610	2,02	0,79
Alb (%)	63,510	63,280	0,96	0,19
Gem (%)	26,700	26,760	2,23	0,59
Cas (%)	9,910	9,980	1,64	0,88
Esp (mm)	0,462	0,498	2,18	0,59
RC (kgf)	2,990	3,210	8,13	0,24
GE (g/cm <sup>3</sup> )	1,0852	1,0859	0,12	0,15
UH	107,20	108,24	1,72	0,94

\*PO= peso do ovo; Alb= albúmen; Gem= gema; Cas= casca; Esp= espessura de casca; RC= resistência de casca; GE= gravidade específica; CV= coeficiente de variação. a,b= médias na mesma linha seguidas por letras diferentes diferem entre si pelo Teste F ( $P \leq 0,05$ ).

A SeMet influenciou ( $P \leq 0,05$ ) a resistência e a espessura de casca (Tabela 4) dos ovos, obtendo médias superiores (3,68 kgf e 0,486 mm) em comparação aos ovos das aves alimentadas com SS (3,45 kgf e 0,473 mm). A casca é constituída por 94% de carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ), 1,4% de carbonato de magnésio ( $\text{MgCO}_3$ ), 3% de glicoproteínas, mucoproteínas, colágeno e mucopolissacarídeos (ORNELLAS, 2001). A membrana da casca é formada por duas camadas: uma externa mais espessa denominada de “palissada”, próxima à casca; e outra interna mais fina conhecida como “mamilaria”. Ambas são formadas por fibras protéicas inter cruzadas. Esta estrutura confere resistência à casca e impermeabiliza o conteúdo dos ovos de microrganismos (RAMOS, 2008). As membranas das cascas de ovo das aves rodeiam a clara do ovo e fornecem uma base estrutural para a calcificação da casca. Estudos

identificaram uma Proteína de Membrana de Casca de ovo Rica em Cisteína (CREMP) que contém 13,8% de cisteína em sua estrutura. A CREMP, quando reduzida, é um substrato tiol de sulfidril oxidase, que é detectado na membrana vitelínica, clara do ovo, casca do ovo e tecido do oviduto. É provável que a sulfidril oxidase aja na CREMP catalisando a reticulação das fibras da membrana, participando na formação da membrana da casca, (KODALI *et al.*, 2011; DU *et al.* 2015). Sendo a cisteína formada a partir da metionina, e sendo a SeMet absorvida e armazenada como proteína, uma vez que o organismo não distingue a metionina da SeMet, pode ter havido um aporte maior de metionina que ficou disponível para o organismo, podendo ter refletido na síntese de cisteína e esta pode ter sido direcionada para a formação da CREMP, que foi reduzida e então influenciou na resistência de casca e na espessura de casca, uma vez que a membrana interna da casca não foi retirada para análise de espessura.

As variáveis peso de ovo, percentagem de albúmen, casca, gravidade específica, unidade Haugh e sólidos totais (Tabela 4) foram influenciados pelo tempo de prateleira. No entanto, Lopes *et al.* (2012) não encontraram diferença no peso de ovos armazenados por 35 dias, seja em temperatura ambiente ou refrigerado. Já Santos *et al.* (2009) observaram que ocorre perda de peso dos ovos devido à redução de água do albúmen, que perde água para o ambiente através dos poros da casca, logo o peso do ovo e proporção do albúmen diminuem concomitantemente com o avanço do tempo de armazenamento. Isto reflete também em um menor valor para unidade Haugh, que por sua vez depende do valor de peso do ovo e altura de albúmen e ambas as variáveis diminuem com o aumento do tempo de prateleira.

Ocorre também um aumento linear na percentagem da gema e uma conseqüente diminuição dos sólidos totais da gema, uma vez que a gema se torna “diluída” com a passagem de água do albúmen para o interior da gema, diminuindo assim os sólidos totais. Garcia *et al.* (2010) verificaram que o percentual de sólidos totais da gema e albúmen de ovos armazenados à temperatura ambiente e de refrigeração diminuiu com tempo de estocagem independente do ambiente de conservação.

