

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA
CÂMPUS DE BOTUCATU

EFEITO DA SUPLEMENTAÇÃO DE CROMO EM DOIS NÍVEIS ENERGÉTICOS PARA POEDEIRAS LEVES

Estela Valéria Siloto

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia como parte das exigências para obtenção do título de Doutor em Zootecnia, Área de Concentração Nutrição e Produção Animal.

Botucatu - SP
Janeiro de 2014

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA
CÂMPUS DE BOTUCATU

EFEITO DA SUPLEMENTAÇÃO DE CROMO EM DOIS NÍVEIS ENERGÉTICOS PARA POEDEIRAS LEVES

ESTELA VALÉRIA SILOTO

Zootecnista

Orientador: Prof. Dr. JOSÉ ROBERTO SARTORI
Co-orientadora: Profa. Dra. DENISE RANGEL DA
SILVA SARTORI

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia como parte das exigências para obtenção do título de Doutor em Zootecnia, Área de Concentração Nutrição e Produção Animal.

Botucatu - SP
Janeiro de 2014

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉC. AQUIS. TRATAMENTO DA INFORM.
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - CAMPUS DE BOTUCATU - UNESP
BIBLIOTECÁRIA RESPONSÁVEL: ROSEMEIRE APARECIDA VICENTE - CRB 8/5651

Siloto, Estela Valéria.

Efeito da suplementação de cromo em dois níveis energéticos para poedeiras leves / Estela Valéria Siloto. - Botucatu, 2014

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia

Orientador: José Roberto Sartori

Coorientador: Denise Rangel da Silva Sartori

Capes: 50405004

1. Aves poedeira - Nutrição. 2. Lipídios - Metabolismo. 3. Cromo na nutrição animal. 4. Energia. 5. Ovos - Produção.

Palavras-chave: Aves de postura; Cromo; Metabolismo lipídico; Poedeiras.

*O saber a gente aprende com os mestres e com os livros.
A sabedoria, se aprende é com a vida e com os humildes.*
(Cora Coralina)

Não há realização profissional maior do que a de ser mãe.
(Desconhecido)

*Ao meu filho Mateus, que teve uma passagem muito rápida pela vida, mas que me ensinou a ser mãe.
E ao meu filho Pedro, que veio alegrar meus dias, me completar e me possibilitar exercer a arte de ser mãe.*

DEDICO

Aos meus pais, Ivani e Celso, pelo amor incondicional, por nunca medirem esforços para eu completar meus estudos, por serem meus grandes mestres e meu alicerce.

Ao meu marido, Luiz Alberto, por ser meu grande incentivador, meu companheiro fiel, meu melhor amigo e o amor da minha vida.

AGRADEÇO

Agradecimento especial

A Deus, meu amparo e minha fortaleza, presença fiel que me conduz me dando a certeza da vitória. E à Nossa Senhora, que me guia pelos caminhos da vida e me aconchega em seus braços nos momentos de necessidade.

À Profa. Denise, minha grande amiga e mestre. Que me amparou nos momentos de dificuldades e me auxiliou na condução deste estudo. Por todo carinho e confiança.

Ao Prof. Sartori, pela dedicação, orientação e ensinamentos valiosos. Pelo exemplo de profissional, pelo apoio oferecido sempre e pela amizade conquistada durante esses anos de convivência.

Minha sincera gratidão.

Agradecimentos

Ao Programa de Pós-graduação em Zootecnia, da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia – UNESP, campus de Botucatu, pela oportunidade de realização deste estudo e apoio durante todo o curso de Doutorado.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES - pela concessão de bolsa de estudo, possibilitando o aprimoramento científico.

Aos professores do Programa de Pós-graduação que me transmitiram seus conhecimentos e experiências, sempre com muita dedicação.

Aos servidores da seção de Pós-graduação em Zootecnia, Seila Cristina Cassineli e Carlos Pazani Jr., pela atenção e ajuda sempre que necessário.

Aos funcionários da Fábrica de Ração, pela disposição e ajuda preciosa nas confecções das rações experimentais.

À empresa Alltech do Brasil Agroindustrial Ltda., pela oportunidade de trabalho em conjunto e auxílio nos experimentos, em especial à Bianca Almeida Brandão Martins e Andrea Malaguido, pelo auxílio importante e amizade adquirida.

