UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia

PRISCILA SPÍNOLA ZORZETTO

Fontes de selênio na dieta de matrizes pesadas

Pirassununga

2017

PRISCILA SPÍNOLA ZORZETTO

Fontes de selênio na dieta de matrizes pesadas

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Nutrição e Produção Animal da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo para obtenção do título de mestre em Ciências

Departamento:

Nutrição e Produção Animal – VNP

Área de concentração:

Nutrição e Produção Animal

Orientador:

Prof. Dr. Cristiane Soares da Silva Araújo

Pirassununga

2017

Autorizo a reprodução parcial ou total desta obra, para fins acadêmicos, desde que citada a fonte.

DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO

(Biblioteca Virgínia Buff D'Ápice da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo)

T. 3528
FMVZ

Zorzetto, Priscila Spinoia

Fontes de selênio na dieta de matrizes pesadas. / Priscila Spinoia Zorzetto. – 2017.

73 p. : il.

Dissertação (Mestrado) - Universidade de São Paulo. Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia. Departamento de Nutrição e Produção Animal, Pirassununga, 2017.

Programa de Pós-Graduação: Nutrição e Produção Animal.

Área de concentração: Nutrição e Produção Animal.

Orientador: Profa. Dra. Cristiane Soares da Silva Araújo.

1. Antioxidante. 2. Desempenho. 3. Estresse oxidativo. 4. Selenometionina. 5. Selenito de sódio. I. Título.

CERTIFICADO

Certificamos que a proposta intitulada "Fontes de selênio na dieta de matrizes pesadas", protocolada sob o CEUA nº 8381220116, sob a responsabilidade de **Cristiane Soares da Silva Araújo e equipe; Priscila Spínola Zorzetto ; Fabrícia de Arruda Roque** - que envolve a produção, manutenção e/ou utilização de animais pertencentes ao filo Chordata, subfilo Vertebrata (exceto o homem), para fins de pesquisa científica ou ensino - está de acordo com os preceitos da Lei 11.794 de 8 de outubro de 2008, com o Decreto 6.899 de 15 de julho de 2009, bem como com as normas editadas pelo Conselho Nacional de Controle da Experimentação Animal (CONCEA), e foi **aprovada** pela Comissão de Ética no Uso de Animais da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo (CEUA/FMVZ) na reunião de 03/07/2017.

We certify that the proposal "Selenium sources in the diet for broiler breeder.", utilizing 216 Birds (216 females), protocol number CEUA 8381220116, under the responsibility of **Cristiane Soares da Silva Araújo and team; Priscila Spínola Zorzetto ; Fabrícia de Arruda Roque** - which involves the production, maintenance and/or use of animals belonging to the phylum Chordata, subphylum Vertebrata (except human beings), for scientific research purposes or teaching - is in accordance with Law 11.794 of October 8, 2008, Decree 6899 of July 15, 2009, as well as with the rules issued by the National Council for Control of Animal Experimentation (CONCEA), and was **approved** by the Ethic Committee on Animal Use of the School of Veterinary Medicine and Animal Science (University of São Paulo) (CEUA/FMVZ) in the meeting of 07/03/2017.

Finalidade da Proposta: **Pesquisa**

Vigência da Proposta: de **02/2016** a **08/2016**

Área: **Nutrição E Produção Animal**

Origem: **Animais provenientes de estabelecimentos comerciais**

Espécie: **Aves**

sexo: **Fêmeas**

idade: **55 a 65 semanas** N: **216**

Linhagem: **Cobb**

Peso: **3800 a 4100 g**

Resumo: O objetivo do trabalho será o de avaliar o efeito da suplementação de diferentes fontes de selênio em dietas de matrizes de frango corte e seu efeito sobre a prole subsequente. Serão utilizadas 216 matrizes com 55 semanas de idade distribuídas em delineamento inteiramente casualizado, com dois tratamentos e 27 repetições de quatro aves cada. Será avaliada a característica de desempenho (produção e peso médio dos ovos, consumo de ração e conversão alimentar), a qualidade externa (resistência a quebra e espessura da casca) e interna dos ovos (unidade Haugh), em dois ciclos de 28 dias, fertilidade e qualidade dos pintinhos. Na 65 semana de idade, as matrizes serão inseminadas e os ovos coletados para incubação. Com relação a prole será utilizado um delineamento experimental em arranjo fatorial 2x2 (dieta das matrizes x fontes de selênio para a prole) com 13 repetições de 10 aves cada, totalizando 520 pintinhos. As características a serem estudadas nos experimentos com a prole serão o desempenho e o rendimento de carcaça.

Local do experimento: **Laboratório de Pesquisa em Aves**

São Paulo, 04 de julho de 2017

Profa. Dra. Denise Tabacchi Fantoni

Presidente da Comissão de Ética no Uso de Animais
Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade
de São Paulo

Roseli da Costa Gomes

Secretaria Executiva da Comissão de Ética no Uso de Animais
Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade
de São Paulo

FOLHA DE AVALIAÇÃO

Autor: ZORZETTO, Priscila Spínola

Título: **Fontes de Selênio na Dieta de Matrizes Pesadas**

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Nutrição e Produção Animal da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo para obtenção do título de mestre em Ciências

Data: ____/____/____

Banca Examinadora

Prof. Dr. _____

Instituição: _____ Julgamento: _____

Prof. Dr. _____

Instituição: _____ Julgamento: _____

Prof. Dr. _____

Instituição: _____ Julgamento: _____

Dedicatória

Aos meus pais, por estarem comigo em todas as minhas trajetórias. Esta conquista não é só minha, é nossa. Muito obrigada por tudo. Eu amo vocês.

Agradecimento

Agradeço, primeiramente, a minha família, por me apoiarem desde o começo, em especial aos meus pais **Luiz Antonio Zorzetto** e **Viviane Terezinha Spínola Zorzetto**, e minha irmã, **Renata Spínola Zorzetto**. Aos meus avós **Américo Zorzetto** (*in memorian*) e **Dirce da Silva Zorzetto, Ariovaldo Spínola** (*in memorian*) e **Vitória Spínola**, que, junto aos meus pais, me apoiaram e tornaram esse sonho possível.

À professora **Cristiane Soares da Silva Araújo** pela confiança depositada em mim, estar sempre ao meu lado e me ajudando durante estes anos. Ao Professor **Lúcio Francelino Araújo**, por estar sempre apto a ajudar.

Aos funcionários do aviário, **Edinho, China, Paulo e Pedro**.

Aos funcionários da fábrica de ração e abatedouro, que ajudaram muito na elaboração destas etapas.

Aos meus colegas de equipe, **Fabrícia, Brunna, Carlos, Sara, Rafael, Paulo, Yasmin, José, Mariana, Patrícia, Vinicius, João Paulo, Renata e André**.

Ao pessoal da empresa **Adisseo** pela ajuda para a execução dos experimentos.

Aos professores do departamento de Nutrição e Produção Animal, da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia (FMVZ - USP).

Aos colegas de aula.

E a todos que fizeram parte desta caminhada.

Muito obrigada!

Resumo

ZORZETTO, P.S. **Fontes de Selênio na dieta de Matrizes Pesadas**. [Selenium sources in diet for broiler breeders]. 2017. 73 p. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2017.

A nutrição para matrizes de frangos de corte tem como objetivo maximizar a produção de ovos e a qualidade da progênie subsequente e é considerada essencial para a melhora da produção e qualidade dos ovos. Os nutrientes transferidos para os ovos são importantes para o crescimento e desenvolvimento fisiológico do embrião. O organismo animal sofre constantemente ação do estresse oxidativo e o selênio (Se) é considerado um eficiente antioxidante natural que é essencial para matrizes de frangos de corte. Este estudo foi conduzido com matrizes de frango de corte alimentadas com duas fontes de Se (selenometionina - orgânica e selenito de sódio - inorgânico) para avaliar o seu desempenho produtivo, as características reprodutivas, a concentração de Se no ovo bem como o desempenho e rendimento de carcaça da progênie subsequente. Foram utilizadas 216 matrizes AP95 Aviagen de 55 a 65 semanas de idade, em delineamento inteiramente casualizado, com dois tratamentos e 27 repetições de quatro aves cada. Para o experimento com a progênie, foram utilizados 520 pintinhos mistos em delineamento inteiramente casualizado em um fatorial 2 x 2 (duas fontes de Se da dieta das matrizes e duas fontes de Se para dietas de frangos de corte - selenito de sódio e selenometionina) com quatro tratamentos, 13 repetições de 10 aves cada. As matrizes alimentadas com Se orgânico melhoraram a produção de ovos em comparação com o Se inorgânico ($p = 0,038$; $p = 0,044$). A concentração do Se no ovo e na clara foi maior para Se orgânico em comparação com o inorgânico ($p < 0,001$; $p < 0,001$). As taxas de fertilidade, bem como mortalidade embrionária, não sofreram efeito significativo ao se comparar as duas fontes. Não foram observadas diferenças entre a altura de albúmen, unidade Haugh e espessura da casca para a qualidade do ovo. O peso do ovo e coloração da gema foram estatisticamente diferentes ($p=0,001$; $p=0,026$) para fonte inorgânica comprada com a orgânica. A resistência a quebra do ovo foi melhor estatisticamente ($p=0,007$) para fonte orgânica. Não foram observadas interações entre a dieta da progênie e a dieta materna para nenhum dos critérios avaliados. Não foram observados efeitos da dieta materna, assim como da dieta da progênie sobre o consumo de ração, ganho de peso corporal e rendimento de carcaça e

cortes. No entanto, a taxa de conversão alimentar foi melhor ($p = 0,017$) em frangos de corte provenientes de matrizes alimentadas com selenometionina. Assim, a selenometionina melhorou a produção e qualidade de ovos e propiciou maior transferência de Se para o ovo, principalmente na clara. Além disso, melhorou a conversão alimentar da progênie, devido a sua melhor biodisponibilidade.

Palavras chave: Antioxidante. Desempenho. Estresse oxidativo. Selenometionina. Selenito de sódio.

Abstract

ZORZETTO, P.S. **Selenium sources in diet for broiler breeders.** [Fontes de Selênio na dieta de Matrizes Pesadas]. 2017. 73 p. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2017.

The nutrition for broiler breeders has the objective of maximizing egg production and the quality of subsequent progeny. It is essential to improve the egg production and egg quality. The nutrients transferred to the eggs are important for growth and physiological development embryo. The animal organism is constantly suffering by oxidative stress. Selenium (Se) is considered an efficient natural antioxidant and has shown to be essential for broiler breeders. This trial was conducted using broiler breeders fed with two different sources of Se (organic - selenomethionine and inorganic - sodium selenite) to determinate performance, reproductive characteristics, Se concentration in egg as well as performance and carcass yield of the subsequent progeny. It was used 216 AP95 Aviagen broiler breeders, from 55 to 65 weeks of age, in completely randomized design with two treatments and 27 replications of four birds each. For subsequent progeny, it was used 520 straight-run chicks in a completely randomized design in a 2 x 2 factorial (two sources of Se for broiler breeders diets and two sources of Se for broilers diets- sodium selenite and selenomethionine) with four treatments and 13 replications of 10 birds each. Broiler breeders fed with organic Se had improved egg production in comparison to inorganic Se ($p=0.038$; $p=0.044$). Se concentration in whole egg and white egg were higher for organic Se in comparison to inorganic Se ($p<0.001$; $p<0.001$). The fertility and embryonic mortality were not significant between Se sources. No difference were observed to albumin height, Haugh unit and shell thickness for egg quality. The egg weight and yolk color were statistically different ($p = 0.001$; $p = 0.026$) for inorganic

source comparing to organic. The egg breaking was statistically better ($p=0.007$) for organic source. For progeny, no interactions between broiler diet and the maternal diet were observed for any of the criteria measured. No effect of maternal diet as well as broiler diet differences were observed on feed intake, body weight gain and carcass yield and cuts. However, feed conversion ratio was improved ($p=0.017$) in broiler from breeders fed selenomethionine. Thus, selenomethionine has improved the egg production and quality, and has been transferred to the egg mainly in the egg white. Also, selenomethionine has improved feed conversion ratio because has a higher bioavailability.

Keywords: Antioxidant. Oxidative stress. Performance. Selenomethionine. Sodium selenite.

Lista de Figuras

Figura 1 - Rota metabólica do Se convertido em selenoproteína.....	20
Figura 2 - Rota metabólica do Se excretado	21
Figura 3 - Estrutura molecular da metionina e da selenometionina mostrando a localização dos átomos de enxofre e Se	23
Figura 4 - Absorção entre plantas acumuladoras e não acumuladoras	26
Figura 5 - Mecanismo enzimático da GPx.....	33

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Formas químicas do Se.....	23
Tabela 2 - Distribuição dos tratamentos experimentais das matrizes.....	36
Tabela 3 - Composição percentual da dieta basal para matrizes de frango de corte	37
Tabela 4 - Programa alimentar matrizes a partir da 55ª semana de idade.....	38
Tabela 5 - Distribuição dos tratamentos experimentais das progêneses	41
Tabela 6 - Composição percentual da dieta basal inicial, crescimento e final para frangos de corte.	43
Tabela 7 - Produção de ovos de matrizes pesadas alimentadas com fonte de Se inorgânica (selenito de sódio) e Se orgânica (selenometionina) em dois ciclos produtivos.....	48
Tabela 8 - Concentração de Se em ovos de matrizes pesadas alimentadas com fonte de Se inorgânica (selenito de sódio) e orgânica (selenometionina).....	51
Tabela 9 - Fertilidade e incubação de ovos de matrizes alimentadas com fonte de Se orgânica e inorgânica	53
Tabela 10 - Qualidade de ovos de matrizes alimentadas com fonte de Se orgânica e inorgânica.....	56
Tabela 11 - Consumo de ração (CRM), ganho de peso médio (GPM) e conversão alimentar (CA) de frangos de corte de 1 a 7 dias de idade, provenientes de matrizes pesadas alimentadas com fonte Se inorgânica (selenito de sódio) e Se orgânica (selenometionina)	58
Tabela 12 - Consumo de ração (CRM), ganho de peso médio (GPM) e conversão alimentar (CA) de frangos de corte de 1 a 21 dias de idade, provenientes de matrizes pesadas alimentadas com fonte Se inorgânica (selenito de sódio) e fonte de Se orgânica (selenometionina).....	59
Tabela 13 - Consumo de ração (CRM), ganho de peso médio (GPM) e conversão alimentar (CA) de frangos de corte de 1 a 42 dias de idade, provenientes de matrizes pesadas alimentadas com fonte Se inorgânica (selenito de sódio) e Se orgânica (selenometionina)	61
Tabela 14 - Rendimento de carcaça, peito e perna de frangos de corte de 42 dias de idade, provenientes de matrizes pesadas alimentadas com fonte de Se inorgânica (selenito de sódio) e Se orgânica (selenometionina).....	63

Lista de Imagens

Imagem 1 – Galpão Matriz de corte	39
Imagem 2 - Inseminação das aves.....	40
Imagem 3 - Diluição do esperma.....	40
Imagem 4- Ovos para incubação	41
Imagem 5 - Determinação da mortalidade embrionária	41
Imagem 6 – Ovos incubação.....	42
Imagem 7 – Incubadora	42
Imagem 8 - Alojamento pintinhos	44
Imagem 9 - Box	44
Imagem 10 – Rendimento de carcaça.....	45