Tabela 4. Influência da suplementação da dieta com selênio de diferentes fontes e do tempo de prateleira sobre a qualidade de ovos de poedeiras semipesadas com idade entre 50 e 70 semanas.

Fontes	PO (g)	Alb (%)	Gem (%)	Cas (%)	Esp (mm)	RC (kgf)	GE (g/cm <sup>3</sup> )	UH	STG
SS	61,6	62,64	27,97	10,12	0,473b	3,45b	1,0760b	98,48	50,23
SeMet	62,07	61,56	27,99	10,2	0,486a	3,68a	1,0767a	99,44	50,18
Tempo de prateleira (dias)									

1	63,43a	63,4a	26,73b	9,94b	0,481	3,19c	1,0855a	107,72a	51,41a
5	62,34a	62,18ab	27,69b	10,20ab	0,483	3,43bc	1,0786b	100,64b	-
10	61,74ab	63,23a	27,68b	10,23a	0,473	3,61ab	1,0749c	95,52c	50,77ab
15	61,53ab	60,08b	28,70a	10,26a	0,472	3,77ab	1,0724d	95,32c	-
20	60,12b	61,61ab	29,12a	10,17ab	0,489	3,83a	1,0703e	95,58c	48,44b
CV (%)	3,99	4,27	4,29	3,40	6,59	12,00	0,14	2,86	7,40
<i>P-valor</i>									
Fonte	0,3	0,27	0,92	0,17	0,0002	0,005	0,01	0,06	0,96
Tempo de prateleira	0,0003	0,0002	0,0001	0,01	0,32	0,0001	0,0001	0,0001	0,01
Fonte x tempo	0,81	0,53	0,013	0,82	0,11	0,21	0,19	0,07	0,42

\*PO= peso do ovo; Alb= albúmen; Gem= gema; Cas= casca; Esp= espessura de casca; RC= resistência de casca; GE= gravidade específica; STG= sólidos totais de gema; CV= coeficiente de variação. a,b= dentro de cada fator, médias na mesma coluna seguidas por letras diferentes diferem entre si pelo Teste F ( $P \leq 0,05$ ).

Quanto à qualidade dos ovos submetidos ao armazenamento, observou-se interação entre as fontes de selênio e o tempo de prateleira para o percentual de gema (Tabela 5). Ao decorrer do tempo de armazenamento, verificou-se aumento ( $P \leq 0,05$ ) do percentual de gema, das aves alimentadas com ambas fontes. Contudo, ao 15º dia de armazenamento, o SS apresentou maior percentagem de gema, em comparação a SeMet e o inverso foi verificado no 20º dia de armazenamento.

Segundo Latshaw e Osman (1975) e Moksnes e Norheim (1983), quando o SS foi suplementado na dieta de poedeiras, este se depositou na gema do ovo, podendo isto refletir em uma maior atividade da GPx na gema, e quando a SeMet foi suplementada na dieta de poedeiras, esta se depositou em maior quantidade no albúmen, podendo refletir em maior atividade da GPx no albúmen.

Portanto, o maior percentual de gema no 15º dia do SS (Tabela 5) pode ter sido influenciado pela maior atividade osmótica do albúmen, uma vez que pode ter havido um maior dissociação das proteínas do albúmen, por este provavelmente conter menor quantidade de Se depositado refletindo numa menor atividade da GPx no albúmen. No entanto, no 20º dia de armazenamento (Tabela 5), como é um tempo avançado de armazenamento, considerando também a falta de refrigeração, a SeMet pode ter sido depositada em menor quantidade na gema, isto pode ter levado a uma menor atividade da GPx refletindo na desintegração das membranas da gema favorecendo assim a entrada de água na gema, fazendo com que esta

tivesse seu percentual elevado, uma vez que durante o armazenamento dos ovos, a qualidade da membrana vitelina diminui, tornando a gema mais suscetível à quebra, favorecendo os processos osmóticos (KIRUNDA E MCKEE, 2000).

Tabela 5. Interação fonte de selênio vs tempo de prateleira sobre os valores de percentual de gema de ovos de poedeiras semipesadas com idade entre 50 e 70 semanas.

