

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS  
Programa de Pós-Graduação em Zootecnia



Dissertação

**CROMO E SELÊNIO ORGÂNICOS NA DIETA DE  
POEDEIRAS SEMIPESADAS ALOJADAS EM AMBIENTES  
COM TEMPERATURAS ELEVADAS**

**Naiana Einhardt Manzke**

Pelotas, 2012

**NAIANA EINHARDT MANZKE**

**CROMO E SELÊNIO ORGÂNICOS NA DIETA DE  
POEDEIRAS SEMIPESADAS ALOJADAS EM AMBIENTES  
COM TEMPERATURAS ELEVADAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós - Graduação em Zootecnia da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciências (Área do conhecimento: Produção de não ruminantes).

Orientador: Prof. Dr. Victor Fernando Büttow Roll  
Co-Orientador (es): Prof<sup>a</sup>. Dra. Fabiane Pereira Gentilini  
Prof. Dr. Jerri Teixeira Zanusso

Pelotas, 2012

**Banca examinadora:**

Prof. Dr. Victor Fernando Bütow Roll – UFPel, FAEM, DZ

Prof. Ph. D. Eduardo Gonçalves Xavier - UFPel, FAEM, DZ

Prof. Dr. Marcos Antonio Anciuti – IFSul campus CAVG

Pesquisador, Ph. D. Gustavo Julio Mello Monteiro de Lima – EMBRAPA Suínos e Aves, Concórdia, SC

Aos meus pais, Margit e Edgard, uma singela retribuição.  
Dedico.

## **Agradecimentos**

Em primeiro lugar agradeço à Deus, por ter me acompanhado em cada segundo do meu trabalho.

Aos meus pais, Edgard Hartwig Manzke e Margit Rosane Einhardt Manzke e ao meu irmão, Rafael, pela força e companheirismo de todas as horas. Amo vocês.

Ao meu orientador, Prof. Victor Fernando Büttow Roll, pelos ensinamentos e tempo despendidos.

Aos professores Marcos Anciuti, Fabiane Gentilini, Fernando Rutz e Jerri Zanusso vocês não foram apenas mestres, foram também grandes amigos, muito obrigada.

Ao CAVG, pela disponibilidade das instalações e animais. Aos funcionários Henri, Lincon e Casquinha e a estagiária Talita e a todos os outros que de alguma forma auxiliaram na realização deste trabalho.

Aos estagiários do grupo GEASPEL pelos finais de semana que deixaram de descansar para me ajudarem. Em especial Cristiéle, Carol Bavaresco, Guilherme e Casca, que participaram ativamente de todas as atividades do experimento. Carol e Cristiéle, obrigada também pela grande amizade de vocês.

Aos meus colegas da pós-graduação Aiane, Bia, Fernanda, Dênnis e a Verônica, grandes amigos para todos os momentos. Em especial para Verônica, mas para esta não existem palavras que demonstrem a minha gratidão.

Ao pesquisador Gustavo Lima da Embrapa Suínos e Aves, que além de um grande profissional, também é para mim um exemplo de caráter e ética, não tenho palavras para agradecer o quanto seus ensinamentos foram importantes para mim. Muito Obrigada.

À Letícia Lopes pelos ensinamentos em estatística, além da grande amizade. Ao Jefferson, pela ajuda com o “abstract”, além é claro, da amizade e carinho. À todos que me receberam na EMBRAPA e, de alguma forma, me ajudaram a superar mais essa etapa da vida acadêmica. À Graciele Angnes, que talvez não tenha ideia do quanto foi importante nesse período da minha vida.

À Suelei e ao João que me acolheram em sua casa durante o período em que morei em Concórdia.

Ao Pedro, sem palavras.

E, finalmente ao Gabriel, Tiago e Maicon que trouxeram alegria para dentro da minha casa e da minha vida no período do mestrado em que morei com eles em Pelotas, AMO VOCÊS.

“Pouco conhecimento faz com que as criaturas se sintam orgulhosas, muito conhecimento, que se sintam humildes. É assim que as espigas sem grãos erguem desdenhosamente a cabeça para o céu, enquanto que as cheias se baixam para a terra, sua mãe!”

Leonardo da Vinci

## Resumo

MANZKE, Naiana Einhardt. **Cromo e selênio orgânicos na dieta de poedeiras semipesadas alojadas em ambiente com temperaturas elevadas**. 2012. 69f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Zootecnia. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

Animais submetidos a situações de estresse por calor apresentam excessiva excreção urinária de minerais, o que pode alterar suas exigências nutricionais. Assim, o objetivo desse estudo foi avaliar os efeitos da suplementação dos minerais cromo (Cr) e selênio (Se) na forma orgânica, sobre o desempenho produtivo, qualidade externa e interna de ovos e relação heterófilo/linfócito (H/L) de poedeiras semipesadas alojadas em ambientes com temperaturas elevadas. Cento e noventa e duas poedeiras (*Hisex Brown*, com 62 semanas de idade) foram divididas em quatro tratamentos contendo dezesseis gaiolas com três aves cada. As dietas estudadas foram: basal (milho e farelo de soja, sem minerais orgânicos); dieta basal + suplementação adicional de Se orgânico (0,3 ppm); dieta basal + suplementação adicional de Cr orgânico (400 ppm) e dieta basal + suplementação adicional de Se orgânico (0,3 ppm) e Cr orgânico (400 ppm). As aves foram distribuídas de acordo com um delineamento experimental em blocos casualizados, com um arranjo fatorial 2 x 2 ao longo de quatro períodos experimentais consecutivos de 28 dias, cada. Os dados foram submetidos à análise de variância, com o uso da ferramenta GLM do SAS (2008). Eventualmente, covariáveis de interesse foram acrescentadas ao modelo. A interação entre os fatores ocorreu apenas nas variáveis conversão alimentar por massa ( $p=0,07$ ) e por dúzia ( $p=0,008$ ), porém a utilização simultânea de Cr e Se orgânicos, não produziu resultados melhores que a suplementação isolada dos microminerais. O Cr orgânico melhorou a conversão alimentar por massa ( $p=0,03$ ) e por dúzia ( $p=0,10$ ), a porcentagem de produção de ovos ( $p=0,01$ ), além de diminuir o peso dos ovos ( $p=0,03$ ). O Se orgânico aumentou o peso ( $p=0,004$ ) e a espessura da casca ( $p=0,06$ ), além de aumentar a cor da gema ( $p=0,02$ ). Conclui-se que o uso de Cr orgânico melhora o desempenho produtivo e diminui o peso dos ovos, sem alterar a relação H/L. Já, o Se orgânico não afetou o desempenho produtivo nem a relação H/L, porém melhorou a qualidade da casca, além de aumentar a cor da gema de ovos provenientes de poedeiras semipesadas alojadas em ambientes com temperaturas elevadas.

Palavras chave: Estresse, *Hisex brown*, minerais orgânicos, suplementação.

## Abstract

MANZKE, Naiana Einhardt. **Supplementation of organic chromium and selenium for layers under heat stress environment**. 2012. 69p. Dissertation (Masters) – Programa de Pós-Graduação em Zootecnia. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

Animals under heat stress conditions exhibit excessive urinary excretion of minerals and this might change their nutritional requirements. The objective of this study was to evaluate the effects of mineral supplementation of chromium (Cr) and selenium (Se) in organic form, on the performance, egg quality and heterophil/lymphocyte ratio (H / L) of laying hens housed under natural heat stress. One hundred and ninety-two layers (Hisex Brown, 62 weeks old) were divided into four treatments with three cages containing sixteen birds each. The treatments were: T1) basal diet (corn and soybean meal with no organic minerals), T2) basal diet + additional supplementation of organic Se (0.3 ppm), T3) basal diet + additional supplementation of organic Cr (400 ppm), T4) basal diet + additional supplementation of organic Se (0.3 ppm) and organic Cr (400 ppm). The birds were distributed in randomized blocks, with a 2 x 2 factorial arrangement over four consecutive experimental periods of 28 days each. The data were subjected to analysis of variance using SAS GLM tool (2008). When necessary, covariates of interest were added to the model. The interaction between the factors occurred only in the feed conversion ratio per mass ( $p=0.07$ ) and per dozen ( $p=0.008$ ), however, the simultaneous use of organic Cr and Se did not produce better results than single supplementation of trace minerals. Organic Cr improved feed conversion per mass ( $p=0.03$ ) and per dozen ( $p=0.10$ ), the percentage of egg production ( $p=0.01$ ) while decreases egg weight ( $p=0.03$ ). Organic Se increased the weight ( $p=0.004$ ) and shell thickness ( $p=0.06$ ), and increases yolk color ( $p=0.02$ ). It can be concluded that organic chromium (Cr) supplementation improves egg mass, feed conversion by egg mass and egg production in hens housed under heat stress. Organic Selenium showed to improve shell quality, egg mass and yolk color.

Key words: *Hisex brown*, microminerals, stress, supplementation.

## Lista de Figuras

Figura 1: Gaiolas para postura dispostas em dois andares.....	28
Figura 2: Determinação da gravidade específica.....	33
Figura 3: Determinação da altura do albúmen.....	34
Figura 4: Leque colorimétrico de Roche.....	35
Figura 5: Pesagem individual das cascas em balança digital.....	35
Figura 6: Temperaturas mínimas, máximas e umidade relativa do ar, durante o período experimental.....	42
Figura 7: Valores de entalpia durante o período experimental.....	43

## Lista de Tabelas

Tabela 1: Composição da dieta basal.....	29
Tabela 2: Quantidades utilizadas de sal (NaCl) para obtenção das densidades específicas desejadas.....	33
Tabela 3: Médias de consumo de ração, produção de ovos, conversão alimentar por dúzia e por massa, com a utilização de Cr orgânico.....	38
Tabela 4: Médias de consumo de ração, produção de ovos, conversão alimentar por dúzia e por massa, com a utilização de Se orgânico.....	38
Tabela 5: Médias ajustadas para conversão alimentar (CA) por massa.....	39
Tabela 6: Médias ajustadas para conversão alimentar (CA) por dúzia.....	39
Tabela 7: Efeito do uso de Cr orgânico sobre as médias de parâmetros de qualidade externa dos ovos.....	39
Tabela 8: Efeito do uso de Se orgânico sobre as médias de parâmetros de qualidade externa dos ovos.....	40
Tabela 9: Efeito do uso de Cr orgânico sobre as médias de parâmetros de qualidade interna dos ovos.....	40
Tabela 10: Efeito do uso de Se orgânico sobre as médias de parâmetros de qualidade interna dos ovos.....	40
Tabela 11: Efeito do uso de Cr orgânico sobre a média ajustada para relação heterófilo/linfócito (H/L).....	40
Tabela 12: Efeito do uso de Se orgânico sobre a média ajustada para relação heterófilo/linfócito (H/L).....	40
Tabela 13: Efeito dos níveis de Cr e Se orgânicos sobre a frequência e respectivos percentuais de mortalidade das aves no período experimental.....	41

## Tabelas do Apêndice

Tabela 1A: Dados retirados da análise estatística.....	60
Tabela 2A: Covariáveis usadas na análise estatística e as variáveis correspondentes.....	61
Tabela 3A: Análise de variância para o efeito do Cr e Se orgânicos sobre o peso do ovo.....	62
Tabela 4A: Análise de variância para o efeito do Cr e Se orgânicos sobre a gravidade específica.....	62
Tabela 5A: Análise de variância para o efeito do Cr e Se orgânicos sobre o peso da casca.....	62
Tabela 6A: Análise de variância para o efeito do Cr e Se orgânicos sobre a espessura da casca.....	63
Tabela 7A: Análise de variância para o efeito do Cr e Se orgânicos sobre a massa dos ovos.....	63
Tabela 8A: Análise de variância para o efeito do Cr e Se orgânicos sobre a unidade Haugh.....	63
Tabela 9A: Análise de variância para o efeito do Cr e Se orgânicos sobre a altura da clara.....	64
Tabela 10A: Análise de variância para o efeito do Cr e Se orgânicos sobre a cor da gema.....	64
Tabela 11A: Análise de variância para o efeito do Cr e Se orgânicos sobre o peso da clara.....	64
Tabela 12A: Análise de variância para o efeito do Cr e Se orgânicos sobre o consumo de ração.....	65
Tabela 13A: Análise de variância para o efeito do Cr e Se orgânicos sobre a conversão alimentar por massa.....	65
Tabela 14A: Análise de variância para o efeito do Cr e Se orgânicos sobre a conversão alimentar por dúzia.....	65
Tabela 15A: Análise de variância para o efeito do Cr e Se orgânicos sobre a produção de ovos (%).....	66
Tabela 16A: Análise de variância para o efeito do Cr e Se orgânicos sobre a relação H/L.....	66
Tabela 17A: Médias das variáveis no 1º período experimental.....	67
Tabela 18A: Médias das variáveis no 2º período experimental.....	67
Tabela 19A: Médias das variáveis no 3º período experimental.....	68
Tabela 20A: Médias das variáveis no 4º período experimental.....	68

## Sumário

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>14</b>
2.1 ESTRESSE TÉRMICO POR CALOR EM POEDEIRAS .....	16
2.2 MINERAIS ORGÂNICOS .....	18
2.3 CROMO.....	21
2.4 SELÊNIO .....	24
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>27</b>
3.1 LOCAL .....	27
3.2 PERÍODO EXPERIMENTAL .....	27
3.3 ANIMAIS .....	27
3.4 INSTALAÇÕES.....	27
3.5 PROGRAMA DE LUZ.....	28
3.6 PRÁTICAS DE MANEJO .....	28
3.7 DIETAS EXPERIMENTAIS .....	28
3.8 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL .....	30
3.9 COLETA DE DADOS.....	31
3.9.1 Peso corporal médio .....	31
3.9.1 Consumo de ração .....	31
3.9.3 Produção de ovos .....	32
3.9.3 Peso dos ovos.....	32
3.9.4 Massa de ovos .....	32
3.9.5 Conversão alimentar por massa de ovos .....	32
3.9.6 Conversão alimentar por dúzia.....	32
3.9.7 Gravidade específica dos ovos .....	33
3.9.8 Unidade Haugh .....	34
3.9.9 Cor da gema.....	34
3.9.10 Peso da clara .....	35
3.9.11 Peso e espessura da casca .....	35
3.9.12 Relação heterófilo/linfócito .....	36
3.9.13 Mortalidade.....	37
3.9.14 Temperatura ambiente e umidade relativa do ar .....	37
3.9.15 Análise estatística .....	37
4.1 DESEMPENHO PRODUTIVO.....	38
4.2 QUALIDADE EXTERNA E INTERNA DOS OVOS .....	39
4.3 RELAÇÃO HETERÓFILO/LINFÓCITO .....	39
4.4 MORTALIDADE .....	40
4.5 TEMPERATURA, UMIDADE RELATIVA E VALORES DE ENTALPIA.....	41
<b>5 DISCUSSÃO .....</b>	<b>44</b>
5.1 DESEMPENHO .....	44
5.2 QUALIDADE EXTERNA DOS OVOS .....	45
5.3 QUALIDADE INTERNA DOS OVOS .....	46

5.4 RELAÇÃO H/L.....	47
5.5 MORTALIDADE.....	47
5.6 TEMPERATURA E UMIDADE AMBIENTAL INTERNA.....	47
<b>6 CONCLUSÕES .....</b>	<b>48</b>
<b>7 REFERÊNCIAS.....</b>	<b>49</b>
<b>APÊNDICES .....</b>	<b>59</b>

## 1 Introdução

Na criação de poedeiras comerciais o estresse térmico pode levar ao aumento na taxa de mortalidade, diminuição da ingestão de água e de alimento e, conseqüentemente, piora do desempenho produtivo dessas aves. Além disso, grande parte da produção de aves no mundo está situada em locais onde o estresse causado por altas temperaturas ambientais limita o desempenho e aumenta a sensibilidade às doenças.