Lista de abreviaturas e símbolos

α – Alfa

β – Beta

°C – Graus Celsius

GPx – Glutathione Peroxidase

GSH – Glutathione reduzida

GSSG – Glutathione oxidada

Se – Selênio

ROS – Espécies Reativas de Oxigênio

RNS – Espécies Reativas de Nitrogênio

H₂O₂ – Peróxido de hidrogênio

ONOO⁻ – Peroxinitrito

ROOH – Peróxidos orgânicos

O₂⁻ – Superóxido

HO⁻ – Hidroxila

NO• – Óxido nítrico

N₂O₃ – Óxido nitroso

HNO₂ – Ácido nitroso

NO₂⁻ – Nitrito

NO₃⁻ – Nitrato

HO₂⁻ – Hidroperoxila

Sumário

1.	INTRODUÇÃO	15
2.	REVISÃO DE LITERATURA.....	17
2.1.	ALIMENTAÇÃO DE MATRIZES.....	17
2.2.	Se	18
2.2.1.	Metabolismo.....	19
2.2.2.	Fontes.....	21
2.2.3.	Se no solo	24
2.2.4.	Se nas plantas	24
2.2.5.	Na alimentação de aves	26
2.3.	RADICAIS LIVRES.....	27
2.3.1.	ROS.....	29
2.3.2.	RNS.....	30
2.4.	ESTRESSE OXIDATIVO	30
2.5.	GLUTATIONA PEROXIDASE (GPX)	32
2.5.1.	GPx x Se.....	33
3.	MATERIAIS E MÉTODOS	36
3.1.	LOCAL.....	36
3.2.	MATRIZES	36
3.2.1.	Delineamento experimental	36
3.2.2.	Dieta experimental.....	36
3.2.3.	Características do galpão	38
3.2.4.	Características analisadas.....	38
3.3	PROGÊNIE.....	41
3.3.1.	Delineamento experimental	41
3.3.2	Dieta experimental.....	42
3.3.3.	Características do galpão	43
3.3.4.	Características analisadas.....	44
3.4.	ANÁLISE ESTATÍSTICA	46
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	47
4.1.	FONTE DE Se PARA MATRIZES PESADAS	47
4.1.1.	Produção de ovo	47
4.1.2.	Composição de Se no ovo.....	49
4.1.3.	Fertilidade e embriodiagnóstico	51

4.1.4.	Qualidade dos ovos	54
4.2.	FONTES DE Se PARA FRANGOS DE CORTE.....	57
4.2.1.	Desempenho de frangos de corte.....	57
4.2.2.	Rendimento de carcaça	61
5.	CONCLUSÃO	64
6.	BIBLIOGRAFIA.....	65

1. Introdução

Uma das finalidades que se busca na nutrição de reprodutoras pesadas é a maximização da produção de ovos e do desempenho da progênie. Desta forma, os nutrientes transferidos para os ovos durante sua formação são de extrema importância no que diz respeito ao crescimento e desenvolvimento fisiológico do embrião (Favero, 2013). Além disto, a nutrição das matrizes pode influenciar na qualidade e no desempenho dos pintinhos, uma vez que, os nutrientes fornecidos podem ter função imunomoduladora, assumindo papel fundamental na transferência da imunidade passiva (Murakami et al., 2013).

Os minerais possuem grande número de funções metabólicas, sendo que, os macrominerais (enxofre, cálcio, fósforo, potássio, sódio, cloro e magnésio) estão associados a funções estruturais e fisiológicas, e os microminerais (ferro, zinco, cobre, manganês, níquel, cobalto, molibdênio, Se, cromo, iodo, flúor, estanho, sílica, vanádio e arsênico), em funções reprodutivas, de crescimento e de resposta imune (Kiefer, 2005).

Dentre os microminerais, destaca-se o Se que é um microelemento envolvido em processos metabólicos tais como resposta imune, reprodução e crescimento (Kiefer, 2005). Esse mineral é encontrado, na natureza, tanto na forma orgânica como inorgânica. Em alimentos vegetais e animais, como a castanha de caju e peixes, encontra-se na forma de selenometionina e selenocisteína, enquanto que em fontes inorgânicas apresentam-se nas formas de selenito, de selenato e de seleneto (Saad, 2009).

A principal fonte de Se na alimentação de aves de corte está na forma inorgânica, sendo o mais utilizado o selenito de sódio, porém este deve ser limitado devido a sua capacidade de intoxicação, uma vez que, proporciona baixa eficiência na transferência para os ovos, acarretando em reservas no organismo (Saad, 2009 & Surai, et al., 2000). No caso da forma orgânica, o Se possui maior biodisponibilidade devido a ação de absorção por carreadores intestinais de aminoácidos, evitando a competição com outros minerais e apresentando, assim, menores toxicidades (Schrauzer, 2000). Desta maneira, existe interesse crescente

em pesquisas relacionadas ao aumento da metabolização dos microelementos utilizando-se fontes orgânicas ou quelatadas destes minerais (Kiefer, 2005).

O Se é um dos nutrientes fundamentais nas dietas quando se trata de antioxidantes (Urso, 2012). Sua forma biológica é encontrada na enzima peroxidase (GPx) que atua como neutralizador dos radicais livres (Reis, 2009). Os radicais livres são átomos ou moléculas de um ou mais elétrons que não são pareados a sua órbita externa. Existem compostos reativos aos radicais livres que podem ser classificados como espécies reativas de oxigênio (ROS) e espécies reativas de nitrogênio (RNS), tais como o peróxido de hidrogênio (H_2O_2), peroxinitrito ($ONOO^-$), superóxido (O_2^-), hidroxila (HO^-), ânion nitroxila e catium nitrosonium. Estes compostos podem causar danos as células devido a oxidação de moléculas como as proteínas, o DNA, os lipídios e os carboidratos, podendo acarretar em estresse oxidativo (Urso, 2012). Este fenômeno é conhecido como o distúrbio entre o balanço pró-oxidativo com o antioxidativo, que favorece a oxidação e culmina em danos à membrana celular (Sies, 1985).

Pode-se dizer que o Se é um antioxidante natural, sendo este capaz de prevenir os efeitos causados pela oxidação, neutralizando radicais livres e/ou quelando íons metálicos. Dessa forma, protege organismos aeróbicos do estresse oxidativo. Os antioxidantes reduzem os efeitos dos radicais livres e, conseqüentemente, controlam o efeito do estresse oxidativo, ou seja, o balanço entre o pró-oxidativo com o antioxidativo (Rodrigues, et al., 2003 & Constantini, 2009).

Em reprodutoras pesadas, o estresse oxidativo está presente na estabilidade da membrana dos espermatozoides no oviduto, durante a postura, incubação dos ovos e aos primeiros dias de idade do pintinho. Com isso, é indicado na alimentação das matrizes a adição de alguns compostos antioxidantes ou precursores de enzimas antioxidantes, como por exemplo o Se. Dessa maneira, ocorrerá minimização da oxidação lipídica, protegendo as células da ação dos radicais livres (Urso, 2012).

Diante do exposto, se faz necessária a realização de pesquisas relacionadas à utilização de antioxidantes, como o Se, suplementado na dieta das reprodutoras de frango de corte e avaliando o seu desempenho produtivo bem como a qualidade da progênie subsequente.

2. Revisão de Literatura

2.1. Alimentação de matrizes

A rentabilidade na produção de frangos de corte está relacionada ao melhor desempenho obtido durante a produção. Uma das possibilidades de obter essa rentabilidade é manipulação alimentar adequada das matrizes, alternativa que pode melhorar o desempenho das aves e, conseqüentemente, aumentar a renda econômica. Além disto, a nutrição de qualidade pode melhorar a resposta imune da progênie (Araújo et al., 2012).

Apesar de serem selecionadas para alta produção de carne, as matrizes enfrentam o desafio de produzir com eficiência ovos para incubação. Fêmeas reprodutoras que possuem peso corporal ideal de acordo com sua linhagem atingem taxas elevadas de produção de ovos, uma vez que, garantem a disposição ordenada dos folículos e sincronia entre os processos de ovulação e ovoposição (Renema et al., 2007). Neste caso, a alimentação adequada pode ajudar a manter o peso corporal ideal e, conseqüentemente, melhorar a produtividade.

Sabe-se que as matrizes possuem a capacidade de transferir os nutrientes ingeridos da dieta para o embrião. O estado fisiológico e o peso do pintinho na eclosão estão diretamente relacionados à nutrição da reprodutora (Kenny, 2004). Spratt (1987) foram os pioneiros com estudos relacionados à transferência nutricional das matrizes para a progênie. Ao alimentar matrizes com duas concentrações de proteína (19 ou 25 g) e três concentrações de energia metabolizável (325, 385 ou 450 kcal), estes autores observaram o aumento da proteína e redução de gordura depositados na carcaça de matrizes pesadas.

Outros estudos avaliaram o efeito da nutrição das matrizes sobre o rendimento da progênie subsequente. Triywanta (1992) mostraram que ao fornecerem dieta com 0,1 de fósforo disponível para a matriz resultou no aumento da qualidade óssea de pintinhos de um dia de idade. Pappas, et al. (2005), ao alimentarem matrizes com ácidos graxos poliinsaturado e Se orgânico, observaram aumento de transferência do Se para o ovo, com maior deposição na gema. Paralelamente, acredita-se que o desenvolvimento do embrião pode acarretar em maior produção de radicais livres, e

as concentrações de Se encontradas no ovo podem ajudar na redução do estresse oxidativo, causado pelo excesso destes (Reis et al., 2009).

2.2. Se

O Se é um mineral essencial para aves (NRC, 1994). Foi descoberto em 1817 por Berzelius (Levander, 1986; Sunde, 1997) e, por muitos anos, pensou-se que este elemento era tóxico para os animais. Contudo, em 1957, o Se foi descrito na prevenção da necrose hepática em ratos (Schwarz, 1957), sendo estabelecido como nutriente essencial na nutrição. No entanto, deve-se levar em consideração uma margem estreita entre a toxidez e a exigência ideal deste microelemento (Gierus, 2007).

É considerado metaloide pertence ao grupo 16 da tabela periódica com número atômico 34 e massa atômica 78u. Está posicionado na tabela entre o enxofre e o telúrio, tendo por semelhanças as propriedades químicas e físicas. Apresenta quatro estados de oxidação encontrados na natureza (-2, 0, +4 e +6) e um estado não encontrado na natureza (+2) (Cavalcante, 2014).

O Se está envolvido em vários processos metabólicos e bioquímicos no organismo animal, como, por exemplo, na síntese dos aminoácidos que contém enxofre (Halpin, 1984). É geralmente encontrado em rações típicas brasileiras, produzidas a base de milho e farelo de soja, porém, podem não apresentar quantidades essenciais para suprir as necessidades fisiológicas do animal, sendo necessária a suplementação (Payne et al., 2005). Suas principais funções incluem a capacidade de ação antioxidante, participação no metabolismo da tireóide, proteção contra problemas causados pelos metais pesados e os xenobióticos, redução do risco de doenças crônicas e o aumento da resistência do sistema imunológico (Cominetti, 2009).

Como antioxidante, ele é incorporado na forma de selenocisteína. A selenoproteína é dividida em grupos, de acordo com sua localização e propriedades funcionais, em que, metade destes possuem características antioxidantes. A GPx é a mais conhecida e encontrada nos tecidos dos animais. A segunda maior classe, possui a capacidade de conversão da tiroxina (T4) em triiodotironina (T3) no metabolismo da tireóide (Cominetti, 2009).

No que diz respeito ao sistema imunológico, o Se influencia em respostas não específicas, humorais e celulares, a partir regulação da expressão de células T com alta afinidade por receptores de interleucina 2 e promoção de resposta aumentada destas células, prevenção de danos oxidativos em células do sistema imune, alteração da agregação plaquetária via redução da produção de tromboxanos em relação a leucotrienos. O Se também está relacionado com doenças não transmissíveis, como o câncer, doenças cardiovasculares e o diabetes *mellitus*, ajudando na prevenção destas (Cominetti, 2009).

2.2.1. Metabolismo

A absorção do Se ocorre de maneira mais eficaz em animais que apresentam menores intestino, intensivamente na porção intestinal final bem como o ceco e colón. Existem diferentes fatores que influenciam no metabolismo do Se, como por exemplo, a forma física da ração que interfere na absorção dos elementos nutricionais (National Academy Press, 1983). Todavia, o Se orgânico e inorgânico, são absorvidos de maneira diferente pelo organismo animal (Jacques, 2001).

Em relação as fontes inorgânicas, sabe-se que o selenito é absorvido no intestino por processo de difusão simples sem influência do sulfato, enquanto que o selenato, é absorvido no íleo por co-transporte de íons de sódio com interferência da competitividade com o sulfato (Jacques, 2001). Neste caso, o mineral é transportado para o plasma ligado as proteínas, como por exemplo a albumina. Além disto, os eritrócitos são essenciais para a absorção e redução do selenito para seleneto através da via da glutathione. O Se reduzido é novamente liberado no plasma e liga-se rapidamente as lipoproteínas de densidade muito baixa e de densidade baixa. Estima-se que 85% do mineral faz esta ligação em aproximadamente 4 a 6 horas, e 95% em 24 horas (Daniels, 1996).

As fontes orgânicas, precisamente a selenometionina, é absorvida no intestino delgado através do sistema de transporte de aminoácidos sódio dependentes, partilhando o mesmo mecanismo com a metionina. A fonte selenocisteína, apresenta a mesma forma de absorção que a selenometionina, todavia, sua ação é compartilhada com a cisteína, lisina e arginina (Jacques, 2001). Esta fonte é conhecida por apresentar melhor absorção em comparação com a fonte inorgânica, uma vez que, é absorvida como fonte de aminoácidos. Sua extensão de

incorporação vai depender da dosagem do aminoácido incluída na dieta. Ela é incorporada, principalmente, nas proteínas dos músculos esqueléticos, eritrócitos, pâncreas, fígado, estômago, rins e mucosa gastrintestinal (Schrauzer, 2001).

A selenometionina não utilizada para a síntese proteica é degradada pela via de transulfuração para selenocisteína. Posteriormente, é convertida em serina e seleneto no fígado. Ela não serve como fonte de enxofre, assim como a metionina, mas fornece as formas de Se bioativos necessários para a biossíntese da selenoproteína. Além disto, ela é considerada antioxidante celular capaz de reagir com peroxinitritos, formando óxido de selenometionina, que por sua vez, é novamente reduzida em selenometionina pelo ácido ascórbico (Schrauzer, 2001).

Embora os destinos metabólicos das fontes diferirem entre si, no processo de síntese das selenoproteínas, apresentam a mesma característica de conversão, em que, são convertidos em seleneto e/ou seleneto de hidrogênio (H_2Se) e incorporados à selenocisteína no local ativo das selenoproteínas (Jacques, 2001). A figura 1 representa a rota do metabolismo do Se nos animais.

Figura 1 - Rota metabólica do Se convertido em selenoproteína

Fonte: Adaptado de Jacques, 2001.

De acordo com Gierus (2007), as principais fontes na forma inorgânica do Se são o selenato (SeO_4^{-2}) e selenito (SeO_3^{-2}). No caso da forma orgânica, destacam-se a selenometionina e selenocisteína que são formas análogas aos aminoácidos sulfurados, ocupando o lugar do enxofre na estrutura molecular (Figura 3).

O Se está relacionado ao sistema antioxidante que ocorre no organismo do animal, uma vez que faz parte da enzima GPx. Nas situações em que se utiliza o selenito de sódio como fonte, sabe-se que este possui características pró-oxidantes e antioxidantes. No processo em que ocorre a reação com a GPx, quando a fonte é o selenito de sódio, ocorre a formação de H_2O_2 e consequentemente, formação de alguns radicais livres. Desta maneira, é aconselhado a administração de 0,1ppm a 0,2 ppm de selenito de sódio para evitar a capacidade de intoxicação (Gierus, 2007).