Fonte	Tempo de prateleira (dias)					P-valor
	1	5	10	15	20	
SS	26,70c	27,46bc	28,00abc	29,20abA	28,50aB	0,0001
SeMet	26,76c	27,91bc	27,35bc	28,20bB	29,74aA	0,0001
P-valor	0,89	0,36	0,18	0,04	0,012	

a,b= médias na mesma linha seguidas por letras minúsculas diferentes diferem entre si pelo Teste F ( $P \leq 0,05$ ).  
A,B= médias na mesma coluna seguidas por letras maiúsculas diferentes diferem entre si pelo Teste ( $P \leq 0,05$ ).

Os parâmetros de resistência de tibia e índice de Seedor (Tabela 6) foram significativamente maiores quando as aves foram alimentadas com SeMet ( $P \leq 0,05$ ). Sabe-se que os ossos são compostos por aproximadamente 1/3 de componentes orgânicos e 2/3 de minerais inorgânicos. Estudos realizados com ratos, relataram que o Se é metabolizado nos ossos em estruturas orgânicas, isto é, através de selenoproteínas. Portanto, o Se não é inserido por reações químicas em hidroxiapatita, como os demais minerais (BASSETT *et al*, 2010; KASAIKINA, HATFIELD E GLADYSHEV, 2012).

A maioria das selenoproteínas catalisam reações redox, frequentemente ligadas à proteção antioxidante, reparo de proteínas oxidadas ou controle de qualidade de proteínas secretadas. Essas funções podem ser de importância central para o turnover ósseo, tendo em vista o importante papel das espécies reativas de oxigênio durante a remodelação óssea, como sinais endógenos para osteoclastogênese e atividades de osteoblastos. Além das selenoproteínas estarem implicadas nessas funções, a selenoproteína iodotironina deiodinase tipo II catalisa a conversão de tiroxina (T4) em triiodotironina (T3) o que tem mostrado afetar decisivamente a mineralização e a qualidade óssea (BASSETT *et al*, 2010; KASAIKINA, HATFIELD E GLADYSHEV, 2012; ZEN, CAO E COMBS, 2013; PIETSCHMANN *et al.*, 2014).

Apesar dos resultados encontrados na literatura serem de espécie diferente, pode-se supor um comportamento semelhante para a absorção de Se pela tibia de poedeiras, uma vez que o organismo não consegue diferenciar estruturalmente a SeMet da metionina, sendo ambas absorvidas da mesma forma. Isto explicaria uma provável influência da SeMet na absorção de Se pela matriz óssea, uma vez que esta é absorvida como metionina e não como mineral,

depositando-se na estrutura orgânica do osso, através de selenoproteínas. Isto poderia refletir em maior resistência de tibia e maior índice de Seedor, sendo este influenciado pelo peso das tibias terem sido mais elevados nas aves que receberam SeMet do que o peso das tibias das aves alimentadas com SS.

Provavelmente as poedeiras alimentadas com dietas suplementadas com SeMet foram mais eficientes na deposição mineral nos ossos, isto pode ter influenciado na densidade e resistência da tibia, mesmo com o aumento da idade. Isto pode refletir em menores casos de fragilidade e susceptibilidade a fraturas, principalmente da tibia de poedeiras semipesadas com idade acima de 50 semanas que no 2º ciclo de postura (ALMEIDA PAZ *et al.*, 2009; SALDANHA *et al.*, 2009).

Diferentemente do presente estudo, Nunes *et al.* (2013) observaram que poedeiras semipesadas recebendo dietas com suplementação de diferentes fontes de selênio não obtiveram valores significativos de resistência de tibia para aves que receberam SeMet em comparação às aves que receberam SS.

Tabela 6. Influência da suplementação da dieta com selênio sobre parâmetros ósseos de poedeiras semipesadas com idade entre 50 e 70 semanas.

Variável*	SS	SeMet	CV (%)	P-valor
RT (kgf)	18,42b	28,56a	13,86	0,0001
IS	60,04b	70,56a	4,91	0,0001

\*RT= resistência de tibia; IS= índice de Seedor; CV= coeficiente de variação. a,b= médias na mesma linha seguidas por letras diferentes diferem entre si pelo Teste F ( $P \leq 0,05$ ).