Segundo Ferreira (2005), a zona de termoneutralidade para aves poedeiras adultas está entre 21°C e 28°C, sendo que a temperatura mínima é de 20°C. As principais conseqüências do estresse térmico por calor são a diminuição do fluxo sanguíneo intestinal e dos níveis de cálcio ionizado no sangue, redução parcial nos níveis de dióxido de carbono no sangue e uma interferência na ação do hormônio liberador das gonadotrofinas, hormônio hipotalâmico que regula a liberação do hormônio luteinizante (HARRISON, 1995).

Algumas medidas podem ser tomadas para minimizar as perdas decorrentes do estresse térmico. Dentre elas estão a utilização de ventiladores e nebulizadores, manipulação da proteína e energia da dieta, aclimatação das aves, manejo do arraçoamento, manejo da água de bebida, utilização de antitérmicos, eletrólitos, vitaminas, minerais inorgânicos e orgânicos (BORGES et al., 2003).

Os minerais representam de 3 a 4% do peso vivo das aves, sendo considerados elementos essenciais para uma boa nutrição. Eles exercem funções variadas no organismo, como a participação nas reações bioquímicas por meio da ativação de sistemas enzimáticos e nos processos de absorção e transporte de nutrientes. Minerais orgânicos são combinações de um ou mais minerais com substâncias orgânicas, como aminoácidos, carboidratos ou até mesmo proteínas. O valor biológico dos minerais pode aumentar quando os microelementos são administrados na forma de complexo orgânico ou de quelatos, proteinatos e polissacarídeos (VEIGA e CARDOSO, 2005).

Em animais submetidos a situações de estresse térmico, ocorre excessiva excreção urinária de minerais, o que pode alterar as exigências nutricionais dos

mesmos. Entre os minerais estudados em ambientes de estresse térmico, destacam-se o cromo (Cr) e o selênio (Se). O Cr tem como papel principal no metabolismo potencializar a ação da insulina, por ser um componente do fator de tolerância à glicose (GTF) (ANDERSON et al., 1987). Além de ser requerido para o correto funcionamento do metabolismo de lipídeos a nível molecular (VINCENT, 2001). O Se, por sua vez, participa de importantes funções fisiológicas e processos bioquímicos, incluindo a defesa antioxidante, manutenção do *status* de redox celular, metabolismo do hormônio tireoideano e imunidade (EDENS e GOWDY, 2004).

Objetivou-se com este estudo avaliar os efeitos da suplementação de Cr e Se orgânicos no desempenho, qualidade de ovos e relação heterófilo/linfócito (H/L) de poedeiras comerciais alojadas em ambientes com temperaturas elevadas.

## 2 Revisão de literatura

### 2.1 Estresse térmico por calor em poedeiras

Grande parte da produção de aves no mundo está situada em locais onde o estresse causado por altas temperaturas ambientais limita o desempenho e aumenta a sensibilidade às doenças. Por isso existe uma grande preocupação em estudar ferramentas que minimizem esses danos (FRANCO-JIMENEZ e BECK, 2007).

A melhor compreensão dos mecanismos de termorregulação das aves pode auxiliar a reduzir o impacto do calor no crescimento e na produção. Aves, como todos os animais homeotérmicos, conseguem manter a temperatura corporal constante em uma ampla faixa de temperatura ambiental. Porém, a perda de calor, é limitada pelo empenamento e pela falta de glândulas sudoríparas (RICKLEFS, 2003). A capacidade de um animal para manter a sua temperatura corporal dentro da normalidade depende do equilíbrio entre o calor corporal e a taxa de dissipação de calor. No caso de poedeiras, a quantidade de calor produzido depende do peso vivo e do consumo de ração e a taxa de dissipação de calor, depende dos fatores ambientais e do empenamento dos animais (DAGHIR, 2008). Sterling et al. (2003) observaram que o ambiente está altamente correlacionado com as variáveis de desempenho, incluindo alimentação, ingestão de água, peso corporal, produção e peso de ovos, assim como a conversão alimentar.

Quando as respostas fisiológicas e comportamentais às altas temperaturas são insuficientes, ocorre aumento na temperatura corporal, causando diminuição do apetite e na produção de ovos (SETTAR et al., 1999). Segundo Ferreira (2005), a zona de termoneutralidade para aves poedeiras adultas ocorre entre 21°C a 28°C, sendo-se que a temperatura mínima é de 20°C. Com base em informações de Barbosa Filho (2004), não existem valores ideais de umidade relativa para poedeiras, supondo que, os valores muito altos de umidade relativa do ar (UR) podem tornar as aves ainda mais sensíveis ao estresse térmico. Esta faixa termoneutra está relacionada com a situação de conforto da ave, quando os efeitos da temperatura e umidade deixam de ser fatores estressores para a manutenção das

mesmas. Porém, existem indícios de que a criação das frangas em ambientes com temperatura relativamente elevada (26-29°C) possa ajudar na aclimação dessas aves na fase de produção (DAGHIR, 2008). Com relação aos parâmetros sanguíneos no estresse térmico, ocorre um aumento no número de hemáceas, elevando o hematócrito. A relação heterófilo/linfócito é elevada juntamente com o número de heterófilos e diminuição no número de linfócitos, sendo esta relação utilizada como parâmetro de bem-estar em aves. Em casos de estresse térmico, existe maior secreção de adrenalina, noradrenalina e glicocorticóides, o que resulta no aumento da concentração de glicose no sangue, prejudicando o metabolismo das aves (BORGES et al., 2003).

Quanto à qualidade dos ovos de aves criadas sob estresse térmico, é comum que ocorra uma diminuição na qualidade da casca. Isso pode ocorrer devido a lesões no útero e fontes inadequadas de minerais, o que pode estar relacionado com a menor ingestão de alimento (DAGHIR, 2008). Esse fato foi observado por Mashaly et al. (2004) que, utilizando poedeiras no início do primeiro ciclo de produção, sob estresse térmico de 35 °C e 50 % de UR, observaram menor ganho de peso e consumo de ração, além da diminuição do peso dos ovos, menor espessura e peso de casca e menor gravidade específica dos ovos.

Para minimizar os efeitos do estresse térmico na produção, destacam-se o uso de ventiladores e nebulizadores, aclimação das aves, utilização de ácido ascórbico, eletrólitos, manejo da água de bebida (BORGES et al., 2003) e suplementação de minerais orgânicos (AMATYA et al., 2004; LANGANÁ et al., 2005; VAZ et al., 2009; EL-MALLAH, 2011).

Como estratégia nutricional, vêm se optando por aumentar o conteúdo energético da dieta adicionando gordura. Essa prática, não só aumenta a ingestão de energia, como também diminui o calor específico da dieta. Ghazalah et al. (2008) mostraram que dietas com altos níveis energéticos (5%) ajudaram na redução dos efeitos causados pelo estresse térmico em frangos de corte, devido ao menor incremento calórico da gordura, quando comparada aos carboidratos e proteínas. Outra estratégia interessante para minimizar os efeitos do calor por meio da nutrição é a utilização de aminoácidos essenciais para dietas com proteína de baixa qualidade, garantindo a ingestão adequada desses nutrientes (DAGHIR, 2008).

Em ambientes com altas temperaturas, ocorre um aumento na taxa respiratória, levando a eliminação em excesso de dióxido de carbono. Com isso,

diminui a concentração de ácido carbônico e hidrogênio, aumentando a excreção renal de bicarbonato de sódio ocasionando alcalose respiratória (BORGES et al., 2003). Para evitar esse problema utiliza-se em criações industriais a adição de cloreto de amônio, cloreto de potássio e/ou bicarbonato de sódio na dieta, melhorando o desempenho das aves devido ao aumento no consumo de alimento (AHMAD et al., 2008).

A suplementação de vitaminas em aves estressadas é necessária devido às alterações metabólicas em condições de estresse, ao mesmo tempo em que a estabilidade das vitaminas nos suplementos tende a diminuir nos períodos mais quentes do ano (RIBEIRO e LAGANÁ, 2002). Porém, existem poucos trabalhos que determinam a exigência e a disponibilidade destes nutrientes em períodos quentes.

A suplementação de minerais também pode constituir uma ferramenta útil para a melhora no desempenho de aves sob estresse térmico. Sabe-se que temperaturas elevadas aumentam a excreção desses nutrientes, diminuindo suas concentrações séricas (LANA et al., 2000). Entre os vários minerais estudados destacam-se: o Cr que, por meio de sua ação como GTF, atua atenuando as consequências do estresse térmico (McDOWELL, 2003); e, o Se, que age auxiliando a enzima glutatona peroxidase, combatendo radicais livres produzidos em grande quantidade nas situações de estresse, além de atuar na manutenção da integridade das membranas biológicas (LEESON e SUMMERS, 2001).

No entanto, esses microminerais possuem baixa biodisponibilidade, o que pode ter relação com a competição com outros nutrientes no trato gastrointestinal, diminuindo a absorção desses elementos. Isso justifica a utilização de minerais na forma orgânica, que apresentam maior biodisponibilidade, sendo melhor aproveitados pelo organismo animal (KIEFER, 2005).

## 2.2 Minerais Orgânicos

Cerca de 4 % do peso corporal dos animais é composto por minerais. Esses elementos não são produzidos pelo próprio organismo, por isso devem ser obtidos através da dieta (MAIORKA e MACARI, 2002). Estão divididos em macrominerais (enxofre, cálcio, fósforo, potássio, sódio, cloro e magnésio) e microminerais (ferro, zinco, cobre, manganês, níquel, cobalto, molibdênio, selênio, cromo, iodo, flúor). Os macrominerais normalmente possuem relação com funções estruturais ou

fisiológicas, enquanto os microminerais, na maior parte das vezes, estão envolvidos em funções metabólicas, como a resposta imune, reprodução e crescimento (KIEFER, 2005).

Sintomas de deficiência manifestam-se como distúrbios metabólicos em múltiplos processos, resultando em piora no desempenho produtivo, reprodutivo e na resposta imune (VAN DER KLIS e KEMME, 2002). As deficiências podem ser causadas pela ingestão inadequada do mineral ou pela presença de um antagonista que possa interferir na absorção do mesmo (NOLLET et al., 2007).

A disponibilidade dos minerais pode variar e depende primeiramente da sua absorção a partir do alimento ingerido. Os minerais podem ser encontrados em diferentes formas químicas, fazendo parte de sais ou moléculas orgânicas. A barreira intestinal, formada pelo pH, viscosidade intestinal e condições físico-químicas do intestino, impede a absorção de grande parte dos minerais presentes nos alimentos, por isso as dietas vêm sendo formuladas com níveis dietéticos acima do necessário (VAN DER KLIS e KEMME, 2002; LEESON, 2003). Essa prática leva a um aumento na concentração dos dejetos, o que pode ocasionar alta concentração de nutrientes no solo, caso esse dejetos seja utilizado na adubação, sem o tratamento adequado (NOLLET et al., 2007).

Nas aves, os microminerais vêm sendo utilizados nas suas formas inorgânicas por possuírem um custo menor quando comparados aos minerais na forma orgânica. As fontes minerais mais utilizadas são: sulfatos, óxidos, carbonatos e fosfatos. Os sulfatos são conhecidos por terem maior disponibilidade, quando comparados aos óxidos (NOLLET et al., 2007; ARAÚJO et al., 2008). No entanto, existem registros de contaminação dos minerais inorgânicos por metais pesados (cádmio, chumbo e arsênico) e dioxina (McCARTNEY, 2008).

Como alternativas ao uso de fontes minerais inorgânicas foram desenvolvidos os minerais orgânicos, que são estruturas de alta biodisponibilidade, compostos por íons metálicos ligados a um tipo de carreador, aminoácido ou polissacarídeo, com estrutura final cíclica. Por possuírem maior biodisponibilidade, os minerais orgânicos são melhor absorvidos, melhorando os índices de desempenho, produtividade e qualidade dos subprodutos, sendo adicionados em quantidades menores. No entanto, a eficácia desses nutrientes orgânicos pode variar segundo o modo de produção dos mesmos (RUTZ e MURPHY, 2009).

A produção de minerais orgânicos a partir de microrganismos resulta em nutrientes não só com maior biodisponibilidade, mas também com maior atividade biológica. É o caso do Cr e do Se nas suas respectivas formas orgânicas. Esses dois microminerais orgânicos são produzidos através da incorporação de suas formas inorgânicas à culturas de leveduras, assim eles permanecem ligados a moléculas de aminoácidos, de forma a não se desprenderem por lavagem ou qualquer método de lixiviação (RUTZ e MURPHY, 2009).

Os fatores que influenciam negativamente na absorção de minerais inorgânicos, como o antagonismo entre nutrientes e ingredientes (DREOSTI, 1993), não afetam a forma orgânica, pois a ligação desses nutrientes às moléculas orgânicas faz com que a via de absorção deles seja diferente. A incorporação dos minerais a compostos orgânicos, por exemplo, um aminoácido, faz com que o mineral seja absorvido junto a este aminoácido, melhorando a taxa de absorção (RUTZ e MURPHY, 2009). Segundo Nunes et al. (2007 apud RUTZ e MURPHY, 2009) o desempenho de poedeiras recebendo dieta contendo 33% de minerais orgânicos corresponde ao de poedeiras recebendo 100% da recomendação de minerais na forma inorgânica.

Diversos estudos vêm sendo realizados com o objetivo de substituir o uso de minerais inorgânicos por orgânicos (PAYNE et al., 2005; RUTZ e MURPHY, 2009). Dentre os minerais estudados destacam-se o Se e o Cr. O Se, como parte da enzima glutathiona peroxidase, possui importantes funções no combate aos radicais livres, prevenindo a degradação oxidativa de membranas biológicas, em especial no pâncreas, que possui papel imprescindível na digestão dos alimentos, além de possuir importante papel no sistema imunológico (LEESON e SUMMERS, 2001). Já o Cr, realiza importantes funções como GTF, auxiliando no melhor aproveitamento da glicose pelas células, sobretudo nos momentos de estresse, quando ocorre diminuição na concentração sérica de insulina, dificultando a entrada da glicose nas células. Além disso, o cromo também é importante no metabolismo lipídico e na imunidade dos animais (McDOWELL, 2003).

Segundo Miranda (2010) a utilização de minerais orgânicos e inorgânicos em frangos de corte submetidos a diferentes temperaturas, não influenciou o desempenho, a resposta imune e parâmetros sanguíneos das aves. Assim como, Sechinato et al. (2006) que, trabalhando com minerais orgânicos na dieta de poedeiras, não relataram diferença significativa para os parâmetros de desempenho

e, Langaná et al. (2005) que também não encontraram diferenças nos parâmetros sanguíneos de frangos de corte alimentados com minerais orgânicos e vitaminas.

Ao comparar o desempenho de poedeiras recebendo minerais orgânicos e inorgânicos, Boruta et al. (2007) relataram aumento na resistência óssea, além de menor excreção de minerais para o grupo que recebeu a forma orgânica dos minerais. Da mesma forma, Caniatto (2011), ao utilizar minerais orgânicos e fitase em dietas para suínos, observou diminuição significativa no poder poluente dos dejetos, reduzindo a contaminação do solo e de outros recursos naturais.

Segundo Arpášová et al. (2009) a suplementação de Se orgânico melhorou o ganho de peso em frangos de corte. Já, Petric et al. (2007) e Niu et al. (2009) demonstraram que a suplementação desse mineral na forma orgânica não influenciou o ganho de peso, porém melhorou a conversão alimentar de frangos de corte. Segundo Osman et al. (2010), o uso de Se orgânico em matrizes pesadas melhora o desempenho produtivo e reprodutivo das aves, melhorando a eficiência econômica da criação.