Por outro lado, quando se utiliza a selenometionina, diferentemente do que ocorre com selenito de sódio, não se observa estas características pró-oxidantes. (Júnior, 2008). Esta pode ser incorporada à proteínas no lugar da metionina, em que é facilmente utilizada pelo organismo animal, evita competição com outros minerais e possui baixo risco de toxidez.

Os benefícios do Se orgânico, mais precisamente a selenometionina, foram relatados por Pappas et al. (2005). Os autores observaram que, ao alimentar reprodutoras pesadas com ácidos graxos poli-insaturados e compostos orgânicos de Se (aumentado de 0,1 a 0,5mg/kg em cada tratamento), foi possível melhorar o desempenho produtivo, a fertilidade, a eclodibilidade dos ovos e reduzir a mortalidade embrionária, indicando, desta forma, a capacidade de substituição do selenito de sódio por selenometionina.

A selenometionina, pode ser comumente usada na alimentação de aves em geral, uma vez que pode ser armazenada no organismo animal (Costa et al., 2012). Juniper et al. (2011) analisaram a concentração de Se e GPx no músculo no sangue de perus com 84 dias de idade, alimentados com duas fontes de Se: a selenometionina (0,3 e 0,5mg Se/kg) em comparação com selenito de sódio (0,3mg Se/kg). Os resultados mostraram que com a inclusão de 0,5mg de selenometionina, as concentrações de Se e GPx no sangue e no músculo aumentaram significativamente.

Wang et al. (2009), alimentaram matrizes de 39 semanas de idade com 0,3 mg/kg de selenometionina na ração e obteve melhor resultado na eclodibilidade, além da redução na mortalidade embrionária e melhor desempenho da progênie. Por sua vez, Hanafy et al. (2009), ao analisarem a produção e qualidade dos ovos em matrizes alimentadas com níveis crescentes de Se orgânico (de 0 até 0,3 mg/kg de ração), observou aumento no peso do ovo, na resistência da casca e na qualidade do albúmen conforme o nível era aumentado.

Tabela 1 - Formas químicas do Se

Composto	Abreviatura	Forma química
Selenito	Se(IV)	SeO_4^{-2}
Selenato	Se (VI)	SeO_3^{-2}
Selenocisteína	SeCys	$\text{HOOCCH}(\text{NH}_2)\text{CH}_2\text{-Se-H}$
Selenometionina	SeMet	$\text{HOOCCH}(\text{NH}_2)\text{CH}_2\text{CH}_2\text{-Se-CH}_3$
Selenometilcisteína	SeCM	$\text{HOOCCH}(\text{NH}_2)\text{CH}_2\text{-Se-CH}_3$
Selenocistina		$\text{HOOCCH}(\text{NH}_2)\text{CH}_2\text{-Se-Se}$

Fonte: Adaptado de Cavalcante, 2014

Figura 3 - Estrutura molecular da metionina e da selenometionina mostrando a localização dos átomos de enxofre e Se

Fonte: Gierus, 2007.

2.2.3. Se no solo

O Se é um elemento encontrado em média numa concentração de 0,1 ppm na crosta terrestre. Todavia, os solos apresentam características diferentes e, por sua vez, concentrações que variam, em média, entre 0,1ppm e 2ppm. Derivados do cretáceo e rochas sedimentares contem concentrações ainda mais altas, variando de 1 a 10ppm. Alguns países, considerados semi-áridos, apresentam concentrações anormais e tóxicas de Se. Isto acontece devido a baixa precipitação evitando a remoção por drenagem do mineral e, conseqüentemente, causando o acúmulo nos solos (Sillanpää, 1972).

Este mineral encontra-se, especialmente, na forma aniônica de selenito e selenato, além da forma elementar e orgânica. O estado de oxidação do Se altera a mobilidade e retenção deste elemento. Quanto maior este estado, mais móvel e menos retido no solo ele será. O selenito tem maiores concentrações em solos de regiões com alta umidade e/ou solos ácidos. Por sua vez, em solos alcalinos e/ou secos, o selenito tende a oxidar e se transformar em selenato (Mouta et al., 2008).

Solos com pH muito ácido ou muito úmido apresentam concentrações de Se reduzidas, uma vez que formam complexos insolúveis de absorção com hidróxido de ferro (Fe^{+3}) e ocasionam na indisponibilidade do mineral, ou seja, o total de Se no solo não é considerado bom indicador da concentração de Se que será encontrado na planta (Jacques, 2001).

Faria (2009), analisou séries de levantamentos de dados sobre teores de Se em diferentes solos brasileiros e nas forragens de *Brachiaria decumbens*. Constatou-se que os solos avaliados apresentaram baixos teores de Se o que, conseqüentemente, comprometiam os teores de Se na forrageira, sendo considerados deficientes. Todavia, existem diferentes formas de absorção pelas plantas, as chamadas acumuladoras e não acumuladoras (Sillanpää, 1972).

2.2.4. Se nas plantas

A concentração de Se do solo pode refletir, consideravelmente, nas plantas. Em alguns casos, o teor do mineral é altamente elevado em algumas faixas do globo

terrestre que pode acarretar na intoxicação do animal que ingerir esta pastagem cultivada (Ferreira et al., 2002).

Diferenças consideráveis ocorrem durante a absorção na dependência da espécie vegetal. As plantas são divididas em três categorias com base na absorção de Se, as de tolerância limitada, que absorvem apenas pequenas quantidades de até 5ppm, as que absorvem quantidades moderadas de até 30ppm sem causar prejuízos para si e as acumuladoras de Se nos tecidos por absorver milhares de ppm. A maioria das gramíneas e vegetais se enquadram na primeira categoria, enquanto os cereais, na segunda (Sillanpää, 1972).

Existem diferenças de absorção entre plantas acumuladoras e não acumuladoras (figura 4). Em plantas não acumuladoras o selenito ou selenato do solo é reduzido em seleneto, convertido em selenocisteína e, posteriormente, em selenometionina (Jacques, 2001).

Com relação a absorção do mineral, o selenato tem maior absorção nas raízes em comparação ao selenito e, desta maneira, é a forma preferida no uso de fertilizantes. Todavia, durante a absorção, algumas séries de interferências podem ocorrer devido a semelhança entre o Se e o enxofre. O sulfato e o selenato competem pelos mesmos locais de captação nas raízes, o que inibe a captação do Se e, conseqüentemente, aumenta a absorção do sulfato (Jacques, 2001).

Ramos et al. (2011), ao avaliarem três concentrações de Se e duas fontes de Se (selenito e selenato) observou que os cultivares fertilizados com selenato obtiveram maior biofortificação de Se em comparação ao selenito, este que foi considerado tóxico pelo autor.

Faria (2009) ao aplicar doses de selenato em solos deficientes em Se com cultivo de gramíneas e leguminosas constatou que, a leguminosa obteve melhor capacidade de absorção do mineral em comparação as gramíneas, estas que não obtiveram teores satisfatórios de absorção. Com isso, a fertilização do solo com Se em pastagens consorciadas pode aumentar o consumo do mineral pelo animal.

Figura 4 - Absorção entre plantas acumuladoras e não acumuladoras

Fonte: Adaptado de Jacques, 2001.

2.2.5. Na alimentação de aves

Inicialmente, na alimentação animal, o Se era visto como mineral tóxico. Todavia, em 1973, Rotruck et al, relataram que o mineral ajudava no funcionamento da enzima GPx, que por sua vez, ajudava na redução dos radicais livres produzidos durante os processos metabólicos. Esse resultado foi constatado devido a ação conjunta entre o Se e a enzima. Foram analisados sangue de ratos com baixa concentração de Se, em que a hemoglobina foi retirada dos eritrócitos e incubada *in vitro* junto com a glutathione. Os autores observaram que a enzima não conseguiu proteger a hemoglobina da ação oxidativa durante as reações metabólicas devido à baixa concentração de Se contido.

Em 1975, Cantor et al., ao estudarem a biodisponibilidade do Se para a prevenção da diástase oxidativa em pintinhos, observaram que animais alimentados com selenito de sódio ou selenometionina, obtiveram aumento na proteção contra a doença. Isto ocorreu devido a correlação positiva entre a atividade da GPx e o mineral, indicando melhor capacidade da utilização do Se nos processos enzimáticos.

Este tipo de suplementação é muito utilizada para suprir as necessidades nutricionais das aves, porém, o uso indiscriminado pode acarretar em alterações metabólicas. Com isto, no ano de 2000, a Food and Drug Administration (FDA),

liberou o uso na forma orgânica, esta testada para avaliações importantes na produção de aves (Gomes et al., 2011). Dietas comerciais necessitam de suplementação de Se devido a variação da concentração encontrada nos alimentos e no solo. Suplementar seria a forma de proporcionar margem de segurança contra a deficiência e manter o desempenho produtivo do frango (Deniz, 2005).

O Se pode estar em todos os tecidos do corpo, considerado parte essencial de selenoproteínas que, por sua vez, estão em grande parte envolvidas no sistema antioxidante do corpo. Desta forma, ele é considerado importante para as aves por ajudar na manutenção da saúde animal e melhora na qualidade de carne. As concentrações de Se dietético acarretam na redução da conversão alimentar e aumento do empenamento. Para a qualidade de carne, o Se orgânico melhora o peso eviscerado da carcaça, o rendimento de peito e perda por gotejamento em comparação ao Se inorgânico (Choct et al., 2004).

A suplementação de Se para matrizes influencia diretamente na atividade da GPx sobre o embrião, o que resulta no aumento da eclodibilidade dos ovos. Leeson, et al., (2008) realizaram o experimento para avaliação da produção e qualidade de ovos. Este foi procedido com matrizes de frangos de corte alimentadas com três diferentes fontes de Se (selenito de sódio, levedura de Se e B-Traxim Se) e dois níveis (0.1 e 0.3 mg/kg). As aves alimentadas com o maior nível de Se, tiveram maior produção de ovos em comparação as demais, bem como a melhor fertilidade destes. Além disto, ele observou que as aves que receberam Se orgânico, apresentaram melhor qualidade dos ovos.

2.3. Radicais livres

Radicais livres são as moléculas orgânicas e inorgânicas e os átomos que possuem um ou mais elétrons não pareados em sua órbita. São consideradas moléculas altamente instáveis, com curta meia-vida e quimicamente reativas (Bianchi, 1999). São formados durante as reações de oxido-redução, cedendo elétrons que serão oxidados, mais precisamente nos processos de formação do $\text{NADP}^+/\text{NADPH}^+$ e da mieloperoxidase (Ferreira, 1997). Eles podem ser produzidos no citoplasma, nas mitocôndrias ou na membrana (Shami, 2004). Segundo Surai (2012), as células sofrem ataque constante dos radicais livres, que são formados a partir da atividade metabólica do sistema imune para a destruição de

microorganismos invasores. Cerca de 3-5% do oxigênio na célula é utilizado e reduzido a formação de radicais livres.

De maneira simplificada, o termo radical livre refere-se ao átomo ou molécula altamente reativa, que contém numeração ímpar de elétrons na última camada eletrônica. No processo de oxido-redução a maioria dos elétrons liberados são formados a partir do metabolismo do oxigênio e do nitrogênio. Essa derivação é chama de ROS, para os elétrons decorrentes do metabolismo do oxigênio, e RNS, para os elétrons decorrentes do metabolismo do nitrogênio (Ferreira, 1997).

As ROS e RNS, quando produzidas em excesso, podem causar danos na estrutura da membrana celular, em que, no caso de humanos, pode estar associado a doenças como o câncer, as doenças cardiovasculares, a aterosclerose, a hipertensão, a isquemia, o diabetes mellitus, as doenças neurodegenerativas (Alzheimer e Parkinson), a artrite reumatoide e o envelhecimento (Valko et al, 2007). O mesmo é confirmado por McCord (1985), que ao trabalhar com ROS e sua relação com lesões teciduais relatou que a disfunção induzida por radicais livres pode ser componente importante de doenças isquêmicas do coração, do intestino, do fígado, do rim e do cérebro.

No que se diz respeito as aves domésticas, a nutrição inicial tem sido importante foco de pesquisas. A ativação do sistema imunológico nas primeiras horas de vida implica na produção e liberação de altos níveis de ROS pelas células de defesa. Suplementar matrizes de frango de corte com antioxidantes, nas primeiras horas de vida, pode proporcionar melhor habilidade fisiológica perante a situações de estresse, protegendo as estruturas moleculares no desempenho inicial e nas fases posteriores. Além disto, o fornecimento destes podem atuar na proteção diária das membranas, favorecer o sistema de defesa da célula e reduzir os efeitos perante a produção exacerbada de ROS (Gonçalves, 2013).

O Se é componente da GPx, que reage com os H_2O_2 e os hidroperóxidos orgânicos livres, transformando estes em água mais álcool. Assim, com esta reação, ele pode atuar como antioxidante, reduzindo os radicais livres (Cominetti, 2009). Melhorias nas características físicas dos ovos quando administrado fonte de Se (selenito de sódio e zinco-L-selenometionina) associados a níveis de vitamina E (30

e 120 mg/kg) na ração de reprodutoras pesadas, foram encontradas por Urso (2012). Pappas et al. (2005), os quais verificaram melhora na qualidade do albúmen em ovos submetidos a estocagem quando as reprodutoras foram alimentadas com fontes orgânicas de Se, aumentado de 0,1 a 0,5mg/kg em cada tratamento.

Wang et al. (2011), trabalhando com reprodutoras pesadas e suas progênes, alimentadas com dietas basais suplementadas com 0,3 mg/kg de selenito de sódio ou 0,3mg/kg de selenometionina, observaram maior concentração de Se no albúmen e gema do ovo, bem como nos músculos, rins e fígado de pintinhos de um dia de vida, quando alimentadas com selenometionina. Segundo os autores, pintinhos de 1 dia de vida obtiveram melhor capacidade antioxidante, resultado obtido através da mobilização da GPx para a musculatura.

2.3.1. ROS

O oxigênio molecular (O_2), considerado birradical, ou seja, molécula com dois elétrons desemparelhados, só reage com moléculas de configuração eletrônica semelhante. Desta forma, como a maioria das moléculas não são birradicais, não ocorre a reação e evita que alvos celulares importantes sejam lesionados. Todavia, no processo de transferência de elétrons pode ocorrer a formação das ROS. Este termo é utilizado para a formação de radicais livres do oxigênio, além de radicais livres derivados destes, como o H_2O_2 , ácido hipocloroso (HClO), entre outros (Garcez et al., 2004).

As ROS são encontradas em todos os sistemas biológicos, formadas a partir da redução tetravalente do O_2 com aceitação de quatro elétrons, que resulta na formação de H_2O . As ROS mais conhecidas durante o processo de formação da molécula são os radicais O_2^- , hidroperoxila ($HO_2^\cdot$), OH e H_2O_2 (Ferreira, 1997).

Os O_2^- são gerados por diversos processos celulares durante o transporte de elétrons na mitocôndria e/ou pela redução monoeletrônica do O_2 . A $HO_2^\cdot$ é formada a partir da decomposição de peróxidos orgânicos ($ROOH$) e reações do carbono radicalar com oxigênio, um exemplo é a peroxidação lipídica. O radical OH é o mais reativo e lesivo conhecido, uma vez que, o organismo não dispõe dos mecanismos de defesa, reage com endobióticos e causam modificação no DNA, mais precisamente na quebra das fitas, além de causar danos nas proteínas, inativação

enzimática e peroxidação lipídica. Por fim, o H_2O_2 , considerado fraco agente oxidante e redutor, é formado a partir da dismutação do O_2^- , pela redução de dois elétrons da molécula de oxigênio e pela ação de enzimas oxidases (Vasconcelos et al., 2007).