## **5) Conclusão**

A SeMet como fonte de suplementação de selênio melhorou a qualidade de ovos armazenados até 20 dias e a condição óssea das poedeiras Dekalb brown, apesar de não melhorar os índices de desempenho e de qualidade do ovo com 1 dia de postura.

## 6) Referências

- ALISSA, E. M.; BAHJRI, S. M.; FERNS, G. A. The controversy surrounding selenium and cardiovascular disease: a review of the evidence. **Med Sci Monit.** 2003.
- ALMEIDA PAZ, I. C. L.; MENDES, A. A.; BALOG, A.; KOMIYAMA, C. M.; TAKAHASHI, S. E.; GARCÍA, E. A.; VULCANO, L. C.; BALLARIN, A. W.; SILVA, M. C.; CARDOSO, K. F. G. Efeito do cálcio na qualidade óssea e de ovos de poedeiras. Córdoba, jun. **Arch. zootec.** v.58, n. 222. 2009.
- ARPÁŠOVÁ, H.; PETROVIČ, V.; MELLEN, M.; KAČÁNIOVÁ, M.; ČOBANOVÁ, K.; LENG, L. The effects of supplementing sodium selenite and selenized yeast to the diet for laying hens on the quality and mineral content of eggs. **J. Anim. Feed Sci.**, v.18, p.90-100, 2009.
- BAO, Y. M.; CHOCT, M.; IJI, P. A.; BRUERTON, K. Effect of organically complexed Cu, Fe, Mn and Zn on broiler performance, mineral excretion and accumulation in tissues. **J. Appl. Poult.**, v. 16, 448–455, 2007.
- BASSETT, J. H.; BOYDE, A.; HOWELL, P. G.; BASSETT, R. H.; GALLIFORD, T. M.; ARCHANCO, M.; EVANS, H.; LAWSON, M. A.; CROUCHER, P.; GERMAIN, D. L. St; GALTON, V. A.; WILLIAMS, G. R. Optimal bone strength and mineralization requires the type 2 iodothyronine deiodinase in osteoblasts. **Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.**, v. 107, p. 7604–7609. 2010.
- BERTECHINI, A. G. Nutrição de monogástricos. Lavras: UFLA, 2012. 373 p.
- BROWN KM; ARTHUR JR. Selenium, selenoproteins and human health: a review. **Public Health Nutr.**, v. 4, p. 593-9. 2001.
- CARD, L. E.; NESHEIM, N. C. Poultry Production, 1 lth ed. Philadelphia, Lea and Febige, 1972.
- CICHOSKI, A. J.; ROTTA, R. B.; SCHEUERMANN, G.; CUNHA JUNIOR, A.; BARIN, J. S. Investigation of glutathione peroxidase activity in chicken meat under different experimental conditions. **Food Science and Technology**, v. 32, p. 661–667, 2012.
- COHEN, G.; HOCHSTEIN, P. Glucose-6-Phosphate Dehydrogenase and Detoxification of Hydrogen Peroxide in Human Erythrocytes. **Science**, v. 134, p. 1756–1757. 1961.
- COMBS, G. F. JR.; GRAY W. P. Chemopreventive agents: Selenium. **Pharmacol Ther.** v. 79, p. 179–192. 1998.
- COMBS, G. F.; COMBS, S. B. The Role of Selenium in Nutrition. London: Academic Press. p.180. 1986.
- COMINETTI, C; COZZOLINO, S.M.F. Funções Plenamente Reconhecidas de Nutrientes - Selênio. **ILSI Brasil**, v. 8, 2009.

DONOVAN, J.; COPELAND, P. R. The Efficiency of Selenocysteine Incorporation is Regulated by Translation Initiation Factors. **Journal of Molecular Biology**., v.400, p. 659–664. 2010.

DU, J.; HINCKE, M. T.; ROSE-MARTEL, M.; HENNEQUET-ANTIER, C.; BRIONNE, A.; COBURN, L. A.; NYS, Y.; GAUTRON, J. Identifying specific proteins involved in eggshell membrane formation using gene expression analysis and bioinformatics. **BMC Genomics**, v. 16, p. 792. 2015.