Alguns trabalhos mostram que a suplementação de Cr orgânico melhora o desempenho de frangos de corte (KRÓLICZEWSKA et al., 2004; AHMED et al., 2005). Além de reduzir as concentrações séricas de colesterol (LIEN et al., 1999; KRÓLICZEWSKA et al., 2004). Porém, Vaz et al. (2009) não relataram melhora no desempenho de animais recebendo o mesmo mineral orgânico.

No entanto, segundo Rutz e Murphy (2009), a qualidade dos minerais orgânicos difere entre fornecedores, portanto os nutricionistas devem ter conhecimento para adquirirem o produto que lhes propicie maior confiança.

### 2.3 Cromo

O Cr é um micromineral presente em pequenas proporções em alimentos como carne, cereais integrais, oleaginosas e leguminosas. Em forragens e seus subprodutos existe maior quantidade do que nos grãos. Já os cereais e as frutas apresentam concentrações variáveis. Algumas variedades de pimenta preta contêm altos níveis de Cr, mas contribuem muito pouco na dieta, devido ao seu baixo consumo (ANDERSON et al., 1992). Sendo um elemento de transição se apresenta nos estados de oxidação 0, 2<sup>+</sup>, 3<sup>+</sup> e 6<sup>+</sup>, sendo que o estado trivalente é sua valência

mais estável, além de ser a forma mais frequentemente encontrada em sistemas biológicos e, em geral responsável pela atividade nutricional (McDOWELL, 2003).

A forma apresentada do Cr pode ser orgânica e inorgânica. As formas orgânicas incluem Cr-L-metionina, complexo Cr-ácido-nicotínico, Cr picolinato e Cr levedura. A forma inorgânica mais comum é o cloreto de cromo que possui uma menor absorção, na ordem de 1 a 3% (ANDERSON e KOZLOVSKY, 1985; OFFERNBACHER et al., 1986) e uma menor atividade biológica quando comparado ao Cr orgânico. Devido a essa baixa taxa de absorção ele tem sido utilizado como marcador em estudos de digestibilidade. Na forma orgânica o Cr apresenta maior biodisponibilidade e absorção, sendo o composto preferencial em estudos que visam suplementá-lo na dieta animal (LYONS, 1997).

O Cr é essencial para seres humanos e animais (SHWARTZ e MERTZ, 1959) e tem estado na lista dos elementos minerais considerados como essenciais desde 1959 (McDOWELL, 2003). Recentes estudos demonstram um papel essencial do Cr no metabolismo de carboidratos, lipídeos, proteínas e ácidos nucleicos, devido a maior absorção de glicose (KRÓLICZEWSKA et al., 2004; PECHOVA e PAVLATA, 2007).

Em situações de estresse como fadiga, transtornos metabólicos, nutricionais, ambientais, dentre outros, ocorre aumento na necessidade nutricional do Cr em humanos e animais (BURTON, 1995). Nessas situações ocorre um aumento nos níveis de glicose no sangue, juntamente com o hormônio cortisol, aumentando a mobilização de Cr tecidual para formação do GTF (BOREL e ANDERSON, 1984; MERTZ, 1992). O cortisol, além de possuir um efeito imunossupressor, é antagônico à insulina e, nessa situação, o Cr mobilizado, para ação da insulina, é eliminado pela urina (MERTZ, 1992).

Os sinais de deficiência de Cr podem incluir hiperglicemia, glicosúria, aumento nas taxas de colesterol e triglicérides, além da incapacidade da insulina em se ligar nas células (ANDERSON et al., 1991). Conseqüentemente, a deficiência do Cr pode resultar em menores taxas de crescimento, menor tolerância à glicose, diabete e doenças da artéria coronária. Existem alguns autores que relatam a melhora na imunidade quando existe a suplementação de Cr (LIEN et al., 2005 e EL-HOMMOSANY, 2008). Esse mecanismo de ação ainda é pouco estudado, porém, sabe-se que existe um aumento na expressão de RNAm para síntese de interferon-gama (IFN- $\gamma$ ), nos animais suplementados com Cr (BAHGAT et al., 2008).

A forma trivalente do Cr atua como componente integral e biologicamente ativo do GTF aumentando a absorção de glicose nas células, devido à potencialização na ação da insulina. Além disso, aumenta a absorção de aminoácidos por células musculares, aumentando a deposição de proteína e diminuindo a gordura corporal e o colesterol sanguíneo (EREN e BASPNAR, 2004; YLDZ et al., 2004) pois, promove a ligação entre os receptores dos tecidos musculares e gordurosos e a insulina (MERTZ, 1987). Assim, ele constitui um mensageiro químico que, ao se ligar aos receptores celulares teciduais, estimula o uso de glicose como combustível metabólico ou o seu armazenamento sob a forma de glicogênio (ANDERSON et al., 1987).

Em aves, a suplementação dietética de Cr orgânico resulta em melhora na velocidade de crescimento, eficiência alimentar, rendimento de carne e qualidade de carcaça, com reduzida quantidade de gordura (JACKSON et al., 2008). Pode ter ainda efeito positivo no crescimento e na eficiência alimentar de aves sob condições de estresse ambiental (LIEN et al., 1999; SAHIN et al., 2003b; AMATYA et al., 2004).

Em codornas japonesas (*Coturnix coturnix japonica*), criadas em ambiente sob estresse por calor e recebendo Cr na dieta, existem estudos que demonstram melhora no consumo, na conversão alimentar e na produção de ovos (SAHIN et al., 2001b; SAHIN et al., 2002b; ARAÚJO et al., 2007). Além da melhora na qualidade da casca (SAHIN et al., 2001b; SAHIN et al., 2002b; YESILBAG e EREN, 2009) e da unidade Haugh (SAHIN et al., 2002b).

Avaliando uso de Cr em poedeiras semipesadas sob estresse pelo frio, Sahin et al. (2001a, 2002a) relataram aumento no peso corporal, na produção de ovos e melhora na conversão alimentar. Observaram também melhora na qualidade da casca dos ovos e da unidade Haugh. Com o objetivo de avaliar níveis séricos de glicose, insulina e corticosterona, existem diversos estudos relatando a diminuição de glicose e corticosterona sanguínea e aumento de insulina sérica com o uso de Cr na dieta de aves (SAHIN et al., 2001b; SAHIN et al., 2002a; SAHIN et al., 2002b, EL-HOMMOSANY, 2008).

No entanto, Araújo et al. (2007) não observaram melhora na qualidade dos ovos de codornas japonesas com uso de Cr. Assim como, Lee et al. (2003) e Yesilbağ e Eren (2009), trabalhando, respectivamente, com frangos de corte e codornas japonesas, não observaram melhora no desempenho produtivo. Vaz et al.

(2009) não encontraram diferenças nas variáveis de desempenho e peso relativo e absoluto de cortes nobres de frangos de corte sob estresse por calor.

## 2.4 Selênio

O Se é um micromineral necessário para o crescimento e desenvolvimento dos animais, porém só foi descoberto como essencial em 1950. Em níveis muito altos pode se tornar tóxico, levando a perda no apetite, atrofia do coração e morte. Da mesma forma, sua deficiência pode levar ao retardo do crescimento, estados patológicos e morte (LEESON e SUMMERS, 2001).

Esse micromineral pode ser adicionado à alimentação animal na forma inorgânica, como selenito ( $\text{Na}_2\text{SeO}_3$ ) ou selenato de sódio ( $\text{Na}_2\text{SeO}_4$ ) e na forma orgânica, como SeMet (Se-metionina) ou SeCis (Se-cisteína), provenientes de alimentos vegetais e animais ou produzidos por microrganismos (SAAD, 2009).

Dentre as diversas funções orgânicas do Se cabe ressaltar a prevenção da oxidação dos ácidos graxos insaturados, regulação hormonal, aumento da efetividade da vitamina E, atuação no sistema imune, proteção da pele contra os raios ultravioletas, atuação no sistema reprodutor, manutenção da integridade dos tecidos, entre outras (McDOWELL, 1999). É componente essencial da enzima glutathione peroxidase atuando no sistema antioxidante do organismo, além de realizar distintas funções em outras selenoproteínas que contêm um ou mais resíduos de SeCis ou SeMet em seus sítios ativos (BERRY et al., 1991).

O conteúdo de Se nos alimentos varia de acordo com o teor desse mineral no solo onde a planta foi cultivada. Desta forma, um mesmo alimento pode apresentar variação de até 10 vezes no seu conteúdo em Se, dependendo da região onde foi produzido (COSTA, 2008).

Plantas com raízes profundas, assim como plantas de crescimento lento e de alto teor protéico, tendem a possuir maior teor de Se, assim como solos com baixo pH, altos teores de argila e/ou adubados com produtos à base de sulfato dão origem a plantas com baixos teores de Se (GIERUS, 2007).

Segundo Leeson e Summers (2001) o farelo de soja pode apresentar teores de Se que variam de 0,100 a 0,540 mg Se/kg, enquanto que o milho pode conter níveis que variam de 0,025 a 0,500mg Se/kg, ambos na matéria natural (MN). No entanto, segundo Rostagno et al. (2011), o conteúdo médio de Se do farelo de soja

(45%) e do milho, ambos na MN é, respectivamente, 0,44 e 0,07 mg/kg.

Esse micromineral tem grande importância em diversas funções vitais no organismo, tendo participação na síntese de prostaglandinas e no metabolismo de ácidos graxos essenciais, ativação dos hormônios tireoideanos e, como destaque, tem papel essencial na obtenção de uma resposta imune adequada, através da neutralização dos radicais livres (SAAD, 2009).

Por ser parte da enzima glutathione peroxidase, o Se age neutralizando a produção excessiva de peróxidos e de radicais livres, responsáveis pelo estresse oxidativo, impedindo danos à estrutura de membranas e as funções celulares (SURAI, 2000). Também está ligado à prevenção de câncer e doenças cardiovasculares, além de ser necessário para o crescimento e fertilidade. O Se, juntamente com a vitamina E, são nutrientes essenciais para proteção celular evitando a degeneração oxidativa das membranas biológicas (EL-MALLAH et al., 2011).

Além disso, em casos graves de deficiência de Se em frangos de corte, THOMPSON e SCOTT (1970) observaram o desenvolvimento de fibrose pancreática, reduzindo a secreção de enzimas digestivas pelo pâncreas. Já em casos de deficiência mais leve o sistema imunológico desenvolve-se mais lentamente. Além disso, a mortalidade embrionária pode aumentar e ocorrer queda na produção de ovos em poedeiras (EDENS, 2002).

Em poedeiras, a suplementação de Se na dieta leva a um aumento dos níveis deste elemento no ovo, o que lhe fornece maior potencial como alimento nutracêutico, beneficiando diretamente o crescimento do sistema antioxidante e imunológico do homem (BRITO, 2007). Estudando a suplementação de Se orgânico e/ou vitamina E na dieta de matrizes pesadas, SURAI (2000) avaliou a concentração de vitamina E na gema do ovo e em alguns tecidos dos pintinhos oriundos dessas matrizes. Ocorrendo um aumento significativo do nutriente na gema do ovo. Resultado semelhante também obtido no trabalho de Skrivan et al. (2008), Leeson et al. (2008), Utterback et al. (2005) e Payne et al. (2005).

Leeson et al. (2008) suplementando Se orgânico na alimentação de matrizes, observaram aumento na produção de ovos e na eclodibilidade. El-Mallah et al. (2011) trabalhando com poedeiras, relataram aumento na produção de ovos e na qualidade interna dos ovos. No entanto, Rutz et al. (2003) e Sechinato et al. (2006) não observaram melhora nessas variáveis.

O efeito da suplementação de Se orgânico na qualidade do sêmen de galos, sob condições de estresse por calor, foi avaliado por Ebeid (2009) que observou melhora na contagem e na motilidade espermática, além da redução da mortalidade espermática, o que pode estar relacionado ao poder antioxidante do Se.

Silva et al. (2010) estudando a inclusão de Se orgânico na alimentação de frangos de corte submetidos a estresse por calor, não observaram melhora na imunidade dos animais. No entanto, houve melhor relação H/L, nos animais alimentados com Se.

Avaliando a eficácia das fontes de Se na dieta sobre o crescimento e as características de carcaça de suínos em crescimento e terminação, Mateo et al. (2007) observaram que mesmo em alta dosagem, o Se orgânico reduziu a perda por gotejamento, sugerindo que a suplementação com Se orgânico pode melhorar a qualidade da carcaça e fornecer maiores níveis desse micromineral para os consumidores. Philomeno et al. (2008) trabalhando com leitões dos 7 aos 23 kg, alimentados com dietas contendo diferentes níveis e fontes de Se, observaram que a fonte orgânica proporcionou melhora na conversão alimentar.

Os efeitos benéficos da sua suplementação, principalmente na forma orgânica, devido à maior biodisponibilidade, foram comprovados em diferentes trabalhos de pesquisas. Contudo, devido às diferentes formas possíveis de serem suplementadas em dietas animais e da variação do conteúdo de Se nos alimentos, é necessário o conhecimento dos níveis de inclusão para as diferentes categorias animais em diferentes regiões.

### 3 Material e Métodos

#### 3.1 Local

O estudo foi conduzido no Aviário Experimental do Instituto Federal Sul-rio-grandense, *campus* Pelotas - Visconde da Graça, localizado a 31° 45' 46" de latitude S e 52° 19' 58" de longitude W, no município de Pelotas, Rio Grande do Sul.

#### 3.2 Período Experimental

O experimento foi dividido em quatro períodos de 28 dias durante meses do verão para ocasionar o estresse térmico natural (janeiro a maio), sendo o período 1 de 1 a 28 dias, período 2 de 29 a 56, período 3 de 57 a 84 e período 4 de 85 a 113 dias, totalizando 113 dias experimentais.

#### 3.3 Animais

Foram utilizadas 192 poedeiras semipesadas da linhagem *Hisex Brown*, com idade inicial de 62 semanas. As aves foram pesadas e selecionadas conforme o peso médio do lote e, então, distribuídas nas gaiolas três a três, compondo uma unidade experimental, totalizando 64 unidades experimentais.

#### 3.4 Instalações

As aves foram mantidas em galpão tipo *dark house*, com ventilação controlada, alojadas em gaiolas para postura com dimensões de 45 cm de largura x 50 cm de comprimento, totalizando 2250 cm<sup>2</sup>, disponibilizando 750 cm<sup>2</sup> por ave, dispostas em dois andares (Fig. 1).



Figura 1: Gaiolas para postura dispostas em dois andares.

### 3.5 Programa de Luz

A luminosidade do galpão foi fornecida artificialmente por lâmpadas incandescentes intercaladas por todo galpão. Utilizou-se um programa de luz de 16 horas e 30 minutos de luz artificial diária com intensidade luminosa de 60 lux. O horário de acendimento foi controlado por relógio tipo *timer* automático, regulado através de relógio analógico.

### 3.6 Práticas de manejo

A água clorada foi disponibilizada através de caixas d'água, distribuída por dois bebedouros tipo *nipple*, por gaiola. O fornecimento do alimento foi realizado em comedouro tipo calha manual, localizada na frente da gaiola, disponibilizando um espaço de 10 cm/ave. O arraçoamento foi feito sempre no mesmo horário, às 8h da manhã, de acordo com o manejo adotado no aviário, com registro diário. Em situação de mortalidade, realizava-se o registro em planilha própria, identificando-se a gaiola e tratamento. Nesta ocasião, a ração era retirada do comedouro, pesada, registrada e devolvida para a respectiva gaiola para posterior ajuste das variáveis de produção de ovos e conversão alimentar por dúzia.

### 3.7 Dietas Experimentais

As dietas experimentais foram calculadas através do programa Super Crac 5.7 com base nas Tabelas brasileiras para aves e suínos (Rostagno et al., 2005). A constituição das dietas foi à base de milho e farelo de soja com a composição

nutricional formulada de acordo com o período de vida do animal e com as recomendações do manual da linhagem (tab. 1).

Tabela 1: Composição da dieta basal.