2.3.2. RNS

Considerada espécie reativa produzida a partir do metabolismo do oxigênio, assim como as ROS, podem modificar funções celulares e/ou comprometer a sobrevivência celular (Silva, 2010). A partir da redução O_2 para a formação do O_2^- pode ocorrer reação com o radical livre óxido nítrico ($\text{NO}^\bullet$) e na formação de mais RNS e do ONOO^- (Barbosa et al., 2010).

As RNS, por serem altamente reativas no organismo, podem atacar os lipídios, as proteínas e o DNA. Algumas espécies podem ser consideradas mais ou menos reativas, não descarta a geração de espécies danosas. Dentre os RNS temos o $\text{NO}^\bullet$, óxido nítrico (N_2O_3), ácido nítrico (HNO_2), nitritos (NO_2^-), nitratos (NO_3^-) e ONOO^- (Barreiros et al., 2006).

O $\text{NO}^\bullet$ é sintetizado a partir da enzima óxido nítrico sintase (NOS). É um radical abundante que age em vários processos biológicos do organismo animal, inclusive no relaxamento muscular, neurotransmissão e regulação imune. A característica mais comum desta espécie é em reagir facilmente com O_2^- e produzir o ONOO^- . Este, que é considerado instável, de vida curta e oxidante potente, pode causar danos a muitas moléculas biológicas. Provocam a hidroxilação e nitratação dos compostos aromáticos (Vasconcelos et al., 2007).

2.4. Estresse Oxidativo

O organismo animal sofre ação constante das ROS e RNS. As principais ROS se dividem em dois grupos, os chamados radiculares, que são a $\text{HO}^\bullet$, O_2^- , peroxila ($\text{ROO}^\bullet$) e alcóxila ($\text{RO}^\bullet$), e os não radiculares, que são o oxigênio, peróxido de hidrogênio e ácido hipocloroso. Nas RNS encontram-se o $\text{NO}^\bullet$, N_2O_3 , HNO_2 , NO_2^- , NO_3^- e ONOO^- (Barreiros et al., 2006).

Estes compostos possuem importante função biológica e ajudam na eliminação dos agentes agressores, além de desempenhar papel no controle da pressão

sanguínea, sinalização celular, apoptose, fagocitose de agentes patogênicos, fertilização de ovos e no amadurecimento de frutos (Vasconcelos et al., 2007). Segundo Rocha (2010), a oxidação é importante para o metabolismo do animal, em que os nutrientes provenientes da ração são oxidados e geram calor, além da produção de energia para os processos metabólicos e transformação dos nutrientes em tecido corporal.

Quando produzidos em excesso, o organismo animal tem a capacidade de dispor de elementos antioxidantes que reduzem a produção destes compostos e geram equilíbrio entre o sistema pró-oxidante e antioxidante. Porém, quando ocorre o desequilíbrio, predominando o oxidante, acontece o chamado estresse oxidativo. Este, comprovadamente, tem interação com o envelhecimento celular, transformação e morte celular (Vasconcelos et al., 2007).

Segundo Sohal (1996), em condições fisiológicas normais, a utilização do oxigênio pelas células dos organismos aeróbicos gera ROS com potenciais deletérios. A quantidade deste dano oxidativo aumenta à medida que o organismo envelhece e é postulado como um dos principais fatores de senescência. Altas temperaturas também estão relacionadas ao aumento da produção do estresse oxidativo. Lin, et al. (2006), estudaram os possíveis danos oxidativos no plasma, no fígado e coração de frangos de corte submetidos a altas temperaturas (32°C por 6 horas). Os resultados sugeriram que a elevação da temperatura corporal induz a alterações metabólicas envolvidas na indução do estresse oxidativo, em que, o fígado é mais susceptível ao estresse por calor comparado aos demais.

Surai (2012) reporta algumas possibilidades relevantes as aves ao estresse durante a fase inicial de vida. Primeiramente, pode ocorrer na coleta dos ovos transferidos do ninho, ambiente de temperatura ideal, para a sala de armazenamento na granja, ambiente com temperatura mais baixa. O armazenamento dos ovos no incubatório também é considerado uma possibilidade devido a associação à peroxidação lipídica da membrana. Além disto, a temperatura, umidade e concentração de dióxido de carbono, durante a incubação, podem afetar o desenvolvimento embrionário, a oxidação e a fosforilação nos tecidos, levando à produção de radicais livres.

No 19º dia de desenvolvimento embrionário, os tecidos dos pintinhos são caracterizados por níveis comparativamente elevados de ácidos graxos poli-insaturados, em que, juntamente com a alta temperatura e umidade, podem acarretar no aumento da peroxidação lipídica. Além disto, o tempo de incubação, o atraso na no saque dos pintinhos do nascedouro, atraso da ingestão de alimento e água pós-nascimento e o transporte do incubatório para a granja podem acarretar no aumento do estresse oxidativo da ave (Surai, 2012).

2.5. Glutathiona peroxidase (GPx)

A GPx atua na prevenção de danos oxidativos dos tecidos através da redução dos hidroperóxidos ou H_2O_2 . Foi caracterizada pela primeira vez em 1957 como enzima eritrocitária que protege a hemoglobina dos danos oxidativos (Arai et al., 1994; Lubos, 2011). Esta redução ocorre a partir da a glutathiona reduzida (GSH), que atua como doador de elétron ($H_2O_2 + 2GSH \rightarrow GS-SG + 2H_2O$) (Margis et al., 2008). Ela está presente no organismo em duas formas, reduzida (GSH) e oxidada (GSSG), atuando na síntese de proteína e no metabolismo celular. (Junior et al., 2001).

É considerada enzima antioxidante capaz de proteger as células do organismo (Pigeolet et al., 1990). Segundo Viaro et al. (2001) ela é um tripeptídeo composto por glutamato, cisteína e glicina, que age na matriz do citosol e das mitocôndrias e participa de reações do corpo que incluem a desintoxicação do H_2O_2 e ROOH. Sua ação enzimática constitui em ciclo de modificações intermédias estáveis, ou seja, ela é modificada a cada ação ocorrida de forma estável e cíclica (figura 7). Quando reage com o peróxido ocorre a formação do ácido selenénico (Se-OH). Posteriormente, o Se-OH é reduzido pela GHS levando a formação do selenol glutathionato (Se-SG) intermediário. Novamente a ação da GSH permite a redução da ligação do Se-SG que resulta na restauração do sítio ativo com a formação da GSSG (Lubos, 2011).

Figura 5 - Mecanismo enzimático da GPx

Fonte: Lubos, 2011.

2.5.1. GPx x Se

A GPx é encontrada em duas formas: Se-dependente e Se-independente. A Se-dependente tem a capacidade de reduzir os H₂O₂ e alguns hidroperóxidos orgânicos. É considerada proteína tetramérica com átomo de Se em cada subunidade, na forma de selenocisteína. No caso da glutathiona Se-independente, é considerada proteína dimérica e tem a capacidade de reduzir qualquer hidroperóxido orgânico, com exceção do H₂O₂ (Punchard, 1996).

O Se é componente da GPx, que desenvolve papel importante no metabolismo oxidativo da célula. Alimentos que possuem em sua composição o elemento Se, são capazes de proteger as membranas celulares e seus conteúdos contra os danos oxidativos (Hoekstra, 1974).

Ao examinar o sistema GSH-GPx em frangos de corte e duas fontes de Se, orgânica (levedura) e inorgânica, Mahmoud (2003) observou o aumento na atividade

da GPx no sangue e fígado de animais alimentados com o mineral orgânico. O mais importante, segundo o autor, foi a capacidade de reduzir a glutathiona oxidada (GSSG a 2 GSH), esta que foi aumentada e facilitada a partir da manutenção da atividade da glutathiona redutase com alimentação orgânica. Da mesma forma, ao avaliar duas fontes de Se, orgânica (levedura) e inorgânica, com níveis de 0,3ppm, para frangos de corte, Yang, et al. (2012) observaram que a atividade da GPx aumentou quando a fonte orgânica foi suplementada. Os autores concluíram que os efeitos do Se orgânico sobre o aumento da resistência à oxidação corporal foram superiores aos do Se inorgânico.

Frangos de corte foram alimentados com dietas contendo duas fontes de Se, a primeira suplementada com levedura caracterizando a fonte orgânica, e a segunda com sódio selenito como fonte inorgânica. Os animais foram separados em três grupos, constituídos de grupo controle, grupo suplementado com 0,2 mg Se kg⁻¹ para orgânico e grupo suplementado com 0,2 mg Se kg⁻¹ para inorgânico. A atividade da GSH-Px no plasma e no fígado foi significativamente maior para os grupos tratados em comparação ao controle, todavia, as atividades no plasma foram maiores para a fonte orgânica em comparação com a inorgânica e controle (Wang, 2008).

O experimento coordenado por Harsini et al. (2012) foi conduzido para avaliar os efeitos da vitamina E, Se e a interação dos mesmos na estabilidade oxidativa do músculo esquelético de frangos de corte durante o estresse por calor. Os frangos foram criados em ambiente termoneutro (23,9°C constante) ou em estresse térmico (23,9°C a 37°C) e distribuídos em seis tratamentos dietéticos (0, 0,5 ou 1 mg/kg Se, 125 e 250 mg/Kg de vitamina E, ou 0,5 mg/kg de Se mais 125 mg / kg de vitamina E). No final do experimento, foram coletadas amostras de músculo corporal para a avaliação das atividades enzimáticas de GPx. Os animais que a associação entre vitamina e mineral apresentaram aumento significativo na atividade enzimática da GPx no músculo esquelético em comparação ao demais. Isto indica que a estabilidade oxidativa em frangos de corte sob estresse térmico são melhorados a partir da suplementação de vitamina E juntamente com Se.

Rossi et al. (2013), ao estudarem dietas com aflatoxinas e o efeito adsorvente do Se orgânico na alimentação de frangos de corte, observaram maior ganho de peso

em aves que possuíam, em sua alimentação, o elemento Se em comparação a dieta basal (somente com aflatoxina), bem como menor peso relativo do fígado, menos incidência de lesões macroscópicas na moela e proventrículo ($p < 0,05$).

Boiago (2006), avaliou o desempenho, rendimento de carcaça e características qualitativas da carne do peito do frango, alimentados com duas concentrações (0,3 mg/kg e 0,5 mg/kg), e duas fontes de Se (selenometionina e selenito de sódio) na dieta. O estudo mostrou que a mortalidade diminuiu com a suplementação do Se, independente da fonte utilizada. No caso da selenometionina, houve melhora significativa no desempenho dos frangos quando o nível de 0,5mg/kg foi utilizado. Além disto, a fonte orgânica reduziu a taxa de oxidação, diminuiu luminosidade e aumentou o pH da musculatura do peito.

3. Materiais e métodos

3.1. Local

Os experimentos foram desenvolvidos no Laboratório de Pesquisa em Aves do Departamento de Nutrição e Produção Animal da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da USP, no campus Fernando Costa em Pirassununga – SP.

3.2. Matrizes

3.2.1. Delineamento experimental

Com o objetivo de avaliar a suplementação de fontes orgânicas e inorgânicas para matrizes de frango de corte, 216 matrizes, da linhagem AP95 Aviagen, foram distribuídas em um delineamento inteiramente casualizado com dois tratamentos e 27 repetições de quatro aves cada, alimentadas com duas fontes de Se, orgânica e inorgânica, como representado na Tabela 2. O experimento teve início na 55^a semana e finalizou na 65^a semana de idade das aves.

Tabela 2 - Distribuição dos tratamentos experimentais das matrizes

Definição	Variáveis experimentais
Tratamento 1 – Fonte orgânica	0,2 ppm de selenometionina (0,0010% de inclusão)
Tratamento 2 – Fonte inorgânica	0,3 ppm de selenito de sódio (0,00067% de inclusão)

3.2.2. Dieta experimental

A ração fornecida, para cada repetição, foi pesada diariamente seguindo a recomendação do manual da linhagem em que, sua formulação permitiu que a ingestão diária de nutrientes fosse mesma entre os tratamentos atendendo as recomendações propostas por Rostagno et al. (2011) (Tabela 3). Os machos utilizados no projeto, para a inseminação artificial, foram mantidos no mesmo ambiente das matrizes, todavia, todos receberam uma mesma ração, uma vez que, o efeito macho não seria levado em consideração do presente estudo.

Cada tratamento recebia o equivalente de ração em gramas/ave/dia e alterava conforme a idade da ave, seguindo o manual de objetivos de desempenho da linhagem (Tabela 4). As aves eram alimentadas no período da manhã, mais precisamente, as 6:30.

Tabela 3 - Composição percentual da dieta basal para matrizes de frango de corte

Ingrediente	Inclusão percentual (%)
Farelo de milho	63,81
Farelo de soja	22,92
Farelo de trigo	3,12
Óleo	1,44
Fosfato bicálcico	1,06
Premix vitamínico¹	0,10
Premix mineral²	0,10
Sal	0,41
L - Lisina HCl (78,4%)	0,06
Calcário calcítico	6,98
Se³	0,00167
Total	100,00
Níveis calculados	
ME, kcal/kg	2.820
Ácido linoleico, %	2,20
Ca, %	3,20
Pd, %	0,45
Lis, %	0,77
AAS, %	0,59
Met, %	0,58
PB, %	26,50
Sódio, %	0,20
Ter, %	0,54
Val, %	0,67

¹Suplementado por kg ração: Vitamina A(min.) 9.000U.I./kg; Vitamina D3(min.)2.600U.I./kg; Vitamina E(min.)14 U.I./kg; Vitamina K3(min.)1,6 U.I./kg; Vitamina B1(min.) 2,2mg/kg; Vitamina B2(min.) 6mg/kg; Vitamina B6(min.)3mg/kg; Vitamina B12(min.)10mcg/kg; Ácido nicotídico(min.)0,03g/kg; Ácido pantotênico(min.) 0,005g/kg; Ácido fólico (min.) 0,6mg/kg; Biotina(min.)0,1mg/kg

²Suplementado por kg de ração: Zinco (min) 0,126g, Cobre (min) 0,0126g, Iodo (min) 2,52mg, Ferro (min) 0,105g, Manganês (min) 0,126g.

³Inclusão de 0,001 de selenometionina e 0,00067 de selenito de sódio

Tabela 4 - Programa alimentar matrizes a partir da 55ª semana de idade

Idade (semanas)	Ração (g/ave/dia)
55	162
56	161
57	161
58	161
59	160
60	160
61	160
62	159
63	159
64	159
65	158

Fonte: Tabela adaptada a partir do manual de Objetivos de Desempenho ROSS (308) AP (AP95), 2012.

3.2.3. Características do galpão

O galpão possuía box de alojamento com capacidade para quatro aves cada, contendo um comedouro tipo calha, bebedouro tipo “nipple”, um ninho e cama tipo maravalha. O galpão era em um semi “dark house”, com pressão negativa havendo dois exaustores dispostos nas laterais do galpão e dois painéis evaporativos na extremidade oposta do mesmo. Para o gerenciamento de temperatura, pressão e umidade, o galpão possuía um painel de controle.