ESAKI N, NAKAMURA T, TANAKA H, SUZUKI T, MORINO Y, SODA K. Enzymatic synthesis of selenocysteine in rat liver. **Biochemistry**, v. 20, p. 4492–4496. 1981.

EWING, W. N.; CHARLTON, S. J. The minerals directory. Context products. 2ª edição. 2007.

FERNANDES, J. I. M; MURAKAMI, A. E.; SAKAMOTO, M. I.; SOUZA, L. M. G.; MALAGUIDO, A.; MARTINS, E. N. Effects of organic mineral dietary supplementation on production performance and egg quality of white layers. **Brazilian journal of poultry Science**, v. 10, p. 56-65. 2008

FINLEY, J.W. Bioavailability of selenium from foods. **Nutrition Reviews**, v. 64, p. 146-151, 2006.

FLOHÉ, L. Die Glutathionperoxidase: énzymologie und biologische Aspekte. **Klin. Wochenschr**, v. 49, p. 669–683. 1971.

HAMILTON, R.M.G. Methods and factors that affect the measurement of egg shell quality. **Poultry Science**, v.61, p. 2022-2039. 1982.

HAN, X. J.; QIN, P.; LI, W. X.; MA, Q. G.; JI, C.; ZHANG, J. Y.; ZHAO, L. H.. Effect of sodium selenite and selenium yeast on performance, egg quality, antioxidant capacity, and selenium deposition of laying hens. **Poultry Science**, v. 96, p. 3973–3980. 2017.

HARTIKAINEN, H. Biogeochemistry of selenium and its impact on food chain quality and human health. **J Trace Elem Med Biol**, v. 18, p. 309-18. 2005.

HSIEH H. S.; GANTHER, H. E. Acid-volatile selenium formation catalyzed by glutathione reductase. **Biochemistry**, v. 14, p. 1632–1636. 1975.

Instituto Nacional de Meteorologia. **Ministério da Agricultura, Pecuária e abastecimento**. Consulta Dados da Estação Automática: Areia (PB). 2017. [http://www.inmet.gov.br/sonabra/pg\\_dsp.DadosCodigo\\_sim.php?QTMxMA==](http://www.inmet.gov.br/sonabra/pg_dsp.DadosCodigo_sim.php?QTMxMA==)

IP, C.; HAYES, C.; BUDNICK, R. M.; GANTHER, H. E. Chemical form of selenium, critical metabolites, and cancer prevention. **Cancer Res.**, v. 51, p. 595–600. 1991.

JACQUES, K.A. Selenium metabolism in animals: the relationship between dietary selenium form and physiological response. *In*: LYONS, T. P.; JACQUES, K. A. (Eds) **Science and**

**Technology in the Feed Industry**. Nottingham: Nottingham University Press, p. 319-348, 2001.

JAKOB, F.; BECKER, K.; PAAR, E.; EBERT-DUEMIG, R.; SCHÜTZE, N. Expression and Regulation of Thioredoxin Reductases and Other Selenoproteins in Bone. Protein Sensors and Reactive Oxygen Species - Part A: **Selenoproteins and Thioredoxin**, p. 168–179, 2002.

JOHANSSON, L.; GAFVELIN, G.; AMÉR, E. S. J. Selenocysteine in Proteins — Properties and Biotechnological Use. **Biochimica et Biophysica Acta**, v. 1726, p. 1–13. 2005.

KASAIKINA, M. V.; HATFIELD, D. L.; GLADYSHEV, V. N. Understanding selenoprotein function and regulation through the use of rodent models. **Biochim. Biophys. Acta**, 2012, 1823, 1633–1642.

KATO, A.; OGATO, S.; MATSUDOMI, N.; KOBAYASHI, K. A comparative study of the aggregated and disaggregated ovomucin during egg white thinning. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 29, p. 821-823. 1970.

KEILIN, D.; HARTREE, E. F. Catalase, peroxidase and metmyoglobin as catalysts of coupled peroxidatic reactions. **Biochemical Journal**, v. 60, p. 310–325. 1955.

KIRUNDA, D. F. K.; MCKEE, S. R. Relating quality characteristics of aged eggs and fresh eggs to vitelline membrane strength as determined by a texture analyzer. **Poultry Science**, v. 79, p. 1183-1193. 2000.