Ingredientes (%)	Quantidades
Milho	63,33
Farelo de soja	23,00
Farelo de arroz desengordurado	1,90
Farinha de ostras média	8,40
Sal triturado	0,37
Núcleo*	3,00
Níveis Nutricionais Calculados**	
EM para poedeiras (kcal kg <sup>-1</sup> )	2728
PB (%)	15,68
Ca (%)	3,93
P disp (%)	0,39
Metionina digestível (%)	0,35
Metionina + cistina digestível (%)	0,54
Lisina digestível (%)	0,76
Tronina digestível (%)	0,58
Triptofano digestível (%)	0,17
Selênio (mg/kg)	0,45

\*Vit. A 334,000 UI (1000)/ kg; Vit. B1 54,000 mg/ kg; Vit. B2 147,000 mg/ kg; Niacina 867,000 mg/ kg; Ácido Pantotênico 334,000 mg/ kg; Vit. B6 100,000 mg/ kg; Ácido Fólico 24,000 mg/ kg; Vit. B12 400,000 mcg/ kg; Vit. D3 67000,000 UI/ kg; Vit. E 234,000 mg/ kg; Vit. K3 50,000 mg/ kg; F 0,9850 g/ kg; P disponível 9,9 %; I 20,000 mg/ kg; Mn 2334,00 mg/ kg; Ca 26,7 %; Cu 334,000 mg/ kg; Fe 2000,000 mg/ kg; Se 10,000 mg/ kg; Zinco 1667,000 mg/ kg; Metionina digestível 3,400 %.

\*\*Níveis calculados segundo Rostagno et al. (2011).

A suplementação de selênio foi como selênio orgânico (SelPlex<sup>®1</sup>), na proporção de 0,3 ppm. O cromo foi suplementado na forma de cromo orgânico (Cofactor III<sup>®1</sup>), na quantidade de 400 ppm. Ambos os minerais foram adicionados na forma *on top*. A preparação das dietas foi realizada previamente a cada período na fábrica de rações do IFSul/campus Pelotas – Visconde da Graça, na Coordenadoria de Avicultura.

Os tratamentos foram constituídos por dietas a base de milho e farelo de soja com ou sem minerais orgânicos:

T1- dieta basal (controle);

T2- dieta basal + Se orgânico (0,3 ppm);

T3- dieta basal + Cr orgânico (400 ppm);

T4- dieta basal + Cr orgânico (400 ppm) + Se orgânico (0,3 ppm).

<sup>1</sup> Alltech do Brasil

### 3.8 Delineamento experimental

O delineamento utilizado foi em blocos ao acaso, sendo o bloco definido por quatro gaiolas adjacentes com três aves cada, de pesos similares. Foram estudados dois níveis de Se e dois níveis de Cr dentro de cada bloco, segundo um esquema fatorial 2 x 2. O experimento foi conduzido ao longo de quatro períodos de 28 dias, sendo as características de cada bloco e cada unidade experimental, mantidas ao longo do estudo. O modelo matemático geral utilizado foi:

$$y_{ijkl} = \mu + P_i + B_j(P_i) + C_k + S_l + CS_{kl} + \epsilon_{ijkl}$$

$y_{ijkl}$  = variável dependente no i-ésimo período, j-ésimo bloco, k-ésimo nível de cromo e l-ésimo nível de selênio;  $\mu$  = é uma constante associada a todas as observações;  $P_i$  = efeito do período i (i= 1,2,3,4);  $B_j(P_i)$  = efeito de bloco j (j= 1,..., 16) dentro de período;  $C_k$  = efeito do nível de cromo k (k= 1,2);  $S_l$  = efeito do nível de selênio l (l= 1,2);  $CS_{kl}$  = efeito da interação entre o k-ésimo nível do cromo e o l-ésimo nível do selênio;  $\epsilon_{ijkl}$  = é o erro experimental associado à observação  $y_{ijkl}$ , considerados independentes e normalmente distribuídos com média zero e variância constante.

Eventualmente foram utilizadas covariáveis, seguindo o modelo matemático a seguir:

$$y_{ijkl} = \mu + P_i + B_j(P_i) + C_k + S_l + CS_{kl} + a(x_{ijkl} - \bar{x}) + \epsilon_{ijkl}$$

$y_{ijkl}$  = variável dependente no i-ésimo período, j-ésimo bloco, k-ésimo nível de cromo e l-ésimo nível de selênio;  $\mu$  = é uma constante associada a todas as observações;  $P_i$  = efeito do período i (i= 1,2,3,4);  $B_j(P_i)$  = efeito de bloco j (j= 1,..., 16) dentro de período;  $C_k$  = efeito do nível de cromo k (k= 1,2);  $S_l$  = efeito do nível de selênio l (l= 1,2);  $CS_{kl}$  = efeito da interação entre o k-ésimo nível do cromo e o l-ésimo nível do selênio; a = coeficiente de correlação linear entre x e y;  $x_{ijkl}$  = variável independente no i-ésimo período, j-ésimo bloco, k-ésimo nível de cromo e l-ésimo nível de selênio;  $\bar{x}$  = média da variável independente x;  $\epsilon_{ijkl}$  = é o erro experimental associado à observação  $y_{ijkl}$ , considerados independentes e normalmente distribuídos com média zero e variância constante.

### 3.9 Coleta de dados

#### 3.9.1 Peso corporal médio

Todas as aves do experimento foram pesadas individualmente ao início do período experimental e, posteriormente, ao final de cada um dos períodos. O peso corporal médio foi obtido dividindo-se a soma do peso das aves pelo número de aves que formavam a unidade experimental. Quando houve mortalidade, a ave foi pesada e o dia da morte foi registrado. O peso foi calculado até o dia da morte e somado ao peso até o final do período produtivo.

#### 3.9.1 Consumo de ração

O consumo de ração foi calculado a partir da quantidade de ração fornecida diariamente e da sobra de ração coletada ao final de cada período, antes do primeiro arraçoamento do período seguinte. Quando não houve mortes na unidade experimental, o consumo total por ave (CT) foi obtido pela seguinte fórmula:

$$CT = \frac{(QRD * NDC) - S}{NA}$$

Onde:

QRD = quantidade de ração fornecida; NDC = número de dias de consumo; S = sobra; NA = número de aves.

Quando houve mortalidade, foi registrado o dia da morte, coletadas e pesadas as sobras do comedouro. O consumo foi calculado até o dia da morte e somado ao período posterior à morte até o final desse período produtivo. Utilizando-se a seguinte fórmula:

$$CT = \frac{(QRD^1 * NDC^1) - S^1}{NA^1} + \frac{(QRD^2 * NDC^2) - S^2}{NA^2}$$

Onde:

QRD<sup>1</sup> = quantidade de ração fornecida antes da morte; NDC<sup>1</sup> = número de dias de consumo antes da morte; S<sup>1</sup> = sobra antes da morte; NA<sup>1</sup> = número de aves antes da morte; QRD<sup>2</sup> = quantidade de ração fornecida após a morte; NDC<sup>2</sup> = número de dias de consumo após a morte; S<sup>2</sup> = sobra após a morte; NA<sup>2</sup> = número de aves após a morte.

### 3.9.3 Produção de ovos

A produção de ovos de cada unidade experimental foi anotada diariamente e calculada através da soma dos ovos produzidos dividido pelo número de aves. Em caso de morte realizou-se um ajuste semelhante ao realizado no consumo de ração.

### 3.9.3 Peso dos ovos

Ao final de cada ciclo produtivo foram recolhidos e identificados dois ovos por gaiola, sendo pesados em balança analítica digital e obtida a média.

### 3.9.4 Massa de ovos

A variável massa de ovos (MO) foi calculada ao final de cada período produtivo da seguinte forma:

$$MO = \frac{(PMO)}{28} * PsMO$$

Onde:

MO = massa de ovos; PMO = produção média de ovos ao final de cada período avaliado (ajustado para mortalidade); PsMO = peso médio dos ovos.

### 3.9.5 Conversão alimentar por massa de ovos

A conversão alimentar por massa de ovo (CAMO) foi obtida ao final de cada período da seguinte forma:

$$CAMO = \frac{\left(\frac{CDR * 28}{1000}\right)}{\left(\frac{NMO * PsMO}{1000}\right)}$$

Onde:

CDR = consumo diário de ração; NMO = número médio de ovos produzidos; PsMO = peso médio dos ovos.

### 3.9.6 Conversão alimentar por dúzia

A conversão alimentar por dúzia foi calculada pela relação entre o consumo total de ração e a produção de ovos em dúzia ao final de cada período experimental.

### 3.9.7 Gravidade específica dos ovos

Após serem pesados os ovos foram colocados em uma cesta perfurada e imersos em baldes dispostos em ordem crescente da concentração salina, com peso específico variando entre 1,074 a 1,102 e intervalos de 0,004, totalizando oito soluções (Fig. 2). A cada imersão em solução salina, os ovos que flutuavam eram retirados e suas respectivas concentrações anotadas, enquanto que os demais eram levados para o balde seguinte. A calibração das soluções era realizada antes de cada avaliação a cada 28 dias, através do uso de um densímetro. Como a perda de água do ovo por evaporação poderia influenciar nas medições, as análises foram feitas no dia da postura dos ovos.



Figura 2: Determinação da gravidade específica.

As quantidades de cloreto de sódio (NaCl) utilizadas para a obtenção das densidades desejadas são mostradas na tab. 2.

Tabela 2: Quantidades utilizadas de sal (NaCl) para obtenção das densidades específicas desejadas.

Gravidade específica	Gramas de NaCl / L de água
1,074	112,3
1,078	118,2
1,082	124,3
1,086	130,3
1,090	136,3
1,094	142,3
1,098	148,3
1,102	154,5

Fonte: Zumbado (1983)

### 3.9.8 Unidade Haugh

Após medir a densidade específica dos ovos, os mesmos eram quebrados dentro de uma superfície plana, sendo medida a altura de albúmen (Fig. 3), realizada com uma régua específica (marca FHK) posicionada perpendicularmente à posição das chalazas. E o cálculo para medida desta variável foi feito através da seguinte fórmula:

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

Onde:

h = altura do albúmen (mm) e p = peso do ovo (g).

Este parâmetro está relacionado com qualidade interna do ovo e esta é melhor, quanto maior o valor em Unidades Haugh.



Figura 3: Determinação da altura do albúmen.

### 3.9.9 Cor da gema

A cor da gema foi obtida através da apreciação visual, medida pelo leque colorimétrico da Roche com escala de 1 a 15 (Fig. 4), avaliando-se dois ovos por unidade experimental ao final de cada período.



Figura 4: Leque colorimétrico de Roche.

#### 3.9.10 Peso da clara

Após as medidas anteriores, gema e clara foram separadas com auxílio de um separador de ovos manual para pesagem da clara em balança analítica digital.

#### 3.9.11 Peso e espessura da casca

Feitas as avaliações da qualidade interna dos ovos, as cascas foram lavadas para a remoção do albúmen aderido à sua membrana interna. Depois foram colocadas em ambiente arejado por sete dias e, estando secas, as avaliações do peso e da espessura foram realizadas. A pesagem individual das cascas (Fig. 5) foi realizada em balança digital com capacidade para 2 kg e sensibilidade de 0,1 g. A partir dos pesos obtidos foi realizado o cálculo do peso médio da casca dos ovos para cada uma das unidades experimentais.



Figura 5: Pesagem individual das cascas em balança digital.

Para mensuração da espessura da casca foi utilizada a sua porção mediana, considerando também as membranas interna e externa. Foi utilizado um paquímetro digital (marca *Starret*) com precisão de 0,01 mm. A partir da medida obtida para cada casca foi calculada a média da espessura para cada uma das unidades experimentais.

### 3.9.12 Relação heterófilo/linfócito

Para avaliação da contagem diferencial heterófilo/linfócito foi realizada coleta de cerca de 1 mL de sangue por ave, por venopunção da veia ulnar, sendo utilizadas 10 aves por tratamento. As aves foram identificadas e as coletas aconteceram no primeiro dia experimental e a cada final de período. O sangue foi disposto em tubos BD *vacutainer*® (tubos com vácuo e 7,2 mg de EDTA), identificados e acondicionados em bolsas térmicas, para encaminhamento ao laboratório e realização das análises hematológicas. Na contagem total de leucócitos, utilizou-se a seguinte técnica: com o auxílio de uma pipeta de Thoma aspirou-se 0,5 mL de sangue, fez-se a higienização da pipeta e aspirou-se 0,6 mL da solução de Natt-Harrick, agitando-se manualmente por cinco segundos. As primeiras gotas foram desprezadas e foi feito o preenchimento da câmara de Neubauer. A diluição foi de 1:200, realizando-se a contagem em câmara de Neubauer, sendo contadas as células em nove quadrados pequenos centrais e o resultado multiplicado por 120 (o fator de multiplicação é sempre calculado de acordo com cada diluição). Para a contagem diferencial leucocitária, preparou-se um esfregaço sanguíneo em lâminas de vidro, fixado com álcool metílico (metanol) durante cinco minutos e posteriormente corado com hematoxilina-eosina (panótipo rápido). As lâminas foram lavadas com água destilada, secas ao ar livre e os esfregaços foram observados ao microscópio ótico. Para contagem leucocitária foram diferenciados os leucócitos granulares (heterófilos, eosinófilos e basófilos) dos não granulares (linfócitos e monócitos), contando-os individualmente.

### 3.9.13 Mortalidade

A mortalidade foi anotada em planilha específica, sempre que necessário.

### 3.9.14 Temperatura ambiente e umidade relativa do ar

A aferição e registro da umidade e temperatura ambiente foi realizada diariamente no turno da manhã. O sistema de renovação de ar foi através de exaustores com o auxílio de um termostato ajustado para a temperatura de 20°C. O estresse térmico natural foi caracterizado através da relação entre temperatura efetiva e umidade com auxílio de tabela de entalpia específica para poedeiras em fase de produção (VIEIRA et al., 2010).

### 3.9.15 Análise estatística

Os dados foram analisados primeiramente quanto à sua distribuição e presença de dados discrepantes (“outliers”) através da ferramenta “Guided Data Analysis” do SAS (2008). Foram detectados três dados discrepantes, conforme descrito na tab. A1 do apêndice. Posteriormente, os dados foram submetidos à análise de variância utilizando o modelo matemático geral já descrito, com o uso da ferramenta GLM do SAS (2008). Eventualmente, covariáveis de interesse (tab. A2 do apêndice) foram acrescentadas ao modelo. Para análise de frequência de mortalidade foi utilizado o teste de qui-quadrado. Os quadros de análise de variância estão descritos nas tab. A3 à A15 do apêndice e as médias gerais, por período, estão nas tab. A16 à A19 do apêndice.

## 4 Resultados

### 4.1 Desempenho produtivo

Os dados gerais referentes ao consumo de ração, produção de ovos (%), conversão alimentar por massa e por dúzia estão representados na tabela 3 e 4. O consumo de ração ( $p=0,29$ ) e a porcentagem de produção de ovos ( $p=0,14$ ) não foram influenciados pelo uso simultâneo do Cr e Se orgânicos. No entanto, houve interação significativa entre o Cr e o Se orgânicos (tab. 5 e 6) para as variáveis conversão alimentar por massa ( $p=0,06$ ) e por dúzia ( $p=0,008$ ), contudo a utilização de Cr e Se orgânicos, simultaneamente, não produz resultados melhores que a suplementação de cada um dos microminerais de forma isolada. As aves que receberam apenas Cr orgânico, sem a suplementação de Se orgânico, apresentaram maior porcentagem de produção de ovos ( $p=0,01$ ) e melhor conversão alimentar por massa ( $p=0,03$ ) e por dúzia ( $p=0,10$ ), já as que receberam apenas Se orgânico, sem suplementação de Cr orgânico, não apresentaram diferença para essas variáveis.