Imagem 1 – Galpão Matriz de corte
Fonte: Zorzetto, P.S. (2015)

3.2.4. Características analisadas

Os parâmetros avaliados para as matrizes foram a produção diária de ovos (%/ave/dia), concentração de Se nos ovos, qualidade interna e externa dos ovos, fertilidade e mortalidade embrionária (inicial, intermediária e final).

No que se diz respeito ao desempenho, a produção de ovos de cada repetição foi anotada diariamente. Estes dados foram distribuídos em dois ciclos de 28 dias cada, sendo determinado uma média durante o período.

Para a concentração de Se nos ovos, um ovo por repetição foi coletado ao final do primeiro ciclo de produção. As gemas foram separadas da clara foram liofilizadas para a realização da análise. Para a determinação do Se foi utilizado o teste colorimétrico com metodologia descrita por Cavalcante et al. (2012).

A qualidade de ovos foi analisada ao final dos dois ciclos de 28 dias, em que, dois ovos por repetição foram coletados e os características estudados foram o peso do ovo, a resistência a quebra e espessura da casca e unidade Haugh. Para a obtenção destes dados foi utilizado o aparelho Digital Egg Tester (DET-6000).

Na 65^a semana de idade, as aves foram inseminadas utilizando-se “pools” de sêmen que foram agrupados de cada três galos. Para isto, foram utilizadas alíquotas

(50 μ l) de sêmen fresco com concentração final de 200 milhões de sptz/fêmea por dose inseminante.

A inseminação foi repetida três dias após o primeiro procedimento, para garantir melhor fertilidade dos ovos, uma vez que a idade das galinhas era superior a 60 semanas. Os ovos foram coletados a partir do terceiro dia, após a primeira inseminação, até o décimo dia, e posteriormente armazenados em sala climatizada (18°C) até o momento que antecedeu a incubação.

Imagem 2 - Inseminação das aves
Fonte: Zorzetto, P.S. (2015)

Imagem 3 - Diluição do esperma
Fonte: Zorzetto, P.S. (2015)

Antes de serem colocados na incubadora, os ovos ficaram em uma sala de espera, à temperatura ambiente, para prevenção da morte embrionária pela diferença de temperatura entre a câmara fria e a incubadora. No 18º dia de incubação, foi feita a transferência dos ovos para caixas de nascimento. No 21º dia, as aves eclodidas foram contadas, selecionadas e pesadas. Todos os ovos incubáveis que estavam trincados antes da incubação ou na transferência, foram eliminados.

Os ovos não eclodidos foram avaliados para identificação de mortalidade inicial (1 a 7 dias), mortalidade intermediária (8 a 14 dias) e mortalidade final (15 a 21 dias). Além disto, foram avaliadas a fertilidade (%), calculada pela divisão entre o número de ovos férteis e o número de ovos incubados.

Imagem 4- Ovos para incubação
Fonte: Zorzetto, P.S. (2015)

Imagem 5 - Determinação da mortalidade embrionária
Fonte: Zorzetto, P.S. (2016)

3.3 Progênie

3.3.1. Delineamento experimental

Foram utilizados 520 pintainhos mistos, provenientes das matrizes, em delineamento inteiramente casualizado, esquema fatorial 2 x 2 (duas fontes de Se na dieta da matriz e duas fontes de Se na dieta da progênie) totalizando quatro tratamentos com 13 repetições de 10 aves cada (Tabela 5).

Os pintinhos foram retirados da incubadora, pesados e distribuídos entre os tratamentos. Antes da distribuição, foi feita uma média do peso das aves para evitar desuniformidade do lote.

Tabela 5 - Distribuição dos tratamentos experimentais da progênie

Definição	Dieta da matriz	Dieta da progênie
Tratamento 1	Selenito de sódio	Selenito de sódio
Tratamento 2	Selenito de sódio	Selenometionina
Tratamento 3	Selenometionina	Selenito de sódio
Tratamento 4	Selenometionina	Selenometionina

Imagem 6 – Ovos incubação
Fonte: Zorzetto, P.S. (2015)

Imagem 7 – Incubadora
Fonte: Zorzetto, P.S. (2015)

3.3.2 Dieta experimental

O programa de alimentação adotado foi o de três fases: inicial (1 a 21 dias), crescimento (21 a 35 dias) e final (35 a 42 dias). As dietas foram a base de milho e farelo de soja e foram formuladas para atender os níveis nutricionais propostos por Rostagno et al. (2011), com água e alimentação foi à vontade (Tabela 6). A ração era pesada conforme a necessidade do box para gerenciamento do consumo e a cada troca de fase era retirada a sobra e distribuída a nova ração.

Tabela 6 - Composição percentual da dieta basal inicial, crescimento e final para frangos de corte

Ingrediente	Inicial	Crescimento	Final
Farelo de milho	61,79	63,98	67,62
Farelo de soja	33,24	31,12	27,39
Fosfato bicálcico	1,69	1,39	1,16
Óleo	1,00	1,46	1,88
Calcário Calcítico	0,90	0,82	0,77
Sal	0,44	0,42	0,40
L - Lisina HCl (78,4%)	0,33	0,27	0,28
DL-Metionina (99%)	0,31	0,27	0,24
Premix vitamínico¹	0,05	0,05	0,05
Premix mineral²	0,10	0,10	0,10
Treonina	0,11	0,08	0,07
Coccidiostático	0,04	0,042	0,042
Se tratamento³	0,0016	0,0016	0,0016
Total	100,00	100,00	100,00
Níveis calculados			
EM kcal/kg	2.986	3.050	3.125
PB, %	21	20,15	18,75
Ca, %	0,89	0,776	0,685
Pd, %	0,425	0,367	0,32
AAS, %	0,88	0,817	0,762
Lis, %	1,22	1,126	1,044
Ter, %	0,79	0,723	0,679
Na, %	0,214	0,205	0,198

¹Suplementado por kg de ração: Vitamina A(min.) 6.000U.I./kg; Vitamina D3(min.)2.000U.I./kg; Vitamina E(min.)10U.I./kg; Vitamina K3(min.)1,6U.I./kg; Vitamina B1(min.) 1,4mg/kg; Vitamina B2(min.) 4mg/kg; Vitamina B6(min.)2mg/kg; Vitamina B12(min.)10mcg/kg; Niacina(min.)0,03g/kg; Ácido pantotênico(min.) 0,011g/kg; Ácido fólico (min.) 0,6mg/kg.

²Suplementado por kg de ração: Zinco (min) 0,126g, Cobre (min) 0,0126g, Iodo (min) 2,52mg, Ferro (min) 0,105g, Manganês (min) 0,126g.

³Inclusão de 0,0024 de selenometionina e 0,00161 de selenito de sódio

3.3.3. Características do galpão

As aves foram alojadas em galpão experimental totalmente climatizado com sistema de pressão negativa, contendo dois nebulizadores e dois exaustores. O sistema era totalmente automatizado com painel de controle para acompanhamento de temperatura e pressão. Diariamente a temperatura e a umidade relativa do ar do galpão eram registradas.

O galpão tinha como cama a casca de arroz e era equipado com comedouros tubulares e bebedouros tipo “nipple”. O controle do aquecimento no período inicial das aves foi realizado ajuda de um aquecedor a gás (para todo o ambiente) de acordo com a necessidade das aves. O programa de luz adotado foi o preconizado pelo manual da linhagem.

3.3.4. Características analisadas

As características estudadas no experimento com a progênie foram o desempenho e a avaliação do rendimento de carcaça.

O ganho de peso (g), consumo de ração (g) e a conversão alimentar (g/g) foram avaliados aos 7, 21 e 42 dias de idade como características de desempenho e a mortalidade foi registrada diariamente. O cálculo utilizado para o ganho de peso é atribuído a partir da diferença entre o peso médio das aves final com o peso médio das aves inicial, de cada período avaliado. O consumo de ração se obtém a partir da diferença do fornecimento em quilos de ração e o peso da sobra resultante no comedouro para cada período avaliado. No que se diz respeito a conversão alimentar, é adquirida a partir da divisão entre o consumo de ração e o ganho de peso em cada período avaliado.

Imagem 8 - Alojamento pintinhos
Fonte: Zorzetto, P.S. (2016)

Imagem 9 - Box
Fonte: Zorzetto, P.S. (2016)

Aos 42 dias de idade foram selecionadas duas aves de cada repetição, totalizando 104 aves, mais precisamente, 52 de cada tratamento. Elas foram identificadas com anilhas, pesadas individualmente e dispostas à jejum de oito horas para o esvaziamento do trato gastrointestinal.

O abate foi realizado no abatedouro da prefeitura do campus Fernando Costa, em Pirassununga, da Universidade São Paulo. As aves foram abatidas seguindo a rotina convencional do abatedouro. Foi feita a insensibilização por meio da eletronarcose e na sequência procedeu-se a sangria dos animais. Posteriormente procedeu-se a escaldagem, depenagem e evisceração. Para a realização da desossa, as carcaças foram resfriadas em “chiller”.

Após estes procedimentos, foi realizado a pesagem da carcaça fria, sem cabeça, pescoço e pés e, em seguida, a realização dos cortes para o rendimento de peito e pernas. Para a avaliação do rendimento de carcaça, considerou-se o peso da carcaça eviscerada, sem cabeça, pescoço e pés, em relação ao peso vivo da ave após o jejum, antes do abate. Na determinação do rendimento de carcaça, foi considerado o peso da carcaça eviscerada (sem cabeça, pescoço e pés) em relação ao peso vivo da ave após o jejum, antes do abate. Foi realizado, também, a relação percentual do peso do peito (desossado e sem pele) e pernas (coxa e sobrecoxa) em relação à carcaça eviscerada sem cabeça, pescoço e pés.

Imagem 10 - Rendimento de carcaça
Fonte: Zorzetto, P.S. (2016)

3.4. Análise estatística

Para a análise dos resultados entre as fontes de Se suplementados para matrizes e progênie, bem como a interação entre matriz/progênie, os dados foram submetidos a análise de variância em que, ocorrendo diferenças significativas, ao nível de 5% de significância, foi aplicado o teste de comparação de médias Tukey. As análises foram efetuadas pelo programa “Statistical Analysis System” (SAS 2011).

4 Resultados e discussão

4.1. Fonte de Se para matrizes pesadas

4.1.1. Produção de ovo

A Tabela 7 representa os dois ciclos de 28 dias analisados para produção de ovos das matrizes pesadas. No primeiro ciclo, entre 56 a 60 semanas de idade, as aves apresentaram, como observado, melhora significativa ($P<0,05$) para produção de ovos quando o Se orgânico foi suplementado na dieta em comparação ao Se inorgânico.

Além disto, o segundo ciclo de 28 dias, entre 61 a 65 semanas, obteve resultados semelhantes ao ciclo anterior (Tabela 7). Como observado, houve melhora significativa ($P<0,05$) para produção de ovos quando administrado fonte de Se orgânico na dieta em comparação a fonte inorgânica. Estes resultados podem ter ocorrido devido a maior biodisponibilidade do Se, aumentando características produtivas do animal, bem como características físicas e biológicas.

Durante o desenvolvimento embrionário, matrizes pesadas passam pela etapa que mais exige a ação dos antioxidantes, uma vez que se eleva a produção de ácidos graxos poli-insaturados como fonte energética do embrião (Bautista et al., 2009). O fornecimento de antioxidantes na dieta aumenta a capacidade antioxidante dos animais, em que, o Se está entre os principais antioxidantes estudados para reprodutoras (Surai, 2006).

Reis et al. (2009), ao analisarem poedeiras comerciais suplementadas com duas fontes de Se, orgânico (Zn-l-Se-metionina) e inorgânico (selenito de sódio), em dois níveis de concentração para cada (0,15% e 0,30%), observaram aumento significativo para produção de ovos quando as aves foram alimentadas com 0,30% de Se orgânico no primeiro ciclo produtivo. Este resultado se assemelha ao encontrado no presente estudo, em que observou-se aumento significativo na produção de ovos de matrizes suplementadas com Se orgânico em comparação ao inorgânico.

Da mesma forma, Sahin et al. (2008), ao observarem codornas submetidas a estresse calórico, mais precisamente a 34°C durante 8 horas, e suplementadas com duas fontes de Se, inorgânica (selenito de sódio) e orgânica (selenometionina) em níveis de 0,15mg e 0,30mg para cada fonte, constataram que houve uma diminuição da produção de ovos com o aumento da temperatura, todavia, aves alimentadas com fontes de Se, obtiveram melhores resultados em comparação ao grupo controle (sem administração de Se), e observaram que aves que receberam a fonte orgânica, apresentaram melhores resultados de produção de ovos em comparação a dieta inorgânica e controle.

No que se diz respeito a matrizes pesadas, assim como no presente estudo, benefícios do Se orgânico, mais precisamente a selenometionina, foram relatados por Pappas et al. (2005). Os autores relataram que a selenometionina pode substituir o selenito de sódio. Esses resultados foram obtidos através da alimentação de reprodutoras pesadas com ácidos graxos poli-insaturados e compostos orgânicos de Se (aumentado de 0,1 a 0,5mg/kg a cada tratamento) e foi possível melhorar o desempenho produtivo destes animais.

Todavia, Payne et al. (2005), não observaram diferença significativa na produção de ovos ao alimentar galinhas poedeiras com fonte orgânica e inorgânica de Se, suplementados com níveis de 0ppm, 0,15ppm, 0,30ppm, 0,6ppm ou 3,00ppm. No entanto, os autores verificaram que a concentração do mineral no ovo aumentou conforme os níveis suplementados, sendo que, ovos de galinhas alimentadas com fonte orgânica, apresentaram maiores concentrações deste elemento em comparação ao Se inorgânico.

Tabela 7 - Produção de ovos de matrizes pesadas alimentadas com fonte de Se inorgânica (selenito de sódio) e Se orgânica (selenometionina) em dois ciclos produtivos

Tratamentos	Ciclos	
	56 a 60 semanas	61 a 65 semanas
Se orgânico	62,83 ^a	55,94 ^a
Se inorgânico	57,13 ^b	50,43 ^b
SEM¹	1,39	1,38
P valor	0,038	0,044

¹ Erro padrão da média

Letras diferentes (a, b) na mesma coluna diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey ($P < 0,05$)

4.1.2. Composição de Se no ovo

A Tabela 8 apresenta a concentração de Se nos ovos das matrizes pesadas. A concentração do mineral na clara foi maior ($P < 0,05$) para a fonte orgânica em comparação a inorgânica. Isto pode ter ocorrido devido a capacidade da selenometionina em seguir a mesma rota de absorção da metionina (aminoácido apolar que compõe as proteínas) e, apesar do fato da clara possuir água, proteínas e algumas frações de gordura, ela é considerada essencialmente proteica, (FAO, 2010).

No que se diz respeito a gema do ovo, esta não foi observada diferença significativa na concentração do mineral independente da fonte de Se utilizada (Tabela 8). Embora a gema apresente proteína em sua composição, ela não é considerada essencialmente proteica. Isto porque, em sua maior parte, ela é representada por 2/3 de lipídio, além de vitaminas, minerais e água (Closa et al., 1999).

Estes resultados discordam dos encontrados por Scheideler et al. (2010) que, ao investigarem o efeito da alimentação com níveis de antioxidantes de dl- α -tocoferol e Se (duas fontes, inorgânicas ou orgânicas) observaram maior teor de Se na gema com a suplementação dietética e foi depositado mais eficientemente ao alimentar as aves com a fonte orgânica. Os níveis utilizados pelos os autores foram 0,55 ou 0,75 ppm para as fontes de Se e 50, 100 ou 150 UI / kg de dieta para dl- α -tocoferol. Isto pode ter ocorrido devido a concentração utilizada no presente estudo. O trabalho citado utilizou concentrações de 0,55 ou 0,75 ppm para as fontes de Se, em contrapartida, o presente estudo utilizou 0,2 e 0,3 ppm da concentração de Se para a fonte orgânica e inorgânica, respectivamente.