KODALI, V. K.; GANNON, S. A.; PARAMASIVAM, S.; RAJE, S.; POLENOVA, T.; THORPE, C. A Novel Disulfide-Rich Protein Motif from Avian Eggshell Membranes. **PLoS ONE**, v. 6. 2011.

KRALIK, G.; GAJČEVIĆ, Z.; SUCHÝ, P.; STRAKOVÁ, E.; HANŽEK, D. Effects of Dietary Selenium Source and Storage on Internal Quality of Eggs. **Acta Vet. Brno.**, v. 78, p. 219–222. 2009.

LATRÈCHE, L.; DUHIEU, S.; TOUAT-HAMICI, Z.; JEAN-JEAN, O.; CHAVATTE, L. The differential expression of glutathione peroxidase 1 and 4 depends on the nature of the SECIS element. **RNA Biology**, v. 9, p. 681–690. 2012.

LATSHAW, J. D.; BIGGERT, M. D. Incorporation of selenium into egg proteins after feeding selenomethionine or sodium selenite. **Poultry Science**, Champaign, v. 60, p. 1309-1313. 1981.

LATSHAW, J. D.; OSMAN, M. Distribution of selenium in egg White and yolk after feeding natural and synthetic selenium compounds. **Poultry Science**, v. 54, p. 1244-1252. 1975

LEESON, S.; SUMMERS, J. D. Nutrition of the chickens. Guelph: University Books, ed. 4<sup>a</sup>, p. 591. 2001.

LETAVAYOVÁ, L.; VLCKOVÁ, V.; BROZMANOVÁ, J. Selenium: from cancer prevention to DNA damage. **Toxicology** v. 227, p. 1-14. 2006.

LOPES, L. L. A.; SILVA, Y. L.; NUNES, R. V.; TAKAHASHI, S. E.; MORI, C. Influência do tempo e das condições de armazenamento na qualidade de ovos comerciais. **Revista Científica Eletrônica de Medicina Veterinária**. n. 18. 2012. Disponível em: [http://faef.revista.inf.br/imagens\\_arquivos/arquivos\\_destaque/oiSHPCRML8iY1YH\\_2013-6-24-16-42-45.pdf](http://faef.revista.inf.br/imagens_arquivos/arquivos_destaque/oiSHPCRML8iY1YH_2013-6-24-16-42-45.pdf). Acesso em: 25 jan. 2019.

MACPHERSON, A. Selenium, vitamin E and biological oxidation. *In: Recent Advances in Nutrition*. Nottingham University Press, Nottingham, p. 3-30. 1994.

McDOWELL, L. R. Minerals in animal and human nutrition. San Diego: Academic Press, p. 552. 1992.

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. **J Cel Biochem.**, v. 91, p. 443-58. 2004.

MIDILLI, M.; SALMAN, M.; MUGLALI, O. H.; ÖGRET MEN, T.; CENESIZ, S.; ORMANCI, N. The effects of organic or inorganic zinc and microbial phytase, alone or in combination, on the performance, biochemical parameters and nutrient utilization of broilers fed a diet low in available phosphorus. **International Journal of Biological, Food, Veterinary and Agricultural Engineering**, v. 20, p. 99-106. 2014.

MILLS, G. C. Glutathione peroxidase and the destruction of hydrogen peroxide in animal tissues. **Archives of Biochemistry and Biophysics**, v. 86, p. 1-5. 1960.

MOHITI-ASLI, M.; SHARIATMADARI, F.; LOTFOLLAHIAN, H.; MAZUJI, M. T. Effects of supplementing layer hen diets with selenium and vitamin E on egg quality, lipid oxidation and fatty acid composition during storage. **Canadian Journal of Animal Science**. p. 475-483. 2008.

MOKSNES, K.; NORHEIM, G. Selenium concentrations in tissues and egg of growing and laying chickens fed sodium selenite at different levels. **Acta Vet. Scand.** v. 24, p. 34-44. 1983.