Tabela 3: Médias de consumo de ração, produção de ovos, conversão alimentar por dúzia e por massa, com a utilização de Cr orgânico.

Variável	Cr		Valor de P
	0	400 ppm	
Consumo de ração (g)	115,81 ± 1,41	116,20 ± 1,72	0,85
Produção média de ovos (%)	66,63 ± 1,20	70,35 ± 1,02	0,01
Conversão alimentar/ dúzia*	1,98 ± 0,03	1,92 ± 0,02	0,10
Conversão alimentar/ massa**	2,89 ± 0,06	2,74 ± 0,04	0,03

\*kg de ração por dúzia de ovos produzidos. \*\*kg de ração por kg de massa de ovos.

Tabela 4: Médias de consumo de ração, produção de ovos, conversão alimentar por dúzia e por massa, com a utilização de Se orgânico.

Variável	Se		Valor de P
	0	0,3 ppm	
Consumo de ração (g)	114,53 ± 1,55	117,47 ± 1,58	0,15
Produção média de ovos (%)	67,63 ± 1,30	69,37 ± 0,91	0,23
Conversão alimentar/ dúzia*	1,98 ± 0,03	1,92 ± 0,02	0,11
Conversão alimentar/ massa**	2,86 ± 0,06	2,77 ± 0,05	0,15

Tabela 5: Médias ajustadas para conversão alimentar (CA) por massa.

CA por massa		Cromo	
		0 ppm	400ppm
Selênio	0 ppm	3,01 ± 0,07 <sup>aA</sup>	2,73 ± 0,07 <sup>B</sup>
	0,3 ppm	2,78 ± 0,07 <sup>b</sup>	2,75 ± 0,07

Letras maiúsculas distintas na linha diferem pelo teste LS Means ( $p < 0,10$ ).

Letras minúsculas distintas na coluna diferem pelo teste LS Means ( $p < 0,10$ ).

Tabela 6: Médias ajustadas para conversão alimentar (CA) por dúzia.

CA por dúzia		Cromo	
		0 ppm	400ppm
Selênio	0 ppm	2,07 ± 0,04 <sup>aA</sup>	1,90 ± 0,04 <sup>B</sup>
	0,3 ppm	1,90 ± 0,04 <sup>b</sup>	1,94 ± 0,04

Letras maiúsculas distintas na linha diferem pelo teste LS Means ( $p < 0,10$ ).

Letras minúsculas distintas na coluna diferem pelo teste LS Means ( $p < 0,10$ ).

#### 4.2 Qualidade externa e interna dos ovos

Nas tabelas 7, 8, 9 e 10 estão descritas as médias das variáveis de qualidade externa e interna dos ovos, respectivamente. Não houve interação significativa entre Cr e Se orgânicos para gravidade específica, peso e espessura da casca, peso dos ovos, massa dos ovos, peso e cor da gema, peso da clara e unidade Haugh. A suplementação de Cr orgânico diminuiu o peso dos ovos ( $p=0,03$ ), enquanto a suplementação de Se orgânico elevou o peso ( $p=0,004$ ) e a espessura da casca ( $p=0,06$ ) e a cor da gema ( $p=0,02$ ).

#### 4.3 Relação heterófilo/linfócito

A suplementação de minerais orgânicos não afetou significativamente a relação heterófilo/linfócito (tabelas 11 e 12).

Tabela 7: Efeito do uso de Cr orgânico sobre as médias de parâmetros de qualidade externa dos ovos.

Variável	Cr		Valor de P
	0	400	
Gravidade específica	1089,36 ± 0,61	1090,51 ± 0,67	0,18
Peso da casca (g)	6,40 ± 0,06	6,34 ± 0,07	0,56
Espessura da casca (mm)	0,42 ± 0,30	0,42 ± 0,39	0,53
Peso médio dos ovos (g)	62,32 ± 0,55	60,60 ± 0,48	0,03

Tabela 8: Efeito do uso de Se orgânico sobre as médias de parâmetros de qualidade externa dos ovos.

Variável	Se		Valor de P
	0	0,3	
Gravidade específica	1089,21 ± 0,67	1090,63 ± 0,61	0,20
Peso da casca (g)	6,24 ± 0,06	6,50 ± 0,07	0,004
Espessura da casca (mm)	0,41 ± 0,32	0,42 ± 0,37	0,06
Peso médio dos ovos (g)	61,20 ± 0,59	61,67 ± 0,46	0,29

Tabela 9: Efeito do uso de Cr orgânico sobre as médias de parâmetros de qualidade interna dos ovos.

Variável	Cr		Valor de P
	0	400	
Massa dos ovos (g/dia)	40,82 ± 0,73	42,52 ± 0,65	0,31
Peso da clara (g)	37,26 ± 0,42	35,83 ± 0,40	0,64
Altura da Clara (mm)	8,74 ± 0,16	8,95 ± 0,17	0,35
Unidade Haugh	92,24 ± 0,87	93,25 ± 0,89	0,30
Cor da gema	5,95 ± 0,11	6,00 ± 0,11	0,64

Tabela 10: Efeito do uso de Se orgânico sobre as médias de parâmetros de qualidade interna dos ovos.

Variável	Se		Valor de P
	0	0,3	
Massa dos ovos (g/dia)	40,76 ± 0,74	42,58 ± 0,64	0,17
Peso da clara (g)	36,24 ± 0,46	36,82 ± 0,37	0,34
Altura da Clara (mm)	8,94 ± 0,16	8,76 ± 0,17	0,45
Unidade Haugh	93,07 ± 0,89	92,47 ± 0,88	0,51
Cor da gema	5,84 ± 0,12	6,10 ± 0,11	0,02

Tabela 11: Efeito do uso de Cr orgânico sobre a média ajustada para relação heterófilo/linfócito (H/L).

Variável	Cr		Valor de P
	0	400	
Relação H/L	0,86 ± 0,08	0,84 ± 0,09	0,80

Tabela 12: Efeito do uso de Se orgânico sobre a média ajustada para relação heterófilo/linfócito (H/L).

Variável	Se		Valor de P
	0	0,3	
Relação H/L	0,86 ± 0,09	0,84 ± 0,08	0,85

#### 4.4 Mortalidade

A interação entre Cr e Se orgânicos, assim como o uso individual dos microminerais orgânicos não afetou significativamente ( $p < 0,10$ ) a mortalidade das poedeiras (tab. 13).

Tabela 13: Efeito dos níveis de Cr e Se orgânicos sobre a frequência e respectivos percentuais de mortalidade das aves no período experimental.

	Mortalidade	Total de aves	Valor de p*
Cr			
0 ppm	19 (19,79)	96	0,25
400 ppm	13 (13,54)		
Se			
0 ppm	18 (18,75)	96	0,44
0,3 ppm	14 (14,58)		

\*Teste qui-quadrado.

#### 4.5 Temperatura, umidade relativa e valores de entalpia

Os dados de temperaturas máximas alcançaram valores entre 21°C e 27,9°C em 46 dias experimentais e entre 28°C e 36,6°C em 67 dias, ou seja, acima do conforto térmico para as aves em 59,3% do período. Já o índice de conforto térmico, avaliado através dos valores de entalpia, onde a faixa de conforto para poedeiras varia entre 58 e 68,8 kJ/ kg de ar seco (VIEIRA et al., 2010), permaneceram acima dos valores ideais em 75% do período total do experimento.

As medidas das temperaturas máximas e mínimas e a umidade relativa do ar do interior do galpão estão expressas na Fig. 6 e os valores da entalpia estão expressos na Fig. 7.

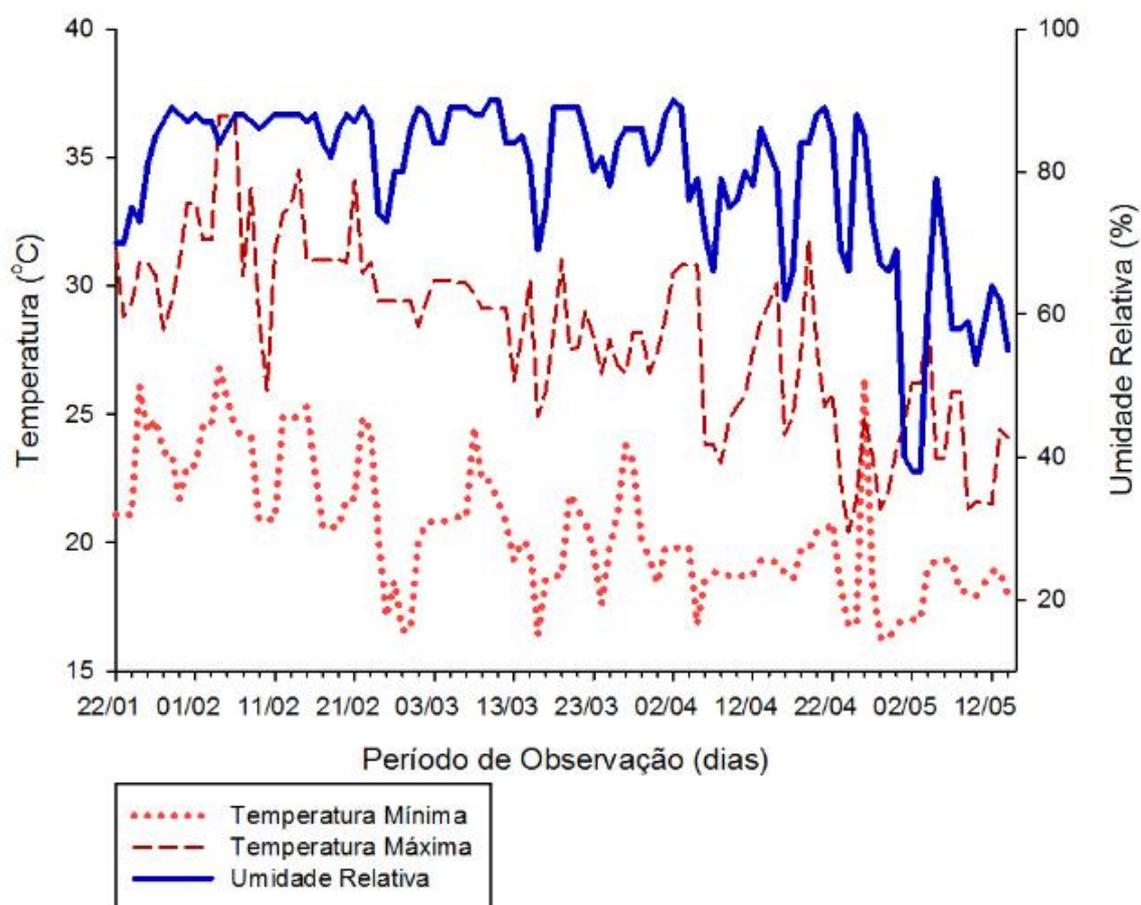


Figura 6: Temperaturas mínimas, máximas e umidade relativa do ar, durante o período experimental.

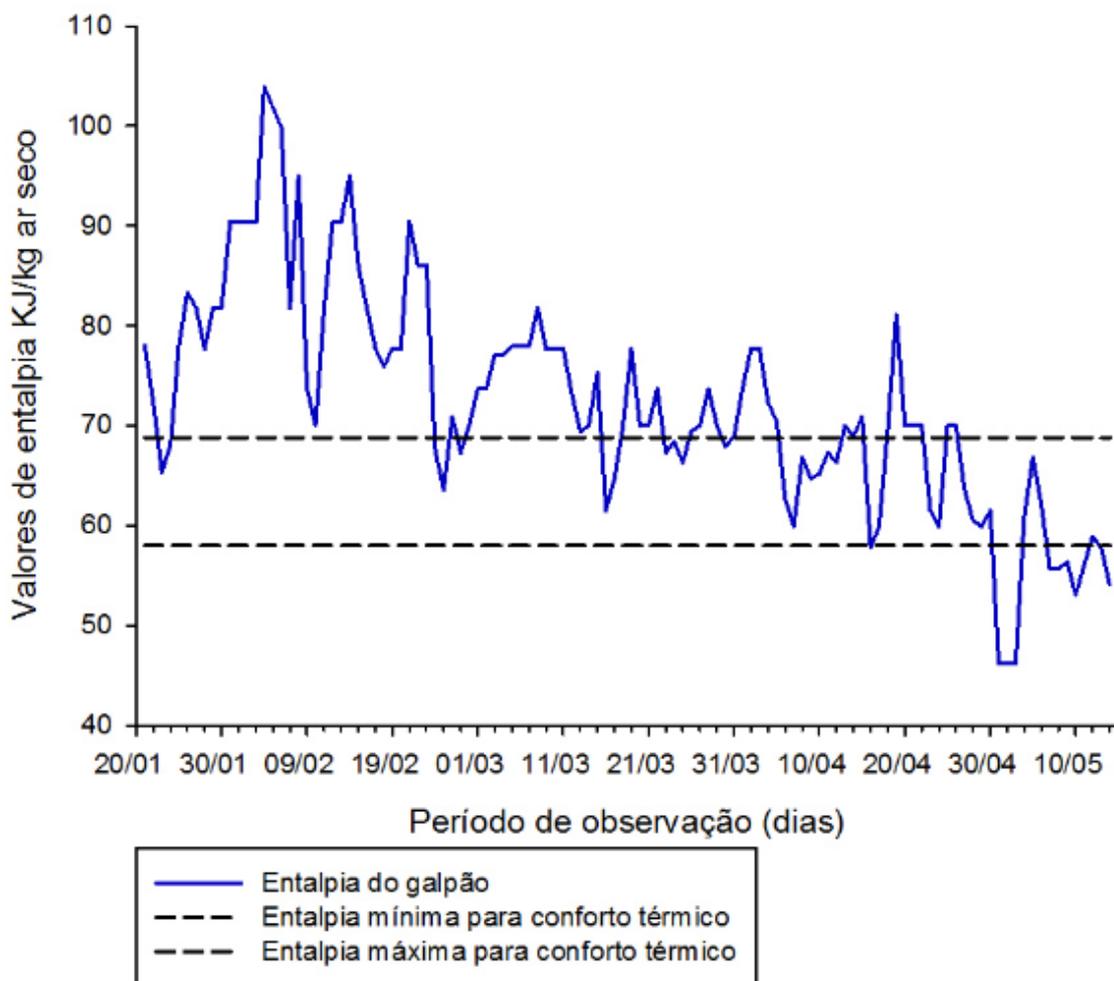


Figura 7: Valores de entalpia durante o período experimental.

## 5 Discussão

### 5.1 Desempenho

O consumo de ração não diferiu estatisticamente para os fatores analisados. Esses resultados corroboram com os encontrados por Piva et al. (2003), Utterback et al. (2005), Richter et al. (2006) e Hanafy et al. (2009) que não observaram alterações no consumo de poedeiras alimentadas com Se orgânico. Da mesma forma, Sahin et al. (2001a; 2002a), suplementando Cr para poedeiras criadas em condições de estresse pelo frio, também não observaram diferenças para esta variável. Vaz et al. (2009), Amatya et al. (2004) e Oba (2004), trabalhando com Cr na dieta para frangos de corte e Chen et al. (2001), com perus, também obtiveram resultados semelhantes. Domínguez-Vara et al. (2009), trabalhando com a interação de Cr e Se orgânicos na dieta de cordeiros, também não observaram diferenças no consumo. No entanto, trabalhos utilizando níveis de cromo em codornas mantidas sob estresse térmico (SAHIN et al. 2001b; ARAÚJO et al., 2007), relataram aumento para essa variável. Da mesma forma, que ocorreu em estudos conduzidos com frangos de corte em ambiente termoneutro (LIEN et al., 1999) e em estresse por calor (SAHIN et al., 2003a). Assim como Payne et al. (2005) que, trabalhando com Se orgânico, inorgânico e dieta basal (sem nenhuma forma de selênio), demonstraram um maior consumo para as aves alimentadas sem nenhuma fonte de selênio.