Ao observar a composição total de Se no ovo, observou-se diferença significativa entre as fontes avaliadas (Tabela 8), em que, o Se orgânico proporcionou maior concentração no ovo em comparação ao Se inorgânico, garantindo a melhora da transferência deste mineral para o ovo. Este resultado pode influenciar diretamente no desenvolvimento do pintinho. Além disto, ressalta-se o

fato de que o selenito de sódio é convertido em selenocisteína no fígado antes da deposição no ovo, logo, ele se encontraria em menor concentração em comparação a selenometionina (Payne et al., 2005).

Alguns autores têm mostrado que a suplementação de Se na alimentação pode influenciar nos parâmetros de qualidade e produtividade de ovos, bem como a capacidade de deposição de Se nos ovos (Gjorgovska, et al., 2012). Ao investigar o efeito da suplementação de 0,30mg da fonte orgânica (selenometionina) e 0,30mg da inorgânica (selenito de sódio) para matrizes de frango de corte e o efeito sobre a progênie, Wang et al. (2011), concluíram que a suplementação de selenometionina materna aumentou a taxa de deposição do Se no ovo, mais precisamente na gema e no albúmen, em comparação ao selenito de sódio.

Da mesma forma, matrizes suplementadas com fontes orgânicas e inorgânicas de Se, nas doses de 0,15 mg/kg ou 0,30 mg/kg de selenito de sódio, levedura enriquecida com Se ou selenometionina, foram estudadas com intuito de analisar características produtivas e de qualidade dos ovos e o impacto sobre a progênie. A gema e o albúmen dos tratamentos com selenometionina apresentaram maiores concentrações de Se em comparação ao demais tratamentos (Yuan et al., 2011).

Semelhante ao estudo proposto, Reis et al. (2009), avaliaram os efeitos das fontes e níveis de Se em dietas de matrizes sobre a produção de ovos e concentração de Se nos ovos. No experimento estudou-se duas fontes de Se, orgânica (Zn-I-Se-metionina) e inorgânica (selenito de sódio), em dois níveis de concentração para cada (0,15% e 0,30%). A concentração de Se no ovo foi maior para ambas as fontes no segundo período. Os autores observaram aumento na concentração do mineral nos ovos a medida que se elevou a suplementação da fonte inorgânica.

Da mesma forma, Surai et al. (2006), ao estudarem o efeito nos ovos e no nascimento da progênie de codornas alimentadas de 0,2mg/kg de sódio selenito e 0,5mg/kg de selenoproteína. A inclusão do Se orgânico na dieta de matrizes de codornas foi associada ao aumento significativo na concentração de Se nos ovos.

O aumento da concentração de Se nos ovos está associado ao aumento de Se para a progênie. Desta maneira, além de se observar o aumento da produtividade da

matriz, destaca-se também o efeito futuro, ou seja, a melhoria da qualidade da progênie.

Tabela 8 - Concentração de Se em ovos de matrizes pesadas alimentadas com fonte de Se inorgânica (selenito de sódio) e orgânica (selenometionina)

Tratamentos	Clara	Gema	Total
Se orgânico	1,182 ^a	438	1,620 ^a
Se inorgânico	358 ^b	516	874 ^b
SEM¹	108	19	98
P valor	<0,001	0,300	<0,001

¹ Erro padrão da média

Letras diferentes (a, b) na mesma coluna diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey (P<0,05)

4.1.3. Fertilidade e embriodiagnóstico

A Tabela 9 apresenta os dados de fertilidade e incubação dos ovos das matrizes, bem como a mortalidade dos ovos incubados. Nota-se que não houve diferença significativa para estas características independentemente da fonte de Se utilizada.

Leeson, et al. (2008), à semelhança do que ocorreu no presente estudo, não observaram diferença significativa para fertilidade ao analisar três fontes (selenito de sódio, Se em levedura e B-Traxim) e dois níveis de Se (0,1 e 0,3mg/kg). Os mesmos resultados foram encontrados por Renema (2004) não observando diferença entre as fontes para fertilidade ao alimentar matrizes com 0,3ppm de selenito de sódio, 0,3ppm de selenometionina e ausência da fonte.

Apesar da fonte de Se orgânica apresentar melhor biodisponibilidade, ambas são convertidas em selenoproteínas capazes de participar na defesa antioxidante da célula. As selenoproteínas influenciam diretamente na atividade da GPx aumentando a fertilidade da ave alimentada com Se.

Desta maneira, os resultados obtidos neste estudo mostraram que, independente da fonte utilizada, ambas foram capazes de melhorar a taxa de fertilidade das matrizes com 65 semanas. Com o passar da idade, o mecanismo enzimático de proteção antioxidante do espermatozoide no oviduto da ave diminui, e as aves podem apresentar baixa na fertilidade dos ovos (Rocha, et al., 2011).

Similar ao estudo de Renema (2004), matrizes alimentadas com selenometionina (0,3mg Se/kg), selenito de sódio (0,3mg Se/kg) e controle (sem aplicação de fontes de Se), não obtiveram diferenças entre as fontes estudadas, todavia, apresentou uma melhora na fertilidade em comparação à ausência de fonte administrada. Com isso, foi observado que a utilização da fonte, independentemente de ser orgânica ou inorgânica, apresentam uma melhora na fertilidade das aves, ressaltando a importância da suplementação do Se.

No que se diz respeito aos dados de mortalidade embrionária, bem como os ovos bicados e contaminados, não houve diferença significativa entre as fontes estudadas. Estes resultados concordam com os achados de Renema (2004) que, ao avaliar a mortalidade embrionária das aves, não obtiveram diferenças entre as fontes de Se estudadas.

Os tecidos embrionários são ricos em ácidos graxos poliinsaturados de cadeias longas, o que ocasiona o aumento da peroxidação lipídica. Neste caso a suplementação com Se é considerada uma das principais medidas antioxidante (Surai, 2002). Entretanto, o efeito benéfico do mineral orgânico, proporcionando menor mortalidade embrionária, não foi observado, sendo que, não foi encontrada uma resposta para este resultado.

Tabela 9 - Fertilidade e incubação de ovos de matrizes alimentadas com fonte de Se orgânica e inorgânica

Tratamentos	Fertilidade	Mortalidade			Bicados	Contaminados
		Inicial	Intermediária	Final		
Se orgânico	94,10	6,15	0,00	3,59	2,12	0,143
Se inorgânico	91,67	6,54	0,00	6,07	1,09	0,626
SEM¹	6,61	5,84	0,00	5,61	2,80	1,30
P valor	0,193	0,811	0,00	0,112	0,191	0,196

¹ Erro padrão da média

Letras diferentes (a, b) na mesma coluna diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey ($P < 0,05$)

4.1.4. Qualidade dos ovos

Ao avaliar a qualidade de ovos (Tabela 10), o presente estudo não observou diferenças significativas para altura de albúmen, unidade Haugh e espessura de casca.

O fato de não ter sido observado efeito da fonte de Se utilizada sobre as características de qualidade interna e externa dos ovos pode ter acontecido devido a biodisponibilidade da selenometionina ter sido semelhante a melhor disponibilidade da selenocisteína proveniente do selenito de sódio.

Segundo Payne et al. (2005), ao estudarem duas fontes de Se, orgânica e inorgânica, e três diferentes níveis, 0,15, 0,30 e 0,6ppm, observaram que fonte inorgânica proporcionou melhor qualidade de albúmen, ou seja, maior unidade Haugh em comparação a fonte orgânica. Segundo os autores este resultado tem uma explicação lógica levando-se em consideração o local do metabolismo da fonte. Os autores relatam que a conversão da fonte inorgânica em selenocisteína pode ocorrer antes da deposição no ovo, uma vez que, o selenito de sódio é metabolizado no fígado da ave, local no qual a proteína da gema é sintetizada e será depositada nos ovos. Ou seja, o selenito de sódio é convertido em selenocisteína antes da deposição dos ovos, logo, a selenocisteína pode estar mais propriamente disponível para a GPx.

Outro fato que deve ser destacado, em se tratando de qualidade dos ovos, seria a idade das aves. Em idade mais avançada, tem-se alteração nas características da qualidade do ovo tais como diminuição da unidade Haugh bem como da espessura e resistência da casca.

Neste sentido, Menezes, et al. (2012) ao estudarem a influência da idade de poedeiras (35, 40, 45 e 50 semanas) em relação à altura de albúmen e unidade Haugh, observaram piores resultados em aves mais velhas. Com 35 semanas, as aves apresentaram altura de albúmen de 5,836mm enquanto que com 50 semanas houve redução para 4,487mm. O mesmo ocorreu com a unidade Haugh, em que, observaram os valores de 83,218 para 35 semanas e 74,487 para 50 semanas.

Resultados semelhantes foram encontrados por Ramos, et al. (2010) que, ao estudar poedeiras entre 24, 55 e 107 semanas de idade, observaram uma queda na unidade Haugh e altura de albúmen em aves mais velhas. Em seus resultados, aves com 55 semanas de idade apresentaram 4,84mm e 60,45 de altura de albúmen e unidade Haugh respectivamente.

O presente estudo avaliou matrizes de frangos de corte entre 60 e 65 semanas de idade e obteve resultados de altura de albúmen melhores que os encontrados pelos autores citados anteriormente. Este resultado pode estar relacionado com a suplementação do Se na dieta, uma vez que, este mineral tem papel importante na qualidade de ovos.

No que se diz respeito ao peso do ovo, houve diferença significativa entre as fontes estudadas (Tabela 10), em que, o peso dos ovos de matrizes alimentadas com a fonte inorgânica de Se foi maior quando comparado a orgânica.

Segundo Tanure (2008), à medida que a ave envelhece, a postura se torna mais intervalada, aumentando a frequência de ovulações. Esta taxa de redução de ovoposição é acompanhada com o aumento do peso do ovo, visto que a mesma quantidade de gema da síntese é depositada em um número menor de folículos e consequentemente, em maior peso.

Todavia, o aumento do peso do ovo não significa uma melhora na qualidade interna. Com o passar da idade das aves a resistência a quebra torna-se mais frágil devido a maior distribuição do cálcio no ovo relacionado à maior superfície. Portanto, esse aumento do peso pode acarretar em ovos de casca frágeis e quebradiços (Ramos et al., 2010).

A Tabela 10 mostra que a resistência a quebra dos ovos foi estatisticamente superior para as aves alimentadas com a fonte orgânica de Se em comparação a fonte inorgânica. Isto comprova a relação entre o peso do ovo e resistência a quebra. Neste caso, a fonte orgânica proporcionou melhores resultados quando comparada com a inorgânica para esta característica. Mesmo sabendo que é inevitável o aumento do peso do ovo com o passar da idade das aves, a fonte orgânica ao proporcionar menor peso do ovo permitiu o aumento da resistência a quebra da casca, uma vez que são fatores correlacionados.

Tabela 10 - Qualidade de ovos de matrizes alimentadas com fonte de Se orgânica e inorgânica

Tratamentos	Peso do ovo	Altura albúmen (mm)	Unidade Haugh	Resistência à quebra	Espessura da casca
Se orgânico	70,71 ^b	5,73	69,63	3,52 ^a	0,416
Se inorgânico	72,63 ^a	5,92	70,35	3,28 ^b	0,409
SEM¹	0,32	0,07	0,62	0,05	0,002
P valor	<0,001	0,171	0,565	0,007	0,152

¹ Erro padrão da média

Letras diferentes (a, b) na mesma coluna diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey ($P < 0,05$)

4.2. Fontes de Se para frangos de corte

4.2.1. Desempenho de frangos de corte

Não houve interação entre a suplementação de Se na dieta maternal e dieta da progênie ($p \leq 0,05$) sobre as características de desempenho avaliadas durante o período de 1 a 7 dias de idade (Tabela 11). Além disto, não houve efeito isolado da dieta matriz ($p \leq 0,05$) nesta mesma fase (Tabela 11). Resultados semelhantes foram encontrados por Wang et al. (2011) que, ao avaliarem frangos de cortes provenientes de matrizes suplementadas com duas fontes de Se, inorgânica e orgânica (selenito de sódio e seleniomietionina, respectivamente), e alimentados com as mesmas fontes da dieta experimental materna, não observou efeito isolado da dieta da matriz neste período.

Ademais, pôde-se observar que não houve efeito isolado da dieta da progênie ($p \leq 0,05$) sobre o desempenho nesta fase (Tabela 11). Payne (2005) analisou duas fontes de Se (orgânica e inorgânica) para frangos de corte e não obteve diferenças de desempenho entre a suplementação, o que condiz com os resultados do presente estudo.

Na fase inicial da vida da ave, a quantidade de Se proveniente das matrizes pode atender as necessidades da progênie, mas a absorção do nutriente pode não ter sido totalmente realizada devido ao fato animal estar iniciando o desenvolvimento do trato digestório bem como o incremento na produção das enzimas digestivas para a digestão do alimento. É provável que ausência de efeito dos tratamentos experimentais no presente estudo se deva a este fato.

Tabela 11 - Consumo de ração (CRM), ganho de peso médio (GPM) e conversão alimentar (CA) de frangos de corte de 1 a 7 dias de idade, provenientes de matrizes pesadas alimentadas com fonte Se inorgânica (selenito de sódio) e Se orgânica (selenometionina)

	Variáveis		
	CRM (g)	GPM (g)	CA (g/g)
Dieta da matriz			
Se inorgânico	159	148	1,084
Se orgânico	157	149	1,060
Dieta da progênie			
Se inorgânico	158	148	1,081
Se orgânico	158	149	1,063
P valor			
Matriz	0,491	0,735	0,442
Progênie	0,754	0,616	0,546
Matriz x Progênie	0,333	0,385	0,793

Letras diferentes (a, b) na mesma coluna diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey ($P < 0,05$)

Não houve interação significativa para os resultados de desempenho de 1 a 21 dias de idade (Tabela 12) entre os fatores avaliados. No que se diz respeito ao efeito isolado da dieta da matriz, no mesmo período, não houve diferenças no ganho de peso e consumo de ração ($p \leq 0,05$), todavia, houve melhora significativa na conversão alimentar quando suplementado Se orgânico (selenometionina). Este resultado comprova que o efeito da dieta materna é essencial na transferência de nutrientes para a progênie subsequente.

Não houve efeito isolado da dieta da progênie ($p \leq 0,05$) no mesmo período sobre as características de desempenho (Tabela 12). Estes resultados estão de acordo com os achados de Oliveira (2012), que ao avaliar três fontes de Se (orgânica, inorgânica e associação) com quatro níveis de suplementação (0,15; 0,30; 0,45; 0,60

ppm) não observou diferença significativa entre os dados de desempenho dos frangos de corte avaliados. Por outro lado, Moreira et al. (2001), ao suplementarem frangos de corte com duas fontes de Se, orgânica e inorgânica, observaram diferenças sobre o peso vivo e o ganho de peso ($p < 0,01$) das aves, não diferindo o consumo e a conversão alimentar ($p \leq 0,05$).