MUNIER-LAMY, C.; DENEUX-MUSTIN, S.; MUSTIN, C.; MERLET, D.; BERTHELIN, J.; LEYVAL, C. Selenium bioavailability and uptake as affected by four different plants in a loamy clay soil with particular attention to mycorrhizae inoculated ryegrass. **Journal of Environmental Radioactivity**, v. 97, p. 148-158, 2007.

MURRAY, R. K. Glycoproteins. *In: Harper's Illustrated Biochemistry*. Appleton and Lange, Norwalk, CT. 26<sup>a</sup> ed 2003.

NUNES, J. K.; SANTOS, V. L.; ROSSI, P.; ANCIUTTI, M. A.; RUTZ, F.; MAIER, J. C.; SILVA, J. G. C. Qualidade de ovos e resistência óssea de poedeiras alimentadas com minerais orgânicos. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, v. 65, n. 2, p. 610-618. 2013.

ORNELLAS, L. H. Técnica dietética: seleção e preparo de alimentos. São Paulo: Editora Metha, 7 ed., p. 330. 2001.

PAN, E. A.; RUTZ, F.; DIONELLO, N.J.L. Desempenho de poedeiras semipesadas arraçadas com a suplementação de selênio orgânico. **R. Bras. Agrobiologia**. v.16, p.83-89, 2010.

PARK, S. Y.; BIRKHOOD, S. G.; KUBEN, L. F.; NISBET, D. J.; RICKE, S. C. Effect of storage condition on bone breaking strength and bone ash in laying hens at different stages in production cycles. **Poultry Science**. v. 82, p. 1688–1691. 2003.

PAYNE, R. L.; LAVERGNE, T. K.; SOUTHERN L. L. Effect of inorganic versus organic selenium on hen production and egg selenium concentration. **Poultry Science**, Savoy, Illinois, v. 84, p. 232- 237. 2005.

PIETSCHMANN, N.; RIJNTJES, E.; HOEG, A.; STOEDTER, M.; SCHWERZER, U.; SEEMANN, P.; SCHOMBURG, L. Selenoprotein P is the essential selenium transporter for bones. The Royal Society of Chemistry . **Metallomics**, v. 6, p. 1043-1049. 2014.

RAMOS, B. F. S. Gema de ovo composição em aminas biogénicas e influência da gema na fração volátil de creme de pasteleiro. 2008.111f. Dissertação (Mestrado em Controlo de qualidade) – Faculdade de farmácia, Universidade do Porto, Porto.

REILLY, C. 1996. Selenium in food and health. Chapman & Hall/Blackie, London.

REIS, R. N. Conteúdo de selênio em ovos de galinhas reprodutoras pesadas suplementadas com selenito de sódio ou Zn-L-Se-metionina. 2009. 47p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Programa de Pós-graduação em Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

RICHARDS, J. D.; FISHER, P.; EVANS, J. L.; WEDEKIND, K. J. Greater bioavailability of chelated compared to inorganic zinc in broiler chicks in presence of elevated calcium and phosphorus. **Open Access Animal Physiol**. v. 7, p. 1–14. 2015.

RODRIGUEZ-NAVARRO, A.; KALIN, O.; NYS, Y.; GARCIA-RUIZ, J. M. Influence of the microstructure on the shell strength of eggs laid by hens of different ages. *British Poult. Sci.*, v.43, p.395- 403. 2002.

ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; HANNAS, M. I.; DONZELE, J. L.; SAKOMURA, N. K. S.; PERAZZO, F. G. Tabelas Brasileiras Para Aves e Suínos. Composição de Alimentos e Exigências Nutricionais 4ª Edição. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Zootecnia. 2017

ROTRUCK, J. T.; POPE, A. L.; GANTHER, H. E.; SWANSON, A. B.; HAFEMAN, D. G.; HOEKSTRA, W. G. Selenium: Biochemical Role as a Component of Glutathione Peroxidase. **Science**, v. 179, p. 588-90. 1973.

ROVER JÚNIOR, L.; HÖEHR, N. F.; VELLASCO, A. P. Sistema antioxidante envolvendo o ciclo metabólico da glutatona associado a métodos eletroanalíticos na avaliação do estresse oxidativo. **Quím. Nova**. São Paulo Jan./Feb, v. 24, n. 1. 2001.