A melhora na conversão alimentar por massa e por dúzia, das aves que receberam Cr orgânico na dieta, pode estar relacionada com o aumento na produção de ovos e com a maior eliminação deste micromineral em momentos de estresse por calor, conseqüentemente sua suplementação pode ter auxiliado no melhor aproveitamento de energia pelas aves. Sabe-se que o cromo é um cofator da insulina e que é necessário para utilização da glicose no metabolismo animal. Denominado também de GTF, auxilia a insulina no transporte da glicose para dentro da célula para geração de energia (COLGAN, 1993) que, além de ser utilizada para o metabolismo basal também pode ser utilizada nos processos produtivos. Concordando com os resultados encontrados nesse trabalho, Sahin et al. (2002a), observaram melhora na eficiência alimentar de poedeiras alimentadas com Cr e

criadas em ambiente de estresse por frio. Assim como, Sahin et al. (2001b), relataram resultados semelhantes em codornas japonesas na fase de postura. Porém, Araújo et al. (2007), não encontraram melhora na conversão alimentar de codornas na fase de postura alimentadas com Cr orgânico, apesar de relatarem um aumento de 3,8% na conversão alimentar por dúzia.

No presente estudo, o Se orgânico não melhorou a conversão alimentar. Da mesma forma, Payne et al. (2005) e Sechinato et al. (2006) também não encontraram diferenças significativas para conversão alimentar por dúzia em poedeiras recebendo Se orgânico. No entanto, Philomeno et al. (2008), trabalhando com leitões dos 7 aos 23 kg, observaram que o Se orgânico proporcionou melhora na conversão alimentar. Com relação à interação, a utilização simultânea dos microminerais não produziu resultados melhores que a suplementação de forma isolada, portanto a utilização de apenas um mineral torna-se mais viável economicamente.

Os dados desse estudo concordam com Cantor et al. (2000), Payne et al. (2005), Utterback et al. (2005), Sechinato et al. (2006) e com Bennett e Cheng (2010) que, trabalhando com Se orgânico na dieta de poedeiras, não observaram aumento na produção de ovos. Já, El-Mallah et al. (2011) relataram melhora significativa na produção de ovos em aves recebendo o mesmo micromineral. Trabalhando com Cr orgânico para poedeiras, Sahin et al. (2001a e 2002a), observaram aumento na produção de ovos em condições de estresse por frio. Assim como, Araújo et al. (2007) e Sahin et al. (2001b e 2002b) relataram aumento na produção de ovos em codornas japonesas. Esses dados vêm ao encontro do verificado no presente estudo, onde foi observada a maior produção de ovos ( $p=0,01$ ) com a suplementação desse micromineral na dieta. O aumento na produção pode ser consequência da melhor conversão alimentar, devido às funções do cromo.

## 5.2 Qualidade externa dos ovos

O Se tem grande importância na proteção das membranas biológicas contra degradação oxidativa, preservando assim, as membranas da glândula da casca, podendo levar a uma melhor qualidade da casca através da deposição adequada de cálcio. Além disso, ele preserva a integridade do pâncreas, permitindo a digestão normal de lipídeos, conseqüentemente das vitaminas lipossolúveis como a vitamina E (LEESON e SUMMERS, 2001) e, possivelmente a vitamina D, essencial para a

absorção de cálcio. Esses fatores podem ter contribuído para o aumento na espessura e peso da casca dos ovos, relatados nesse estudo. Esses dados corroboram com Sara et al. (2008) e El-Mallah et al. (2011), que também observaram melhora na qualidade da casca de ovos de poedeiras alimentadas com Se orgânico.

Com relação ao Cr orgânico, Lien et al. (1996) também não observaram alterações na casca dos ovos. Já, Sahin et al. (2002a), trabalhando com poedeiras e, Sahin et al. (2001b e 2002b) com codornas, observaram aumento no peso e espessura da casca de ovos.

A gravidade específica não foi influenciada por nenhum dos fatores estudados, fato que vai de encontro aos dados obtidos por Sahin et al. (2002a) estudando Cr orgânico em poedeiras e com Pan et al. (2010) que trabalharam com Se orgânico na dieta de poedeiras. Por outro lado, Sahin et al. (2001b e 2002b) relataram aumento da gravidade específica de ovos provenientes de aves que receberam Cr orgânico na dieta.

Concordando com o presente estudo, Pan et al. (2010) e El-Mallah et al. (2011) também não observaram aumento no peso dos ovos com a adição de Se orgânico na dieta. Já, Payne et al. (2005), relataram a tendência ao aumento no peso dos ovos com a inclusão desse micromineral.

Com a utilização de Cr orgânico houve diminuição no peso dos ovos, provavelmente por consequência do menor peso de clara e gema que, apesar de não terem apresentado diferença estatística individualmente, quando somadas, podem ser relevantes. Diferentemente de, Jensen e Maurice (1980) e Araújo et al. (2007) que não observaram variação no peso dos ovos. Já, Sahin et al. (2001b e 2003b) trabalhando com codornas japonesas, e Sahin et al. (2002a) com poedeiras, relataram aumento significativo no peso dos ovos.

### 5.3 Qualidade interna dos ovos

A melhora significativa na coloração da gema com o uso de Se orgânico pode estar relacionada com efeito positivo desse micromineral sobre os carotenoides, que são substâncias lipossolúveis e podem ter sido beneficiadas tanto ao nível de absorção intestinal como no seu transporte no fluido extracelular até o fígado ou até o folículo, corroborando com os dados publicados por Surai e Sparks (2000) e Pan et al. (2010).

As variáveis peso da clara e unidade Haugh não foram afetadas pela adição de microminerais orgânicos, concordando com Sahin et al. (2002a) que não observaram melhora na unidade Haugh de ovos provenientes de aves recebendo Cr orgânico e diferindo de Sahin et al. (2001b, 2002a e 2002b), que observaram melhora nas variáveis em questão.

#### 5.4 Relação H/L

Segundo Gross e Siegel (1983), as relações H/L 0,2, 0,5 e 0,8 indicam, respectivamente, baixo, ideal e elevado grau de estresse nas aves. Nesse estudo os minerais orgânicos não influenciaram a relação H/L, que foi acima de 0,8 em todas as aves. Langaná et al. (2005) também não observaram diminuição na relação H/L com uso de Se orgânico em frangos de corte. No entanto, Guo e Liu (1997) e Uyanik et al. (2002) relataram redução na relação H/L com uso de Cr.

#### 5.5 Mortalidade

A suplementação de Cr e Se na forma orgânica não influenciou na mortalidade das poedeiras. Resultados semelhantes foram encontrados por Silva et al. (2010), trabalhando com Cr orgânico em frangos de corte sob estresse térmico e Utterback et al. (2005), trabalhando com poedeiras comerciais recebendo selênio orgânico na dieta. Já, Jackson et al. (2008), trabalhando com frangos de corte, observaram que a suplementação da ração com Cr orgânico reduziu a mortalidade dos animais.

#### 5.6 Temperatura e umidade ambiental interna

Segundo Nilipour (2002) o estresse térmico é resultado da combinação entre a elevada temperatura ambiente e a alta umidade relativa do ar. Assim, os valores de temperatura e umidade registrados no período experimental são considerados pela literatura, passíveis de provocarem estresse por calor nas aves (MILES et al., 2000; NILIPOUR, 2002). Da mesma forma, apenas 25% do período experimental apresentou valores de entalpia dentro da faixa de conforto térmico.

O desconforto térmico sofrido pelas aves leva a uma série de fatores associados à queda no consumo de ração, peso dos ovos e qualidade da casca (PAYNE, 1967) e, a utilização de minerais orgânicos, pode ter influenciado nos parâmetros produtivos das aves nesses períodos.

## **6 Conclusões**

Conclui-se que o uso de Cr orgânico melhora o desempenho produtivo e diminui o peso dos ovos, sem alterar a relação H/L. Já, o Se orgânico não afetou o desempenho produtivo nem a relação H/L, porém melhorou a qualidade da casca, além de aumentar a cor da gema de ovos provenientes de poedeiras semipesadas alojadas em ambientes com temperaturas elevadas.

## 7 Referências

- AHMAD, T.; KHALIL, T.; MUSHTAG, T.; MIRZA, M.A.; NADEEM, A.; BARABARAND, M.E.; AHMAD, G. Effect of KCL supplementation in drinking water on broiler performance under heat stress conditions. **Poultry Science**, v. 87, n. 7, p. 1276-1280, 2008.
- AHMED, N.; HALDAR, S.; PAKHIRA, M.C. GHOSH T. K. Growth performances, nutrient utilization and carcass traits in broiler chickens fed with a normal and a low energy diet supplemented with organic chromium (as chromium chloride hexahydrate) and a combination of inorganic chromium and ascorbic acid. **The Journal of Agricultural Science**, v. 143, p. 427-439, 2005.
- AMATYA, J. L.; HALDARAND, S.; GHOSH, T. K. Effects of chromium supplementation from inorganic and organic sources on nutrient utilization, mineral metabolism and meat quality in broiler chickens exposed to natural heat stress. **British Society of Animal Science**, n. 79, p. 241-253, 2004.
- ANDERSON, R.A.; BRYDEN, N.A.; POLANSKY, M.M. Dietary chromium intake. Freely chosen diets, institutional diets, and individual foods. **Biological Trace of Elements Research**, v. 32, p. 117-121, 1992.
- ANDERSON, R.A.; KOZLOVSKY, A.S. Chromium intake, absorption and excretion of subjects consuming self-selected diets. **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 41, n. 6, p. 1177-1183, 1985.
- ANDERSON, R.A.; POLANSKY, M. M.; BRYDEN, N. A.; BHATHENA, S. J.; CANARY, J.J. Effects of supplemental chromium on patients with symptoms of reactive hypoglycemia. **Metabolism**, v. 36, n. 4, p. 351-355, 1987.
- ANDERSON, R. A.; POLANSKY, M. M.; BRYDEN, N. A.; CANARY, J. J. Supplemental chromium effects on glucose, insulin, glucagons, and urinary chromium losses in subjects consuming controlled low chromium diets. **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 54, n. 5, p. 909-916, 1991.
- ARAÚJO, M. S.; BARRETO, S. L.; DONZELE, J. L.; OLIVEIRA, R. F. M.; UMIGI, R. T.; OLIVEIRA, W. P.; BALBINO, E. M.; ASSIS, A. P.; MAIA, G. V. C. Níveis de cromo orgânico na dieta de codornas japonesas mantidas em estresse por calor na fase de postura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.3, p. 584-588, 2007.
- ARAÚJO, J. A.; SILVA, J. H. V.; AMÂNCIO, A. L. L.; LIMA, C. B.; OLIVEIRA, E. R. A. Fontes de minerais para poedeiras. **Acta Veterinária Brasília**, v. 2, n. 3, p. 53-60, 2008.

ARPÁŠOVÁ, H.; PETROVIČ. V.; MELLEN, M.; KAČÁNIOVÁ, M.; ČOBANOVÁ, K.; LENG, L. The effects of sodium selenite and selenized yeast supplementation into diet on laying hens body weight. **Journal of Animal and Feed Sciences**, n. 18, p. 90-100, 2009.

BARBOSA FILHO, J. A. D. Avaliação do bem estar de aves poedeiras em diferentes sistemas de produção e condições ambientais, utilizando análises de imagens. Dissertação (Mestrado na área de Física do Ambiente Agrícola) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

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

BERRY, M. J.; BANU, L.; CHEN, Y.; MANDEL, S. J.; KIEFFER, J. D.; HARNEY, J. W.; LARSEN, P. R. Recognition of UGA as a selenocysteine codon in Type I deiodinase requires sequences in the 3' untranslated region. **Nature**, v. 353, p. 273-276, 1991.

BHAGAT, J.; AHMED, K.A.; PRAVEEN TYAGI, M.; SAXENA, M.; SAXENA, V. K. Effects of supplemental chromium on interferon-gamma (IFN- $\gamma$ ) mRNA expression in response to Newcastle disease vaccine in broiler chicken. **Research in Veterinary Science**, n. 85, p. 46–51, 2008.

BOREL, J. S.; ANDERSON, R. A. Chromium. In: Frieden E, editor. *Biochemistry of the essential ultrace elements*. New York: Plenum Press, 1984, p. 175-99.

BORGES, S. A.; MAIOKA, A. SILVA, A. V. F. Fisiologia do estresse calórico e a utilização de eletrólitos em frangos de corte. **Ciência Rural**, v.33, n.5, p. 975-981, 2003.

BORUTA, A. E.; SWIERCZEWSKA, K.; GLEBOCKA, E. L.; NOLLET. Organic minerals (Bioplex) as total replacement of inorganic sources for layers – effect on productivity. In: 23<sup>o</sup> Simpósio Anual da Alltech, Lexington, Ky, 2007.

BRITO, C. O. **Importância do Selênio sobre Produção Animal e Saúde Humana**. 2007. Disponível em: [http://www.polinutri.com.br/conteudo\\_artigos\\_anteriores\\_maio\\_07.htm](http://www.polinutri.com.br/conteudo_artigos_anteriores_maio_07.htm). Acesso em 24 de outubro de 2011.

BURTON, J. L. Supplemental chromium: its benefits to the bovine immune system. **Animal Feed Science and Technology**, v. 53, p. 117-133, 1995.

CANIATTO, Amanda Raquel de Miranda. Minerais orgânicos e fitase como redutores do poder poluente de dejetos suínos. 2011. 89f. Dissertação (Mestrado em Qualidade e Produtividade Animal). Universidade de São Paulo, Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Pirassununga.

CANTOR, A. H.; STRAW, M. L.; FORD, M. J.; PESCATORE, A. J.; DUNLAP, M. K. Effect of feeding organic selenium in diets of laying hens on egg selenium content. In: SIM, J. S.; KAKAI, S.; GUENTER, W. *Egg Nutrition and Biotechnology.*, CABI: New York, NY. 2000.

CHEN, K. L.; LU, J. J.; LIEN, F. F.; CHIOU, P. W. Effects of chromium nicotinate on performance, carcass characteristics and blood chemistry of growing turkeys. **British Poultry Science**, v. 42, p.399-404, 2001.

COLGAN, M. Chromium boosts insulin efficiency. In: *Optimum Sports Nutrition*. New York: Advanced Research Press, 1993. p. 313–20.

COSTA, N. M. B. Minerais. In: COSTA, N. M. B. & PELUZIO, M. C. G. (Eds) *Nutrição Básica e Metabolismo*. Editora UFV, p.263-359, 2008.

DAGHIR, N. J. *Poultry production in hot climates*. 2 ed. CAB International: London, UK, 2008, 387p.

DOMÍNGUEZ-VARA, I. A.; GONZÁLEZ-MUÑOZ, S. S.; PINOS-RODRÍGUEZ, J. M.; BÓRQUEZ-GASTELUM, J. L.; BÁRCENA-GAMA, R.; MENDOZA-MARTÍNEZ, G.; ZAPATA, L. E.; LANDOIS-PALENCIA, L. L. Effects of feeding selenium-yeast and chromium-yeast to finishing lambs on growth, carcass characteristics, and blood hormones and metabolites. **Animal Feed Science and Technology**, v. 152, n. 1-2, p. 42–49, 2009.

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

EBEID, T. A. Organic selenium enhances the antioxidative status and quality of cockerel semen under high ambient temperature. **British Poultry Science**, v. 50, p. 641-647, 2009.

EDENS, F. W. Practical applications for selenomethionine: broiler breeder reproduction. In: LYONS, T. P.; JACQUES, K. A. (eds.): *Nutritional Biotechnology in the Feed and Foot Industries*. Proc. Alltech's 18th Annual Symposium, Nottingham, UK, Nottingham University Press, p. 29–42, 2002.