Tabela 12 - Consumo de ração (CRM), ganho de peso médio (GPM) e conversão alimentar (CA) de frangos de corte de 1 a 21 dias de idade, provenientes de matrizes pesadas alimentadas com fonte Se inorgânica (selenito de sódio) e fonte de Se orgânica (selenometionina)

	Variáveis		
	CRM (g)	GPM (g)	CA (g/g)
Dieta da matriz			
Se inorgânico	1.074	876	1,227 ^a
Se orgânico	1.077	892	1,206 ^b
Dieta da progênie			
Se inorgânico	1.077	887	1,215
Se orgânico	1.074	881	1,219
P valor			
Matriz	0,866	0,063	0,032
Progênie	0,839	0,530	0,703
Matriz x Progênie	0,145	0,225	0,426

Letras diferentes (a, b) na mesma coluna diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey ($P < 0,05$)

Os resultados encontrados no período total de criação, de 1 a 42 dias de idade, foram similares aos resultados anteriores. Não houve interação significativa para os dados de desempenho neste período (Tabela 13). Analisando-se o efeito isolado da dieta da matriz houve melhora na conversão alimentar ($p = 0,017$) quando o Se orgânico (seletemionina) foi suplementado para a reprodutora. Entretanto, não

houve efeito significativo para ganho de peso e consumo de ração (Tabela 13). Não houve efeito isolado da dieta progênie ($p \leq 0,05$) para nenhuma característica de desempenho no período total de criação (Tabela 13).

Segundo Wang et al. (2011), ao avaliarem o efeito de duas fontes de Se, orgânica e inorgânica, em frangos de corte provenientes de matrizes alimentadas com as mesmas fontes, observou-se efeito da dieta materna para conversão alimentar no período total (1-56 dias), bem como no período de 22 a 42 dias e 43 a 56, concordando, parcialmente, com os resultados do presente estudo. Os autores também não encontraram diferenças significativas para o consumo de ração, podendo estar relacionando ao fato de que a ração apresentava a mesma dieta basal das matrizes. Este resultado para conversão alimentar dos frangos de corte pode comprovar a efetividade do Se orgânico (selenometionina) em comparação ao Se inorgânico (selenito de sódio), uma vez que este é mais facilmente absorvido pela ave por possuir capacidade de incorporação às proteínas.

Diferentemente do que acontece com poedeiras comerciais, os ovos de matrizes devem atender, de forma plena, as necessidades do embrião em desenvolvimento bem como necessidade da progênie subsequente para garantir seu ótimo desempenho. Segundo Surai et al. (2000) o fornecimento de Se na dieta materna é o maior determinante para o sistema antioxidante, uma vez que, acontece a transferência do mineral para o pintainho no desenvolvimento embrionário. Além da transferência para o embrião, o mineral também atua na manutenção da saúde animal, bem como a qualidade da carne do mesmo (Choct et al., 2004).

Tabela 13 - Consumo de ração (CRM), ganho de peso médio (GPM) e conversão alimentar (CA) de frangos de corte de 1 a 42 dias de idade, provenientes de matrizes pesadas alimentadas com fonte Se inorgânica (selenito de sódio) e Se orgânica (selenometionina)

	Variáveis		
	CRM (g)	GPM (g)	CA (g/g)
Dieta da matriz			
Se inorgânico	4.711	2.608	1,810 ^a
Se organico	4.572	2.654	1,726 ^b
Dieta da progênie			
Se inorgânico	4.706	2.636	1,789
Se organico	4.577	2.626	1,747
P valor			
Matriz	0,088	0,273	0,017
Progênie	0,115	0,809	0,217
Matriz x Progênie	0,183	0,794	0,178

Letras diferentes (a, b) na mesma coluna diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey (P<0,05)

4.2.2. Rendimento de carcaça

Os resultados apresentados, na Tabela 14, mostram que não houve interação significativa entre os fatores estudados para rendimento de carcaça, rendimento de peito e coxa/sobrecoxa. Semelhantemente, não houve efeito significativo para os fatores isolados para estas mesmas características. Oliveira (2012) ao utilizar três fontes de Se para frangos de corte (orgânica, inorgânica e associação) e quatro níveis de inclusão (0,15, 0,30, 0,45, 0,60ppm) não observaram interação significativa para o rendimento de carcaça e pernas, entretanto, a associação das fontes propiciou maior rendimento de peito para 0,60ppm em comparação a 0,15ppm de suplementação de Se.

Deniz et al. (2005), ao estudarem duas fontes de Se, orgânica e inorgânica, para frangos de corte não observaram efeito significativo para rendimento de carcaça, peitos e pernas. Estes resultados corroboram com o presente estudo. Todavia, Choct et al. (2004), ao avaliarem duas fontes de Se, orgânica e orgânica, observaram que as aves alimentadas com fonte orgânica, apresentaram melhora no rendimento de carcaça eviscerada e de peito.

Os resultados observados no presente estudo podem ter ocorrido devido ao destino final de ambas as fontes de Se. Por mais que estas apresentem diferenças entre si em seu metabolismo, ambas são convertidas em seleneto e incorporadas à selenocisteína no local ativo das selenoproteínas, consideradas, principalmente, por apresentarem capacidade de incorporação no músculo esquelético.

Além disso, estes resultados podem ter ocorrido devido a dieta balanceada com as práticas nutricionais adequadas, o mesmo encontrado por Rao et al. (2013) que, ao avaliarem concentrações de Se orgânico (0, 100, 200, 300, 400 [micro]g/kg) na dieta para frangos de corte, observaram que não houve diferença para rendimento de carcaça.

Tabela 14 - Rendimento de carcaça, peito e perna de frangos de corte de 42 dias de idade, provenientes de matrizes pesadas alimentadas com fonte de Se inorgânica (selenito de sódio) e Se orgânica (selenometionina)

	Rendimento (%)		
	Carcaça	Peito	Pernas
Dieta da matriz			
Se inorgânico	70,79	22,77	22,55
Se orgânico	71,09	23,06	22,56
Dieta da progênie			
Se inorgânico	70,64	23,09	22,38
Se orgânico	71,24	22,74	22,73
P valor			
Matriz	0,443	0,337	0,990
Progênie	0,130	0,239	0,077
Matriz x Progênie	0,796	0,444	0,762

Letras diferentes (a, b) na mesma coluna diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey ($P < 0,05$)

5. Conclusão

A fonte de Se orgânica (selenometionina) propiciou aumento na produção de ovos e melhorou o desempenho da progênie quando comparado a fonte inorgânica de Se (selenito de sódio). Isto acontece devido ao fato de que o Se orgânico apresenta maior biodisponibilidade, por ser mais facilmente absorvido pela ave, por sua capacidade de incorporação das proteínas desta fonte.

6. Bibliografia

- AMÉRICA LATINA MATRIZES. ROSS 308 AP (AP95): Objetivos de Desempenho. Aviagen, p.3, 2012.
- ARAI, T.; SUGAWARA, M.; SAKO, T.; MOTOYOSHI, S.; SHIMURA, T.; TSUTSUI, N.; KONNO, T. **Glutathione peroxidase activity in tissues of chickens supplemented with dietary selenium**. Comparative Biochemistry and Physiology, p.245-248, 1994.
- ARAÚJO, L.F.; KIDD, M.T.; ARAÚJO, C.S.S.; BARBOSA, L.C.G.S. **Impacto da Nutrição de Matrizes Pesadas sobre o Desenvolvimento da Progenie**. 2012 Disponível em: <http://www.avisite.com.br/cet/img/20100607_progenie.pdf>
- BARBOSA, K.B.F.; COSTA, N.M.B.; ALFENAS, R.C.G.; PAULA, S.O.; MINIM, V.P.R.; BRESSAN, J. **Estresse oxidativo: conceito, implicações e fatores modulatórios**. Rev. Nutr., Campinas, 23(4):629-643, 2010.
- BARREIROS, A.L.B.S.; DAVID, J.M.; DAVID, J.P. **Estresse oxidativo: relação entre geração de espécies reativas e defesa do organismo**. Quim. Nova, Vol. 29, No. 1, 113-123, 2006.
- BAUTISTA, O.J.; GOEGER, D. E.; CHERIAN, G. **Egg yolk omega-6 and omega-3 fatty acids modify tissue lipid components, antioxidant status, and ex vivo eicosanoid production in chick cardiac tissue**. Poultry Science v.88, p.1167–1175, 2009.
- BIANCHI, M. L.; ANTUNES, L.M.G.; **Radicais livres e os principais antioxidantes da dieta**. Artigo de Revisão. Rev. Nutr., Campinas, 12(2): 123-130, 1999
- BOIAGO, M.M. **Características produtivas e qualitativas da carne de frangos alimentados com diferentes concentrações e fontes de selênio**. Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Zootecnia, 2006.
- CAVALCANTE, D.D. **Estratégias analíticas para determinação de arsênio e selênio em amostras de alimentos empregando a espectrometria de fluorescência atômica com geração de hidretos**. Tese submetida ao Colegiado de Pós-Graduação em Química da Universidade Federal da Bahia como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Química (Química Analítica). Salvador, 2014.
- CAVALCANTE, D.D.; GOMES, P.D.N.M.; MUNIZ, D.C.M.B.; SANTOS, W.N.L. **Determinação de selênio em amostras de ovos utilizando a espectrometria de fluorescência atômica com geração de hidretos (hg afs)**. 52º Congresso Brasileiro de Química (CBQ). Recife-PE, 2012.
- CANTOR, A.H.; SCOTT, M.L.; NOGUCHI, T. **Biological availability of selenium in feedstuffs and selenium compounds for prevention of exudative diathesis in chicks**. J. Nutr. 105:96–105, 1975.

- CHOCT, M.; NAYLOR, A.J.; REINKE, N. **Selenium supplementation affects broiler growth performance, meat yield and feather coverage.** Br Poult Sci. p. 677, 2004.
- CLOSA, S. J.; MARCHESICH, C.; CABRERA, M.; MORALES, J. C. M. **Composición de huevos de gallina y codorniz.** Archivos Latinoamericanos de nutrición, Caracas, v. 49, n.2. 1999.
- COMINETTI, C.; COZZOLINO, S.M.F. **Funções Plenamente Reconhecidas de Nutrientes – Selênio.** Série de Publicações ILSI Brasil, vol. 8, 2009.
- CONSTANTINI, D.; MOLLER, A, P. **Does immune response cause oxidative stress in birds? A meta-analysis. Comparative Biochemistry and Physiology, Part A** v.153, pp. 339–344, 2009.
- COSTA, F.G.P.; SILVA, J.H.V.; FIGUEIREDO-LIMA, D.F.; LIMA, R.B.; GOULART, C.C. **Novos avanços da nutrição de aves.** 2012.
- DANIELS, L.A. **Selenium Metabolism and Bioavailability.** Biological Trace Element Research. Vol. 54, 1996.
- DENIZ, G.; GEZEN, S.S.; TURKMEN, I.I. **Effects of two supplemental dietary selenium sources (mineral and organic) on broiler performance and drip-loss.** Revue Méd. Vét., **156**, 8-9, 423-426, 2005.
- FAO. **AGRIBUSINESS HANDBOOK. Poultry Meat & eggs.** 2010. Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/012/al175e/al175e.pdf>> Acesso: 16/06/2017.
- FARIA, L.A. **Levantamento sobre selênio em solos e plantas do estado de São Paulo e sua aplicação em plantas forrageiras.** Dissertação de mestrado pela Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2009.
- FAVERO, A. **Desenvolvimento ósseo da progênie de reprodutoras pesadas suplementadas com fontes inorgânicas e orgânicas de zinco, manganês e cobre.** Tese apresentada no programa de pós-graduação pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre - 2013.
- FERREIRA, K.S.; GOMES, J.C.; BELLATO, C.R.; JORDÃO, C.P. **Concentrações de selênio em alimentos consumidos no Brasil.** Rev Panam Salud Publica/Pan Am J Public Health 11(3), 2002.
- FERREIRA, A.L.A.; MATSUBARA, L.S. **Radicais livres: conceitos, doenças relacionadas, sistema de defesa e estresse oxidativo.** Rev Assoc Med Bras, 43(1):61-8, 1997.
- GARCEZ, M.; BORDIN, D.; PERES, W.; SALVADOR, M. **Radicais livres e a resposta celular ao estresse oxidativo.** Cap. 1 Radicais livres e espécies reativas. Pp 13-32, ed. Ulbra, 2004.

- GIERUS, M. **Fontes orgânicas e inorgânicas de selênio na nutrição de vacas leiteiras: digestão, absorção, metabolismo e exigências.** Ciência Rural, v.37, n.4, p.1212-1220, 2007.
- GJORGOVSKA, N.; KIRIL, F.; VESNA, L.; TOSHO, K. **The effect of different levels of selenium in feed on egg production, egg quality and selenium content in yolk.** University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Iasi, V. 57, 2012.
- GOMES, F.A.; BERTECHINI, A.G.; DARI, R.L.; BRITO, J.A.G.; FASSANI, E.J.; RODRIGUES, P.B.; SILVA, L.A. **Efeito de fontes e níveis de selênio sobre parâmetros fisiológicos em frangos de corte.** Arq. Bras. Med. Vet. Zootec., v.63, n.3, p.633-640, 2011.
- GONÇALVES, F.M. **Agentes antioxidantes na reprodução de matrizes pesadas.** Tese apresentada ao Programa de PósGraduação em Zootecnia da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Ciências (Produção Animal). Pelotas, 2013.
- HALPIN, K.M.; BAKER, D.H. **Selenium deficiency and transsulfuration in the chick.** The Journal of Nutrition. v.14, p.606-612, 1984
- HANAFY, M.M.; EL-SHEIK, A.M.H.; ABDALLA, E.A. **The effect of organic selenium supplementation on productive and physiological performance in local strain of chicken Egypt.** Poultry Science, v.29 (IV), p.1061-1084, 2009.
- HARSINI, S.G.; HABIBIYAN, M.; MOEINI, M.M.; ABDOLMOHAMMADI, A.R. **Effects of dietary selenium, vitamin e, and their combination on growth, serum metabolites, and antioxidant defense system in skeletal muscle of broilers under heat stress.** Biological Trace Element Research, v. 148, p.322-330, 2012.
- HOEKSTRA, W.G. **Biochemical role of selenium. Trace elements metabolism in animals.** Baltimore. pp. 61-67. 1974.
- JACQUES, K.A. **Selenium metabolism in animals: the relationship between dietary selenium form and physiological response.** In: "Science and technology in the feed industry. Proceedings of Alltech's 17th Annual Symposium: a time for answers" LYONS, T.P.; JACQUES, K.A. North American Biosciences Center, Alltech Inc., Nicholasville, KY, USA, p. 319-348, 2001.
- JÚNIOR, F.J. **Efeitos de diferentes fontes e níveis de selênio sobre o desempenho e a imunidade humoral de frangos de corte.** Dissertação apresentada no programa de pós graduação em nutrição e produção animal da faculdade de medicina veterinária e zootecnia da Universidade de São Paulo para a obtenção do título de mestre em medicina veterinária. Pirassununga, 2008.
- JUNIOR, L.R.; HÖEHR, N.F.; VELLASCO, A.P.; KUBOTA, L.T. **Sistema antioxidante envolvendo o ciclo metabólico da glutatona associado a métodos eletroanalíticos na avaliação do estresse oxidativo.** Quim. Nova, Vol. 24, No. 1, 112-119, 2001.