RUTZ, F.; PAN, E. A.; XAVIER, G. B. Efeito de minerais orgânicos sobre o metabolismo e desempenho de aves. **Revista Aeworld**. In: <http://www.aveworld.com.br/index.php/documento/141>. 2007.

SAKOMURA, N. K.; SILVA, J. H. V.; COSTA, F. G. P.; FERNANDES, J. B. K.; HAUSCHILD, L. Nutrição de não-ruminantes. Jaboticabal: FUNEP; 2014.

SALDANHA, E. S. P. B.; GARCIA, E. A.; PIZZOLANTE, E. A.; FAITTARONE, A. B. G.; SECHINATO, A. MOLINO, A. B.; LAGANÁ, C. Effect of organic mineral supplementation on the egg quality of semi-heavy layers in their second cycle of lay. **Braz. J. Poult. Sci.**, v.11, p. 215-222. 2009.

SANTOS, M. S. V.; ESPÍNDOLA, G. B.; LÔBO, R. N. B.; FREITAS, E. R.; GUERRA, J. L. L.; SANTOS, A. B. E. Efeito da temperatura e estocagem em ovos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.29, n. 3, p. 513-517. 2009

SCHRAUZER G.N. Selenomethionine: a review of its nutritional significance, metabolism and toxicity. **Journal of Nutrition**, v. 130, p. 1653–1656. 2000.

SCHRAUZER, G.N. The nutritional significance, metabolism and toxicology of selenomethionine. **Adv Food Nutr Res**. v. 47, p. 73–112. 2003.

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

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

SHIOBARA, Y.; YOSHIDA, T.; SUZUKI, K. T. Effects of dietary selenium species on Se concentrations in hair, blood, and urine. **Toxicol App Pharmacol** v. 152, p. 309–314. 1998.

SKRIVAN, M.; SIMÁNE, J.; DLOUHÁ, G.; DOUCHA, J. Effect of dietary sodium selenite, Se-enriched yeast and Se-enriched Chlorella on egg Se concentration, physical parameters of eggs and laying hens production. **Czech J. Anim. Sci.**, v.51, p.163-167, 2006.

SURAI, P. F. Selenium in poultry nutrition and health. Wageningen Academic Publishers. The Netherlands, 2018.

SWANSON, C. A. Comparative utilization of selenite, selenomethionine, and selenized yeast by the laying hen. **Nutrition Research**, Los Angeles, v. 7, p. 529-537, 1987.

TERRY, N.; ZAYED, A. M.; SOUZA, M. P.; TARUN, A. S. Selenium in higher plants. **Annual Review of Plant Physiology and Molecular Biology** v. 51, p. 401-432, 2000.

TOMASZEWSKA, E.; DOBROWOLSKI, P.; KWIECIEŃ, M.; BURMAŃCZUK, N.; BADZIAN, B.; SZYMAŃCZYK, S.; KURLAK., P. Alterations of liver histomorphology in relation to copper supplementation in inorganic and organic form in growing rats. **Bull. Vet. Inst. Pulawy**. v. 58, p. 479–486. 2014.

TOUSSANT, M. J.; LATSHAW, J. D. Ovomucin content and composition in chicken eggs with different interior quality. **Journal of the Science of Food and Agriculture** v. 79, p.1666-1670. 1999.

WANG, Y.; ZHAN, X., YUAN, D., ZHANG, X., WU, R. Influence of dietary selenomethionine supplementation on performance and selenium status of broiler breeders and their subsequent progeny. **Biological Trace Element Research**, v. 143, p. 1497–1507. 2011.

WEN, W.; WEISS, S. L.; SUNDE, R. A. UGA Codon Position Affects the Efficiency of Selenocysteine Incorporation into Glutathione Peroxidase-1. **Journal of Biological Chemistry**, v. 273, p. 28533–28541. 1988.

XU, XUE-MING; CARLSON, B. A.; MIX, H.; ZHANG, Y.; SAIRA, K.; GLASS, R. S.; BERRY, M. J.; GLADYSHEV, V. N.; HATFIELD, D. L. Biosynthesis of Selenocysteine on Its tRNA in Eukaryotes. **PLoS Biology**. v. 5. 2007.