EDENS, F.W.; GOWDY, K.M. Biotechnology in the Feed Industry. In: *Proceedings of Alltech's 19th Annual Symposium* (Lyons, T.P. and Jacques, K.A. eds), Nottingham, UK, Nottingham University Press, p. 35-55, 2004.

EL-HOMMOSANY, Y. M. Study of the Physiological Changes in Blood Chemistry, Humoral Immune Response and Performance of Quail Chicks Fed Supplemental Chromium. **International Journal of Poultry Science**, v. 7, n. 1, p. 40-44, 2008.

EL-MALLAH, G.M.; YASSEIN, S.A.; MAGDA, M.A.F.; EL-GHAMRY, A.A. Improving performance and some metabolic response by using some antioxidants in laying diets during summer season. **Journal of American Science**, v. 7, n. 4, p. 217-224, 2011.

EREN, M.; BASPNAR, N. Effect of dietary CrCl<sub>3</sub> supplementation on some serum biochemical markers in broilers. Influence of season, age and sex. **Revue de Medicine Veterinary**, n. 155, p. 637-641, 2004.

FERREIRA, R. A. Maior produção com melhor ambiente para aves, suínos e bovinos. Viçosa: Aprenda Fácil, 2005. 371p.

FRANCO-JIMENEZ, D. J; BECK, M. M. Physiological changes to transient exposure to Heat Stress observed in Laying Hens. **Poultry Science**, v. 86, n. 3, p. 538-544, 2007.

GHAZALAH, A. A., ABD-ELSAMEE, M. O.; ALI, A.M. Influence of dietary energy and poultry fat on the response of broiler chicks to heat stress. **International Journal of Poultry Science**, v. 7, n. 4, p. 355-359, 2008.

GIERUS, M. Fontes orgânicas e inorgânicas de selênio na nutrição de vacas leiteiras: digestão, absorção, metabolismo e exigências. **Ciência Rural**, v.37, p. 1212-1220, 2007.

GROSS, W. B.; SIEGEL, H. S. Evaluation of the heterophil to lymphocyte ratio as a measure of stress in chickens. **Avian Disases**, v. 27, n. 4, p. 972–979, 1983.

GUO, L.; LIU, C. Impact of heat stress on broiler chicks and effects of supplemental yeast chromium. **Biotehnologija u stocarstvu**, v. 13, n. 3-4, p. 171-176, 1997.

HANAFY, M. M.; EL-SHEIKH, A. M. H.; ABDALLA, E. A. The effect of organic selenium supplementation on productive and physiological performance in a local strain of chicken. 1-The effect of organic selenium (sel-plex™) on productive, reproductive and physiological traits of bandarrah local strain. **Egyptian Poultry Science**, v. 29, p. 1061-1084, 2009.

HARRISON C. O estresse calórico nas aves. Fisiologia e consequências. In: Simpósio Internacional Sobre Ambiente e Instalações na Avicultura Industrial. Campinas, São Paulo, p. 25-32. 1995.

JACKSON, A. R.; POWELL, S.; JOHNSTON, J.; SHELTON, T.; BIDNER, F. R.; SOUTHERN, L. The Effect of Chromium Propionate on Growth Performance and Carcass Traits in Broilers. **Applied Poultry Science**, v. 17, p. 476-481, 2008.

JENSEN, L.S.; MAURICE, D.V. Dietary chromium and interior egg quality. **Poultry Science**, v. 59, p. 341-346, 1980.

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

KRÓLICZEWSKA, B.; ZAWADZKI, W.; DOBRAZANSKI, Z.; KACZMAREK-OLIWA, A. Changes in selected serum parameters of broiler chicken fed supplemental chromium. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v. 88, n. 11-12, p. 393-400, 2004.

- LANA, G.R.Q.; ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; LANA, A. M. Q. Efeito da temperatura ambiente e restrição alimentar sobre o desempenho e composição corporal de frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, n. 4, p. 1117-1123, 2000.
- LANGANÁ, C.; RIBEIRO, A. M. L.; GONZALEZ, F. H. D.; LACERDA, L. A.; TERRA, S. R.; BARBOSA, P. R. Suplementação de vitaminas e minerais orgânicos nos parâmetros bioquímicos e hematológicos de frangos de corte em estresse por calor. **Boletim da Indústria Animal**, v.62, n.2, p.157-165, 2005.
- LEE, D.N.; WU, F.Y.; CHENG, Y.H.; LIN, R.S.; WU, P.C. Effect of dietary chromium picolinate supplementation on growth performance and immune responses of broilers. **Asian Australian Journal Animal Science**, n. 16, p. 227-233, 2003.
- LEESON, S.; SUMMERS, J. D. **Nutrition of the chicken**. 4th ed. Guelph: University Books, 2001. 591 p.
- LEESON, S. A new look at trace mineral nutrition of poultry: can we reduce the environmental burden of poultry manure? In: LYONS, T.P., JACQUES, K.A. Nutritional Biotechnology in the Feed and Food Industries. Eds. Nottingham University Press, Nottingham. United Kingdom. 2003.
- LEESON, S.; NAMKUNG, H.; CASTON, L.; DUROSOY, S.; SCHLEGEL, P. Comparison of selenium levels and sources and dietary fat quality in diets for broiler breeder sand layer hens. **Poultry Science**, v. 87, n. 12, p. 2605–2612, 2008.
- LIEN, T. F.; CHEN, S.; SHIAU, S.; FROMAN, D.; HU, C. Y. Chromium picolinate reduces laying hen serum and egg yolk cholesterol. **The Professional Animal Scientist**, v. 12, p. 77–80, 1996.
- LIEN, T. F.; HORNG, Y. M.; YANG, K. H. Performance, serum characteristics, carcasse traits and lipid metabolism of broilers as affected by supplement of chromium picolinate. **British Poultry Science**, v. 4, n. 1, p. 357-363, 1999.
- LIEN, T. F.; YANG, K. H.; LINK, K. J. Effect of chromium propionate supplementation on growth performance, serum traits and immune response in weaned pigs. *Asian Australian Journal Animal Science*, v.18, p. 403- 408, 2005.
- LYONS, P. A new era in animal production: the arrival of the scientifically proven natural alternatives. In: SYMPOSIUM BIOTECHNOLOGY IN THE FEED INDUSTRY, 13, 1997. Proceedings of Alltech... Nottingham: Univ. Press, 1997, p. 1-13.
- MAIORKA, A.; MACARI, M. Absorção de minerais. In: MACARI, M.; FURLAN, R. L.; GONZALES, E. (Eds.). **Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte**. 2. ed. Jaboticabal: UNESP; FUNEP, 2002. p. 167-173.
- MASHALY, M. M.; HENDRICKS, G.L., KALAMA, M.A.; GEHAD, A. E.; ABBAS, A. O.; PATTERSON, P. H. Effects of heat stress on production parameters and immune responses of commercial laying hens. **Poultry Science**, v. 83, n. 6, p. 889-894, 2004.

MATEO, R. D.; SPALLHOLZ, J. E.; ELDER, R.; YOON, I.; KIM, S. W. Efficacy of dietary selenium sources on growth and carcass characteristics of growing-finishing pigs fed diets containing high endogenous selenium. **Journal of Animal Science**, v. 85, p. 1177–1183, 2007.

McCARTNEY, E. Trace mineral in poultry nutrition-1. Sourcing safe minerals, organically? **World Poultry**, v. 24, n. 2, p. 14-15, 2008.

McDOWELL, L. R. **Minerais para ruminantes sob pastejo em regiões tropicais, enfatizando o Brasil**. 3 ed., University of Florida , 92p., 1999.

McDOWELL, L. R. **Minerais in animal and human nutrition**. 2 ed. Netherlands: Elsevier Science, 2003. 644p.

MERTZ, W. Trace elements in human and animal nutrition, London: Academic Press, v. 1, p. 355-356, 1987.

MERTZ, W. Chromium: history and nutritional importance. **Biological Trace Elements Research**, v. 32, n. 2, p. 3, 1992.

MILES, R., BUTCHER, G., JACOB, J. La Adaptación Fisiológica al Estrés Calórico es una Cuestión de supervivencia. **Industria Avícola**. v. 47, n. 2, p. 36-37, 2000.

MIRANDA, Carolina Carvalho. Formas inorgânicas e orgânicas de minerais e temperatura ambiente sobre o desempenho, Imunidade e parâmetros sanguíneos em frangos de Corte. 2010. Dissertação (Mestrado em Zootecnia), Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Botucatu.

NIU, Z. Y.; LIU, F. Z.; YAN, Q. L.; LI, L. Effects of different levels of selenium on growth performance and immunocompetence of broilers under heat stress. **Archives of Animal Nutrition**, v. 63, n. 1, p. 56–65, 2009.

NILIPOUR, A. H. Manejo en Crianza y Postura Comerciales en Estrés Calórico. **Industria Avícola**. v. 49, n. 2, p. 30-36. 2002.

NOLLET, L.; VAN DER KLIS, J. D.; LENSING, M. SPRING, P. The effect of replacing inorganic with organic trace minerals in broiler diets on productive performance and mineral excretion. **The Journal of Applied Poultry Research**, v. 16, n. 4, p. 592-597, 2007.

OBA, A. Utilização do crômio na dieta de frangos de cortes criados sob diferentes condições de ambiente. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, n.8, p.1017-1023, 2004.

OFFENBACHER, E. G.; SPENCER, H.; DOWLING, H. J.; PI-SUNYER, F. X. Metabolic chromium balances in men. **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 44, n. 1, p. 77-82, 1986.

OSMAN, A. M. R.; ABDEL WAHED, H. M.; RAGAB, M. S. Effects of supplementing laying hens diets with organic selenium on egg production, egg quality, fertility and hatchability. **Egyptian Poultry Science**, v. 30, n. 3, p. 893-915, 2010.

PAN, E. A.; RUTZ, F.; DIONELLO, N. J. L.; ANCIUTI, A.; KRABBE, E. L. Desempenho de Poedeiras Semipesadas Arraçoadas com a Suplementação de Selênio Orgânico. *Revista Brasileira de Agrociência*, v.16, n.1-4, p.83-89, 2010.

PAYNE, G.C. Environmental temperature and egg production: the physiology of the domestic fowl. Edinburgh: Horton-Smith, 1967. p. 235-241.

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, n. 2, p. 232-237, 2005.

PECHOVA, A.; PAVLATA, L. Chromium as an essential nutrient: review. **Veterinarni Medicina**, v. 52, n. 1, p. 1–18, 2007.

PETRIC, L.; NOLLET, L.; MILOSEVIC, N.; ZIKIC, D. Effect of Bioplex and Sel-Plex substitution inorganic trace mineral sources on performance of broilers. **Archive Geflügelk**, v. 71, p. 122–129, 2007.

PIVA, A.; MEOLA, E.; GATTA, P. P.; BIAGI, G.; CASTELLANI, G.; MORDENTI, A. L.; LUCHANSKY, J. B.; SILVA, S.; MORDENTI, A. The effect of dietary supplementation with trivalent chromium on production performance of laying hens and the chromium content in the yolk. **Animal Feed Science and Technology**, v. 106, n. 1-4, p. 149–163, 2003.

PHILOMENO, R.; BARBOSA, C. E. T.; AMARAL, N. O.; CANTARELLI, V. S.; GOLDFLUS, F.; GOMES, F. A.; BERTECHINI, A. G. Desempenho de leitões dos 7 aos 23 kg recebendo dietas suplementadas com diferentes níveis e fontes de selênio. In: PorkExpo & IV Forum Internacional de Suinocultura, 2008, Curitiba-PR. **Anais de ... Curitiba-PR :PorkWorld**, v. 1, p. 89-91, 2008.

RIBEIRO, A. M. L.; LAGANÁ, C. Estratégias nutricionais para otimizar a produção de frangos de corte em altas temperaturas. In: ENCONTRO INTERNACIONAL DOS NEGÓCIOS DA PECUÁRIA, 2002, Cuiabá. **Anais...** Cuiabá: ENIPEC, 2002.

RICHTER, G.; LEITERER, M.; KIRMSE, R.; OCHRIMENKO, W. I.; ARNHOLD W. Comparative investigation of dietary supplements of organic and inorganic bounded selenium in laying hens. **Tieraerztliche Umschau**, v. 61, p. 155, 2006.

RICKLEFS, R. E. **A economia da natureza**. 5 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2003.

ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T. DONZELE, J.L. **Tabelas brasileiras para aves e suínos**: composição de alimentos e exigências nutricionais. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2005. 186p.

ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T; DONZELE, J.L.; GOMES, P.C; OLIVEIRA, R.F.; LOPES, D.C; FERREIRA, A.S; BARRETO, S.L.T; EUCLIDES, R.F. **Tabelas brasileiras para aves e suínos**: composição de alimentos e exigências nutricionais. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2011. 251p.

RUTZ, F.; MURPHY, R. Minerais orgânicos para aves e suínos. I Congresso Internacional sobre Uso da Levedura na Alimentação Animal – CBNA, **Anais de...** Campinas, SP. 2009.

RUTZ, F., PAN, E. A., XAVIER, G. B., ANCIUTI, M. A. Meeting selenium demands of modern poultry: responses to Sel-plex™ organic selenium in broiler and breeder diets. *Nutritional Biotechnology in the Feed and Food Industries*, Lyons, T.P.; Jaques K.A. Eds, p. 147 – 161, 2003.

SAAD, M. B. Efeito da suplementação de selênio orgânico na resposta imunológica de frangos de corte. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) Universidade Federal do Paraná. 54p. 2009.

SAHIN, K.; KÜÇÜK, O.; SAHIN, N. Effects of dietary chromium picolinate supplementation on performance and plasma concentrations of insulin and corticosterone in laying hens under low ambient temperature. **Journal of Animal Physiology and Nutrition**, v.85, n. 5-6, p.142-147, 2001a.

SAHIN, K. S.; KÜÇÜK, O.; SAHIN, N. S.; OZBEY, O. Effects of dietary chromium picolinate supplementation on egg production, egg quality and serum concentrations of insulin, corticosterone, and some metabolites of Japanese quails. **Nutrition Research**, v.21, n. 9, p. 1315–1321, 2001b.

SAHIN, N.; ONDERCI, M.; SAHIN, K. Effects of dietary chromium and zinc on egg production, egg quality and some blood metabolites of laying hens reared under low ambient temperature. **Biology Trace Elements Research**, v.85, n. 1, p. 47-58, 2002a.

SAHIN, K.; OZBEY, O.; ONDERCI, M.; CIKIM, G.; AYSONDU, M. H. Chromium supplementation can alleviate negative effects of heat stress on egg production, egg quality and some serum metabolites of laying Japanese quail. **Journal of Nutrition**, v. 132, n. 6, p. 1265-1268, 2002b.

SAHIN, K.; SAHIN, N.; KUCUK, O. Effects of chromium, and ascorbic acid supplementation on growth, carcass traits, serum metabolites, and antioxidant status of broiler chickens reared at a high ambient temperature (32°C). **Nutrition Research**, v. 23, n. 2, p. 225–238, 2003a.

SAHIN, N.; SAHIN, K.; ONDERCI, M.; OZCELIK, M.; SMITH, M. O. In vivo antioxidant properties of vitamin e and chromium in cold-stressed japanese quails. **Archives of Animal Nutrition**, v. 57, n. 3, p. 207-215, 2003b.

SARA, A.; BENŃEA, M.; ODAGIU, A.; PANTĂ, L. Effects of the organic selenium (sel-plex) administered in laying hens' feed in second laying phase on production performances and the eggs quality. *Bulletin UASVM Animal Science and Biotechnologies*, 65: 1-2, 2008.

SAS INSTITUTE. **SAS/STAT software: changes and enhancement through release 9.2.** Cary: SAS Institute, 2008.

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

SETTAR, P., YALCIN, S., TURKMUT, L., OZKAN, S.; CAHANER, A. Season by genotype interaction related to broiler growth rate and heat tolerance. **Poultry Science**, v. 78, n. 10, p. 1353–1358, 1999.