Ao Prof. Dr. Roberto de Oliveira Roça pela possibilidade de utilizar as instalações do Laboratório de Qualidade de Carnes e pela dedicação e orientação nas análises. E aos amigos Hélio de Almeida Ricardo e Ana Beatriz Garcia Faitarone pela ajuda na condução das análises.

Ao Prof. Dr. Pedro de Magalhães Padilha, pelas análises de concentração de cromo realizadas e pela orientação oferecida.

À Renata Capella, do Laboratório Laboratório de Bioquímica da Unidade dos Lab. Experimentais (Unipex), da Faculdade de Medicina de Botucatu, UNESP, pela ajuda na realização das análises e pela amizade.

À aluna de iniciação científica, Lucimara Centenaro, pela intensa dedicação durante a execução dos experimentos, pela fiel companhia e pela amizade.

Ao funcionário do Laboratório de Nutrição de Aves, Wanderley Thiago da Silva, pelo auxílio, pela atenção dedicada e pela amizade conquistada no dia-a-dia.

À Profa. Daniela Felipe Pinheiro e aos alunos de Zootecnia, Patrícia e Peterson, pela parceria e ajuda na finalização do experimento.

Ao amigo Vitor Barbosa Fascina, por toda ajuda oferecida, pela amizade valiosa e pelo apoio sempre presente.

À amiga Thaila Cristina Putarov, pelo apoio nos momentos de dificuldade, pela presença constante na condução do experimento e pela valiosa amizade conquistada.

Aos amigos do Laboratório de Nutrição de Aves, que auxiliaram na condução deste estudo: Ana Cristina Stradiotti, Carolina Carvalho de Miranda, Carolyne Assis Eigenheer Pinke, Caroline Pelegrina Teixeira, Cynthia Pieri Zeferino, Daniella Aparecida Berto, Fabiana Golin Luiggi, Francine Vercese, Ivan Mailinch Gonçalves Pereira de Souza, Juliana Celia Denadai, Juliana Cristina Ramos Rezende, Luciene Aparecida Madeira, Mariana Maruno, Mayara Rodrigues, Monica Aoyagi, Natani Cruz Alexandre, Priscila Cavalca Araújo, Vanessa Cristina Pelícia. Meu muito obrigada e minha sincera amizade!

À minha família, meus pais Ivani e Celso, meu irmão Celso, meu sobrinho Lucas e minha cunhada Adriana, que compreenderam meus momentos de ausência, me motivaram e me ampararam em minhas necessidades. Agradeço especialmente à minha mãe e ao Lucas que por diversas vezes cuidaram do Pedro para que eu conseguisse terminar de redigir essa tese. Ao meu marido, Luiz Alberto, pela compreensão, pela motivação na condução do experimento, pelos domingos compartilhados com as galinhas e pelo amor que nos une. Ao meu filho Pedro, pela doce companhia e pelos momentos de alegria. À vocês, minha gratidão eterna!

E a todos que conviveram comigo durante esses anos de estudo, amigos e familiares, que fazem os dias mais leves e o fardo mais suave. Muito obrigada!

SUMÁRIO

CAPÍTULO I	Página
CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	02
Referências Bibliográficas.....	10
CAPÍTULO II	
EFEITO DA SUPLEMENTAÇÃO DE CROMO E DOIS NÍVEIS ENERGÉTICOS NA DIETA DE POEDEIRAS LEVES SOBRE O DESEMPENHO E QUALIDADE DE OVOS.....	15
Resumo	16
Abstract	17
Introdução	18
Material e Métodos.....	20
Resultados e Discussão	23
Conclusões	28
Referências Bibliográficas	30
CAPÍTULO III	
EFEITO DA SUPLEMENTAÇÃO DE CROMO E DOIS NÍVEIS ENERGÉTICOS NA DIETA DE POEDEIRAS LEVES SOBRE O METABOLISMO LIPÍDICO E DE CARBOIDRATOS.....	32
Resumo	33
Abstract	34
Introdução	35
Material e Métodos	37
Resultados e Discussão	40
Conclusões	48
Referências Bibliográficas	48
CAPÍTULO IV	
IMPLICAÇÕES.....	53