- JUNIPER, D.T.; PHIPPSR.H.; BERTIN, G. **Effect of dietary supplementation with selenium-enriched yeast or sodium selenite on selenium tissue distribution and meat quality in commercial-line turkeys.** *Animal*, v.5, n.11, p.1751-1760, 2011.
- KENNY, M.; KEMP, C. **Breeder nutrition and chick quality.** *International Hatchery Practice*, v. 19, p. 7 – 11, 2004.
- KIEFER, C. **Minerais quelatados na nutrição de aves e suínos.** *Revista Eletrônica Nutritime*, v.2, nº3, p.206 –220, maio/junho de 2005.
- LEESON, S.; NAMKUNG, H.; CASTON, L.; DUROSOY, S.; SCHLEGEL, P. **Comparison of selenium levels and sources and dietary fat quality in diets for broiler breeders and layer hens.** *Poultry Science* 87:2605–2612, 2008.
- LEVANDER, O.A. **Selenium.** Page 209 in *Trace Elements in Human and Animal Nutrition*. Vol. 2, 5th ed. W. Mertz, ed. Academic Press, Inc., New York, 1986.
- LIN, H.; DECUYPERE, E.; BUYSE, J. **Acute heat stress induces oxidative stress in broiler chickens.** *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology*. Vol. 144, p. 11-17, 2006.
- LUBOS, E.; LOSCALZO, J.; HANDY, D.E. **Glutathione Peroxidase-1 in health and disease: from molecular mechanisms to therapeutic opportunities.** *Antioxidants & Redox Signaling*, p. 1957-1997, 2011.
- MAHMOUD, K.Z.; EDENS, F.W. **Influence of selenium sources on age-related and mild heat stress-related changes of blood and liver glutathione redox cycle in broiler chickens (*Gallus domesticus*).** *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology*, v. 136, p. 921-934, 2003.
- MARGIS, R.; DUNAND, C.; TEIXEIRA, F.K.; PINHEIRO, M.M. **Glutathione peroxidase family – an evolutionary overview.** *FEBS Journal*, v. 275, p. 3959-3970, 2008.
- MENEZES, P.C.; LIMA, E.R.; MADEIROS, J.P.; OLIVEIRA, W.N.K.; NETO, J.E. **Egg quality of laying hens in different conditions of storage, ages and housing densities.** *R. Bras. Zootec.* vol.41 no.9 Viçosa, 2012.
- MCCORD, J.M. **Oxygen-derived free radicals in postischemic tissue injury.** *N Engl J Med.*; 312(3):159-63. 1985
- MOREIRA, J.; SANTOS, C.D.; ABREU, C.M.P.; BERTECHINI, A.G.; OLIVEIRA, D.F.; CARDOSO, M.G. **Efeito de fonte e níveis de selênio na atividade enzimática da glutathione peroxidase e no desempenho de frangos de corte.** *Ciênc. agrotec.*, Lavras, v.25, n.3, p.645-649, 2001
- MOUTA, E.R.; MELO, W.J.; SOARES, M.R.; ALLEONI, L.R.F.; CASAGRANDE, J.C. **Absorção de selênio em latossolos.** *R. Bras. Ci. Solo*, 32:1033-1041, 2008.

- MURAKAMI, A.E.; SANTO, T.C.; FERNANDES, J.I.M.; MARTINEZ, A.C.; BORTOLUZZI, C. **Desempenho produtivo e reprodutivo de matrizes de frangos de corte com dietas suplementadas com vitamina E, óleo de soja e óleo de peixe.** Rev. Bras. Reprod. Anim., Belo Horizonte, v.37, n.3, pp. 285-294, jul./set. 2013. Disponível em <www.cbpa.org.br>
- NATIONAL ACADEMY PRESS. **Selenium in Nutrition: Revised Edition.** National Research Council (US) Subcommittee on Selenium. Washington (DC). p.57-68, 1983.
- NRC. Nutrient Requirements of Poultry. 9th ver. Ed. National Academy Press, Washinton, DC. 1994
- OLIVEIRA, T.F.B. **Efeito de diferentes níveis e fontes de selênio no desempenho e características de carcaça de frangos de corte.** Tese (mestrado). Universidade de Lavras. Lavras-MG, 2012.
- PAPPAS, A.C.; ACAMOVIC, T.; SPARKS, N.H.C.; SURIA, P.F.; McDEVITT, R. M. **Effects of supplementing broiler breeder diets with organoselenium compounds and polyunsaturated fatty acids on hatchability.** Poultry Science 84(6):865-74, 2005
- PAYNE, R.L.; LAVERGNE, T.K.; SOUTHERN, L.L. **Effect of Inorganic versus organic selenium on hen production and egg selenium concentration.** Poultry Science, v.84, p. 232-237, 2005.
- PAYNE, R. L.; SOUTHERN, L. L. **Comparison of inorganic and organic selenium sources for broilers.** Poultry Science, p.898–902, 2005.
- PIGEOLET, E.; CORBISIER, P.; HOUBION, A.; LAMBERT, D.; MICHIELS, C.; RAES, M.; ZACHARY, M.D.; REMACLE, J. **Glutathione peroxidase, superoxide dismutase, and catalase inactivation by peroxides and oxygen derived free radicals.** Mechanisms of Ageing and Development. v. 51, p. 283-297, 1990.
- PUNCHARD, N.A.; KELLY, F.J. **Cap 16. Glutathione peroxidase: activity and steady-state level of mRNA.** Free radicals: a practical approach. Oxford University Press, p.227-240, 1996.
- RAMOS, S.J.; FAQUIN, V.; ALMEIDA, H.J.; ÁVILA, F.W.; GUILHERME, L.R.G.; BASTOS, C.E.A.; ÁVILA, P.A. **Selenato e Selenito na produção, nutrição mineral e biofortificação com selênio em cultivares de alface.** R. Bras. Ci. Solo, 35:1347-1355, 2011
- RAMOS, K.C.B.T.; CAMARGO, A.M.; OLIVEIRA, E.C.D.; CEDRO, T.M.M.; MORENZ, M.J.F. **Avaliação da Idade da Poedeira, da Temperatura de Armazenamento e do Tipo Embalagem sobre a Qualidade de Ovos Comerciais.** Rev. de Ci. Vida. Seropédica v. 30 n. 2 p. 37-46, 2010.
- RAO, S.V.R.; PRAKASH, B.; RAJU, M.V.L.N.; PANDA, A.K.; POONAM, S.; MURTHY, O.K. **Effect of supplementing organic selenium on performance, carcass traits, oxidative parameters and immune responses in**

commercial broiler chickens. Asian-Australasian journal of animal sciences, v.26 p. 247 -252, 2013.

- RENEMA, R.A.; ROBINSON, F.E.; BELIVEAU, R.M.; DAVIS, H.C.; LINDQUIST, E.A. **Relationships of body weight, feathering, and footpad condition with reproductive and carcass morphology of end-of-season commercial broiler breeder hens.** J Appl Poult Res. 16 (1): 27-38. 2007
- RENEMA, R.A. **Reproductive responses to Sel-Plex® organic selenium in male and female broiler breeders: impact on production traits and hatchability.** Nutritional Biotechnology in the Feed and Food Industries, p.81-91, 2004.
- REIS, R.N. **Conteúdo de selênio em ovos de galinha reprodutoras pesadas suplementadas com selenito ou Zn-L-Se-metionina.** Dissertação apresentada no programa de mestrado pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre – 2009.
- REIS, N.R.; VIEIRA, S.L.; NASCIMENTO, P.C.; PEÑA, J.E.; BARROS, R.; TORRES, C.A. **Selenium contents of eggs from broiler breeders supplemented with sodium selenite or zinc-l-selenium-methionine.** J. Appl. Poult. Res. 18 :151–157, 2009.
- ROCHA, C. **Qualidade do óleo de soja e adição de vitamina e na ração de perus.** Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação pela Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.
- ROCHA, J.S.R.; BARBOSA, V.M.; LARA, L.J.C.; BAIÃO, N.C.; POMPEU, M.A.; MIRANDA, D.J.A. **Influência da cantaxantina e da idade sobre a fertilidade de matrizes pesadas.** Anais do Prêmio Lamas, 2011. Disponível em: <http://www.avisite.com.br/cet/img/20111007_idade.pdf>
- RODRIGUES, H.G.; DINIZ, Y.S.; FAINE, L.A.; ALMEIDA, J.A.; FERNANDES, A.A.H.; NOVELLI, E.L.B. **Suplementação nutricional com antioxidantes naturais: efeito da rutina na concentração de colesterol-HDL.** Rev. Nutr. Vol.16 n° 3 Campinas July/ Sept. 2003
- ROSSI, P.; NUNES, J.K.; RUTZ, F.; REIS, J.S.; BOURSHEIDT, D.; ROCHA, A.A.; MORAES, P.V.D.; ANCIUTI, M.A. **Glucomanano esterificado e selênio orgânico em frangos alimentados com dietas com aflatoxinas.** Arch. zootec. vol.62 no.237. Córdoba, 2013
- ROSTAGNO, H.S., ALBINO, L.F.T., DONZELE, J.L. **Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais.** Viçosa, MG, UFV, 2011.
- 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. 179(4073):588-90, 1973.
- SAAD, M.B. **Efeito da suplementação de selênio orgânico na resposta imunológica de frango de corte.** Dissertação apresentada no programa de Mestrado pela Universidade Federal do Paraná, Curitiba - 2009.

- STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM (SAS). Institute Incorporation. **SAS User's guide: statistics**. Cary: SAS, 2011.
- SAHIN, N.; ONDERCI, M.; SAHIN, K.; KUCUK, O. **Supplementation with Organic or Inorganic Selenium in Heat-distressed Quail**. Biol. Trace Elem. Res., 2008.
- SCHEIDELER, S.E.; WEBER, P.; MONSALVE, D. **Supplemental vitamin E and selenium effects on egg production, egg quality, and egg deposition of α -tocopherol and selenium**. J Appl Poult Res, p. 354-360, 2010.
- SCHRAUZER, G.N. **Nutritional selenium supplements: product types, quality, and safety**. Journal of the American College of Nutrition, Vol. 20, No. 1, 1-4, 2001.
- SCHRAUZER, G.N. **Anticarcinogenic effects of selenium**. Cell Molecul. Life Sci. 57 pp. 1864-1873. 2000.
- SCHWARZ, K.; FOLTZ C.M. **Selenium as an integral part of factor 3 against dietary necrotic liver degeneration**. J. Am. Chem. Soc. 79:3292-3293, 1957.
- SHAMI, N.J.I.E.; MOREIRA, E.A.M. **Licopeno como agente antioxidante**. Rev. Nutr. v.17 n.2 Campinas Apr./June 2004
- SIES, H. **Oxidative stress: introductory remarks**. In: Sies H, 3.ed. Oxidative stress. London: Academic Press, 1985.
- SILLANPÄÄ, M. **Trace elements in soils and agriculture**. Food and Agriculture organization of the united nations. ed.17, p. 39-40, 1972.
- SILVA, E.C.B.; GUERRA, M.M.P. **Espécies reativas de oxigênio e nitrogênio: produção e efeitos sobre a integridade estrutural e funcional dos espermatozoides**. Ciênc. vet. tróp., Recife-PE, v. 13, no 1/2/3, p. 9 - 16, 2010
- SOHAL, R.S.; WEINDRUCH, R. **Oxidative Stress, Caloric Restriction, and Aging**. Science, v. 237, p.59-63, 1996.
- SPRATT, R. S.; LEESON, S. **Effect of protein and energy intake of broiler breeder hens on performance of broiler chicken offspring**. Poultry Science, v.66, p.1489-1494, 1987.
- SUNDE, R.A. **Selenium**. Page 493 in Handbook of Nutritionally Essential Mineral Elements. B.L. O'Dell and R. A. Sunde, eds. Marcel Dekker, Inc., New York, 1997.
- SURAI, P.; FISININ, V.I. **Feeding breeders to avoid oxidative stress in embryos**. XXIV World's Poultry Congress 5 - 9 August - 2012 - Salvador - Bahia - Brazil, 2012.
- SURAI, P.F. **Natural antioxidants in Poultry nutrition: New developments**. 16TH European Symposium on Poultry Nutrition, p. 669-675, 2006.

- SURAI, P.F.; KARADAS, F.; PAPPAS, A.C.; SPARKS, N.H.C. **Effect of organic selenium in quail diet on its accumulation in tissues and transfer to the progeny**. British Poultry Science, v. 46, 2006
- SURAI, P.F. **Selenium in poultry nutrition 2. Reproduction, egg and meat quality and practical applications**. World's Poultry Science Journal; Cambridge, p. 431-450, 2002
- SURAI, P.F.; NOBLE, R.C.; SPARKS, N.H.C.; SPEAKE, B.K. **Dietary supplementation of male chickens with oils rich in arachidonic or docosaheptaenoic acids sustains spermatogenesis at 60 weeks of age**. J Reprod Fertil, v.120, p.257- 264, 2000
- TANURE, C.B.G.S. **Idade da matriz e período de armazenamento de ovos incubáveis no rendimento de incubação e desempenho inicial de poedeiras comerciais**. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal para obtenção do grau de Mestre em Ciência Animal junto à Escola de Veterinária da Universidade Federal de Goiás – 2008.
- TRIYWANTA, L.; NYS, Y. **Dietary phosphorus and food allowance of dwarf breeders affect reproductive performance of hens bone development of their progeny**. British Poultry Science, v.33, p.363-379, 1992.
- URSO, H.R.A. **Níveis de vitamina e e diferentes fontes de selênio na alimentação de matrizes pesadas**. Dissertação apresentada no programa de pós-graduação pela Universidade Federal do Paraná, Curitiba - 2012.
- VALKO, M.; LEIBFRITZ, D.; MONCOL, J.; CRONIN, M.T.; MAZUR, M.; TELSER, J. **Free radicals and antioxidants in normal physiological functions and human disease**. Int J Biochem Cell Biol. 39(1):44-84, 2007.
- VASCONCELOS, S.M.L.; GOULART, M.O.F.; MOURA, J.B.F.; MANFREDINI, V.; BENFATO, M.S.; KUBOTA, L.T. **Espécies reativas de oxigênio e de nitrogênio, antioxidantes e marcadores de dano oxidativo em sangue humano: principais métodos analíticos para sua determinação**. Quím. Nova vol.30 no.5 São Paulo, 2007.
- VIARO, R.S.; VIARO, M.S.; FLECK, J. **Importância bioquímica do selênio para o organismo humano**. Ciên. Biol. e da Saúde, v.2, p.17-21, 2001.
- 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**. Biol. Trace Elem. Res., p. 1497-507, 2011.
- WANG, Z.G.; PAN, X.J.; PENG, Z.Q.; ZHAO, R.Q.; ZHON, G.H. **Methionine and selenium yeast supplementation in maternal diets affects color, water holding capacity and oxidative stability of the male offspring meat at the early stage**. Poultry Science v.88, p.1096 –1101, 2009.

- WANG, Y.B.; XU, B.H. **Effect of different selenium source (sodium selenite and selenium yeast) on broiler chickens.** Animal Feed Science and Technology, v. 144, p. 306-314, 2008.
- YANG, Y.R.; MENG, F.C.; WANG, P.; JIANG, Y.B.; YIN, Q.Q.; CHANG, J.; ZUO, R.Y.; ZHENG, Q.H.; LIU, J.X. **Effect of organic and inorganic selenium supplementation on growth performance, meat quality and antioxidant property of broilers.** African Journal of Biotechnology, v.11, 2012.
- YUAN, D.; ZHAN, X.; WANG, Y. **Effects of selenium sources and levels on reproductive performance and selenium retention in broiler breeder, egg, developing embryo, and 1-day-old chick.** Biol. Trace Elem. Res., v. 144, p. 705-714, 2011.