SCHWARZ, K.; MERTZ, W. Chromium (III) and the glucose tolerance factor. **Archives of Biochemistry and Biophysics**, v. 85, p. 292-295, 1959.

SILVA, I.C.M.; RIBEIRO, A. M. L.; CANAL, C.W.; TREVIZAN, L.; MACAGNAN, M. GONÇALVES, T.A., HLAVAC, N.R.C.; ALMEIDA, L. L.; PEREIRA, R.A. The impact of organic and inorganic selenium on the immune system of growing broilers submitted to immune stimulation and heat stress. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v.12, n.4, p. 247 – 254, 2010.

SKŘIVAN, M.; MAROUNEK, M.; DLOUHÁ, G.; ŠEVČÍKOVÁ, S. Dietary selenium increases vitamin E contents of egg yolk and chicken meat. **British of Poultry Science**, v. 49, p. 482–486, 2008.

STERLING, K.G.; BELL, D.D.; PESTI, G.M.; AGGREY, S.E. Relationships among strain, performance and environmental temperature in commercial laying hens. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 12, n. 1, p. 85–91, 2003.

SURAI, P. F. Organic selenium: benefits to animals and humans, a biochemist's view. In: *Biotechnology in the Feed industry. Proceedings of Alltech's 16<sup>th</sup> Annual Symposium* (Lyons, T. P.; Jacques, K. A. eds) Nottingham University Press, Nottingham, UK, p. 205-260, 2000.

SURAI, P.F.; SPARKS, N.H.C. Effect the selenium content on the maternal diet on the antioxidant system of the yolk. **British Society of Animal Science**, v. 41, n. 2, p. 235 -243, 2000.

THOMPSON, J. N.; SCOTT, M. L. Impaired lipid and vitamin E absorption related to atrophy of pancreas in selenium deficient chicks. **Journal of Nutrition**, v. 100, p. 797–800, 1970.

UTTERBACK, P.L., PARSONS, C. M., YOON, I., BUTLER, J. Effect of supplementing selenium yeast in diets of laying hens on egg selenium content. *Poultry Science*, v.84, n. 12, p. 1900-1901, 2005.

UYANIK, F.; ATASEVER, A.; ÖZDAMAR, S.; AYDIN, F. Effects of dietary chromium chloride supplementation on performance, some serum parameters, and immune response in broilers. **Biological Trace Element Research**, v. 90, n. 1-3, p. 99-115, 2002.

VAN DER KLIS, J. D., and A. D. KEMME. 2002. An appraisal of trace elements: Inorganic and organic. Pages 99–108 in *Poultry Feedstuffs: Supply, Composition and Nutritive Value*. J. M. McNab and K. N. Boorman, ed. CAB Int., Wallingford, UK.

VAZ, R.G.M.V.; OLIVEIRA, R.F.M.; DONZELE, J.L.; ALBINO, L.F.T.; OLIVEIRA, W.P.; SILVA, B.A.N. Níveis de cromo orgânico em rações para frangos de corte mantidos sob estresse por calor no período de um a 42 dias de idade. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 61, n. 2, p. 484-490, 2009.

VEIGA J.B.; CARDOSO, E.C. 2005. Criação de gado leiteiro na zona bragantina Versão Eletrônica. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Leite/GadoLeiteiroZonaBragantina/paginas/apresentacao.htm>>. Acesso em: 24/11/2010.

VIEIRA, F. M. C.; NAZARENO, A. C.; SILVA, I. J. O. 2010. Tabela de entalpia para poedeiras. NUPEA – ESALQ – USP. Acesso em: 10 jun. 2011. Disponível em: [http://www.nupea.esalq.usp.br/noticias/producao/f46e9\\_20100713.pdf](http://www.nupea.esalq.usp.br/noticias/producao/f46e9_20100713.pdf).

VINCENT, J.B. The biochemistry of chromium. **Journal of Nutrition**, v.130, p.715-718, 2001.

YLDZ, A. O.; PARLAT, S. S.; YAZGAN, O. The effects of organic chromium supplementation on production traits and some serum parameters of laying quails. **Revista de Medicina Veterinária**, n. 155, p. 642-646, 2004.

YEŞILBAĞ, D.; EREN, M. Effects of Dietary Organic and Inorganic Chromium Supplementation on Performance, Egg Shell Quality and Serum Parameters in Pharaoh Quails. **Journal of Biology and Environmental Science**, v. 3, n. 8, p. 31-35, 2009.

ZUMBADO, M. La gravedad específica para determinar la calidad del cascarón. **Avicultura Profesional**, p. 8-10, 1983.

## **Apêndices**

Tabela A1: Dados retirados da análise estatística.

Variável	Dados retirados	Motivo
Conversão alimentar por massa e por dúzia	Todos os dados da gaiola 40, pertencente ao tratamento 1.	Dados extraviados
Espessura de casca	Gaiola 24, tratamento 1, 3º período.	Dados discrepantes no “ <i>Guided Data Analysis</i> ”
Relação H/L	Aves 35 e 644, do período 3 e tratamentos 2 e 4, respectivamente.	Dados discrepantes no “ <i>Guided Data Analysis</i> ”

Tabela A2: Covariáveis usadas na análise estatística e as variáveis correspondentes.

Variável dependente	Covariável	Valor de p
Massa dos ovos	Produção de ovos por ave	<,0001
Peso da Clara	Peso do ovo	<,0001
Peso dos ovos	Produção de ovos por ave	0,0008

Tabela A3: Análise de variância para o efeito do Cr e Se orgânicos sobre o peso do ovo.

Fonte de variação	GL	S.Q.	Q.M	Valor de F	Valor de P
Período	3	214,36	71,45	2,58	0,0555
Bloco (período)	60	2256,14	37,60	1,36	0,0668
Cr	1	136,10	136,10	4,91	0,0281
Se	1	31,55	31,55	1,14	0,2877
Cr*Se	1	19,87	19,87	0,72	0,3985
Produção de ovos por ave	1	324,87	324,87	11,71	0,0008

Tabela A4: Análise de variância para o efeito do Cr e Se orgânicos sobre gravidade específica.

Fonte de variação	GL	S.Q.	Q.M	Valor de F	Valor de P
Período	3	427,75	142,58	2,88	0,0377
Bloco (período)	60	2443,19	40,71	0,82	0,8090
Cr	1	87,97	87,97	1,78	0,1845
Se	1	83,34	83,34	1,68	0,1965
Cr*Se	1	17,66	17,66	0,36	0,5513

Tabela A5: Análise de variância para o efeito do Cr e Se orgânicos sobre o peso da casca.

Fonte de variação	GL	S.Q.	Q.M	Valor de F	Valor de P
Período	3	2,13	0,71	1,55	0,2037
Bloco (período)	60	33,25	0,55	1,21	0,1739
Cr	1	0,15	0,15	0,34	0,5617
Se	1	3,92	3,92	8,56	0,0039
Cr*Se	1	0,03	0,03	0,06	0,8030

Tabela A6: Análise de variância para o efeito do Cr e Se orgânicos sobre a espessura da casca.

Fonte de variação	GL	S.Q.	Q.M	Valor de F	Valor de P
Período	3	166,64	55,55	4,15	0,0073
Bloco (período)	60	859,82	14,33	1,07	0,3628
Cr	1	5,24	5,24	0,39	0,5325
Se	1	47,81	47,81	3,57	0,0606
Cr*Se	1	0,65	0,65	0,05	0,8259

Tabela A7: Análise de variância para o efeito do Cr e Se orgânicos sobre a massa dos ovos.

Fonte de variação	GL	S.Q.	Q.M	Valor de F	Valor de P
Período	3	10,32	3,44	0,14	0,9372
Bloco (período)	60	1753,66	29,23	1,17	0,2107
Cr	1	25,50	25,50	1,02	0,3131
Se	1	47,06	47,06	1,89	0,1710
Cr*Se	1	0,99	0,99	0,04	0,8421
Produção de ovos por ave	1	5683,03	5683,03	228,03	<,0001

Tabela A8: Análise de variância para o efeito do Cr e Se orgânicos sobre a unidade Haugh.

Fonte de variação	GL	S.Q.	Q.M	Valor de F	Valor de P
Período	3	1664,85	554,95	6,64	0,0003
Bloco (período)	60	5478,80	91,31	1,09	0,3262
Cr	1	90,15	90,15	1,08	0,3006
Se	1	36,09	36,09	0,43	0,5120
Cr*Se	1	65,43	65,43	0,78	0,3776

Tabela A9: Análise de variância para o efeito do Cr e Se orgânicos sobre a altura da clara.

Fonte de variação	GL	S.Q.	Q.M	Valor de F	Valor de P
Período	3	70,35	23,45	8,52	<,0001
Bloco (período)	60	211,51	3,53	1,28	0,1106
Cr	1	2,37	2,37	0,86	0,3547
Se	1	1,58	1,58	0,57	0,4500
Cr*Se	1	3,43	3,43	1,24	0,2661

Tabela A10: Análise de variância para o efeito do Cr e Se orgânicos sobre a cor da gema.

Fonte de variação	GL	S.Q.	Q.M	Valor de F	Valor de P
Período	3	150,72	50,24	68,41	<,0001
Bloco (período)	60	74,17	1,24	1,68	0,0050
Cr	1	0,16	0,16	0,22	0,6405
Se	1	4,35	4,35	5,93	0,0159
Cr*Se	1	0,72	0,72	0,98	0,3231

Tabela A11: Análise de variância para o efeito do Cr e Se orgânicos sobre o peso da clara.

Fonte de variação	GL	S.Q.	Q.M	Valor de F	Valor de P
Período	3	37,30	12,43	3,29	0,0222
Bloco (período)	60	196,44	3,27	0,87	0,7384
Cr	1	0,85	0,85	0,22	0,6363
Se	1	3,50	3,50	0,93	0,3373
Cr*Se	1	0,60	0,60	0,16	0,6913
Peso dos ovos	1	3084,52	3084,52	815,14	<,0001

Tabela A12: Análise de variância para o efeito do Cr e Se orgânicos sobre o consumo de ração.

Fonte de variação	GL	S.Q.	Q.M	Valor de F	Valor de P
Período	3	14727,75	4909,25	18,50	<,0001
Bloco (período)	60	14332,14	238,87	0,90	0,6773
Cr	1	9,12	9,12	0,03	0,8531
Se	1	546,11	546,11	2,06	0,1531
Cr*Se	1	294,52	294,52	1,11	0,2935

Tabela A13: Análise de variância para o efeito do Cr e Se orgânicos sobre a conversão alimentar por massa.

Fonte de variação	GL	S.Q.	Q.M	Valor de F	Valor de P
Período	3	7,11	2,37	7,66	<,0001
Bloco (período)	60	19,49	0,32	1,05	0,3941
Cr	1	1,44	1,44	4,65	0,0323
Se	1	0,65	0,65	2,11	0,1484
Cr*Se	1	1,06	1,06	3,41	0,0662

Tabela A14: Análise de variância para o efeito do Cr e Se orgânicos sobre a conversão alimentar por dúzia.

Fonte de variação	GL	S.Q.	Q.M	Valor de F	Valor de P
Período	3	1,66	0,55	5,61	0,0011
Bloco (período)	60	5,21	0,09	0,88	0,7101
Cr	1	0,27	0,27	2,75	0,0991
Se	1	0,26	0,26	2,64	0,1057
Cr*Se	1	0,71	0,71	7,20	0,0080

Tabela A15: Análise de variância para o efeito do Cr e Se orgânicos sobre a produção de ovos (%).

Fonte de variação	GL	S.Q.	Q.M	Valor de F	Valor de P
Período	3	1142,57	380,86	2,69	0,0477
Bloco (período)	60	11398,69	189,98	1,34	0,0712
Cr	1	904,75	904,75	6,39	0,0123
Se	1	205,76	205,76	1,45	0,2296
Cr*Se	1	315,78	315,78	2,23	0,1371

Tabela A16: Análise de variância para o efeito do Cr e Se orgânicos sobre a relação H/L.

Fonte de variação	GL	S.Q.	Q.M	Valor de F	Valor de P
Período	4	17,69	4,42	8,44	<,0001
Bloco (período)	15	4,54	0,30	0,58	0,8874
Cr	1	0,03	0,03	0,06	0,8069
Se	1	0,02	0,02	0,03	0,8526
Cr*Se	1	0,03	0,03	0,06	0,8030

Tabela A17: Médias das variáveis no 1º período experimental.

<b>Variável</b>	<b>N</b>	<b>Média</b>	<b>Erro padrão</b>
Consumo de ração (g/dia/ave)	63	111,64	0,989
Produção de ovos (%)	63	69,86	1,563
Conversão alimentar por dúzia	63	1,95	0,049
Conversão alimentar por massa	63	2,72	0,072
Massa do ovo	63	42,56	1,012
Peso do ovo (g)	63	61,00	0,554
Unidade Haugh	63	90,31	0,957
Peso da gema (g)	61	15,00	0,196
Cor da gema	63	5,63	0,095
Peso da clara	61	36,75	0,451
Gravidade específica	62	1091,10	0,743
Altura da clara (mm)	63	8,33	0,176
Espessura da casca (mm)	63	4,33	0,350
Peso da casca	63	6,49	0,073

Tabela A18: Médias das variáveis no 2º período experimental.

<b>Variável</b>	<b>N</b>	<b>Média</b>	<b>Erro padrão</b>
Consumo de ração (g/dia/ave)	64	113,148	1,439
Produção de ovos (%)	64	71,289	1,519
Conversão alimentar por dúzia	64	1,848	0,038
Conversão alimentar por massa	64	2,640	0,059
Massa do ovo	64	43,092	0,957
Peso do ovo (g)	60	59,944	0,811
Unidade Haugh	55	92,718	1,242
Peso da gema (g)	59	14,846	0,156
Cor da gema	59	5,729	0,139
Peso da clara	60	35,436	0,719
Gravidade específica	59	1091,322	0,837
Altura da clara (mm)	60	8,683	0,220
Espessura da casca (mm)	60	41,717	0,448
Peso da casca	60	6,225	0,085

Tabela A19: Médias das variáveis no 3º período experimental.

<b>Variável</b>	<b>N</b>	<b>Média</b>	<b>Erro Padrão</b>
Consumo de ração (g/dia/ave)	64	110,140	1,729
Produção de ovos (%)	64	66,717	1,571
Conversão alimentar por dúzia	64	1,933	0,036
Conversão alimentar por massa	64	2,820	0,070
Massa do ovo	64	40,515	0,956
Peso do ovo (g)	59	61,686	0,886
Unidade Haugh	58	97,196	1,278
Peso da gema (g)	58	16,118	0,234
Cor da gema	58	5,216	0,124
Peso da clara	59	36,325	0,603
Gravidade específica	57	1089,193	1,045
Altura da clara (mm)	58	9,767	0,254
Espessura da casca (mm)	59	42,008	0,507
Peso da casca	59	6,398	0,108

Tabela A20: Médias das variáveis no 4º período experimental.

<b>Variável</b>	<b>N</b>	<b>Média</b>	<b>Erro padrão</b>
Consumo de ração (g/dia/ave)	64	129,026	3,184
Produção de ovos (%)	64	66,160	1,622
Conversão alimentar por dúzia	64	2,073	0,033
Conversão alimentar por massa	64	3,085	0,082
Massa do ovo	64	40,551	0,982
Peso do ovo (g)	59	63,203	0,624
Unidade Haugh	59	91,071	1,331
Peso da gema	59	16,804	0,210
Cor da gema	59	7,331	0,125
Peso da clara	59	37,565	0,519
Gravidade específica	59	1088,102	0,954
Altura da clara (mm)	59	8,661	0,235
Espessura da casca (mm)	52	40,683	0,639
Peso da casca	53	6,301	0,102