ÍNDICE DE TABELAS

CAPÍTULO II	Página
Tabela 1. Composição percentual e nutricional estimadas das rações experimentais.....	21
Tabela 2. Concentração avaliada de cromo nos diferentes tratamentos e ciclos.....	22
Tabela 3. Desempenho de poedeiras leves em fase de pós-pico de postura, alimentadas com suplementação do cromo e diferentes níveis energéticos.....	27
Tabela 4. Qualidade de ovos e concentração de cromo em gema de ovos de poedeiras leves nos diferentes tratamentos.....	28
Tabela 5. Desdobramento da interação entre níveis de energia metabolizável (EM) e de cromo (Cr) para a variável percentual de gema.....	29
 CAPÍTULO III	
Tabela 1. Composição percentual e nutricional estimadas das rações experimentais.....	39
Tabela 2. Concentração avaliada de cromo nos diferentes tratamentos e ciclos.....	39
Tabela 3. Colesterol total, triglicérideo (TG), VLDL, HDL plasmáticos, porcentagem de gordura hepática e gordura hepática total (g) e concentração de colesterol em gema de ovos (mg/100g) de poedeiras leves nos diferentes tratamentos.....	45
Tabela 4. Desdobramento da interação entre nível de energia metabolizável (EM) e cromo (Cr) para colesterol em gema de ovos (mg/100g).....	45
Tabela 5. Glicose plasmática e glicogênio hepático de poedeiras leves nos diferentes tratamentos.....	46
Tabela 6. Desdobramento da interação entre nível de energia metabolizável (EM) e cromo (Cr) para teor de glicogênio hepático de poedeiras.....	46
Tabela 7. Quantidade de folículos pré-ovulatórios e folículos amarelos de poedeiras leves nos diferentes tratamentos.....	47
Tabela 8. Peso relativo (%) de fígado, ovário, oviduto e gordura abdominal de poedeiras leves nos diferentes tratamentos.....	47

Capítulo I

Considerações Iniciais

Os minerais são compostos de natureza inorgânica que constituem parte importante no organismo animal e estão presentes em concentrações variadas em todos os ingredientes comumente utilizados nas formulações de rações (Bertechini, 2006). Eles representam de 3 a 4% do peso corporal das aves, sendo considerados elementos essenciais para uma boa nutrição (Araújo et al., 2007).

Os minerais são classificados em macrominerais, que devem ser oferecidos em grandes quantidades e normalmente apresentam funções estruturais e fisiológicas; e microminerais, que são necessários em pequenas quantidades no organismo e, na sua maioria, estão envolvidos em funções metabólicas, como resposta imune, reprodução e crescimento (Kiefer, 2005). Pode-se destacar entre as principais funções dos microminerais no organismo, a participação destes na formação do tecido conectivo, na manutenção da homeostase dos fluídos orgânicos, na manutenção do equilíbrio da membrana celular, ativação de sistemas enzimáticos, no efeito direto ou indireto que estes exercem sobre as glândulas endócrinas, nos efeitos sobre a microflora simbiótica do trato gastrointestinal e participação do processo de absorção e transporte dos nutrientes no organismo (Bertechini, 2006).

Devido ao desenvolvimento genético nos últimos anos, aspectos fisiológicos importantes nas aves foram alterados e faz-se necessário o desenvolvimento de novas pesquisas para equacioná-los (Geraldo et al., 2006). De maneira semelhante, deve-se levar em consideração a linhagem comercial utilizada, uma vez que as variabilidades genéticas entre estas dificultam a definição de um padrão nutricional que atenda a todas. Somado a este fato, em poedeiras na fase de produção, as necessidades diárias de um nutriente variam segundo a idade da ave, a temperatura ambiente, a taxa de postura, o tamanho dos ovos, o peso da ave, entre outros (Costa et al., 2004).

A deficiência de minerais manifesta-se como distúrbios metabólicos, resultando em redução no desempenho produtivo, reprodutivo e na resposta imune (Van Der Klis & Kemme, 2002). A ingestão inadequada de minerais ou a presença de antagonistas junto à dieta podem causar deficiência e interferir na sua absorção (Nollet et al., 2007).

Os minerais podem ser encontrados em diferentes formas químicas, fazendo parte de sais ou moléculas orgânicas. A absorção de grande parte dos minerais presentes nos alimentos é afetada pela barreira intestinal, formada pelo pH, pela viscosidade

intestinal e por condições físico-químicas do intestino, o que leva as dietas a serem formuladas com níveis dietéticos acima dos necessários (Van Der Klis & Kemme, 2002).

Os minerais podem ser fornecidos complexados ou não à substâncias orgânicas. Na forma complexada, ou seja, na forma orgânica, os minerais são mais eficientemente absorvidos, pois são transportados pelos carreadores intestinais de aminoácidos e peptídeos e, desse modo, não competem com outros minerais pelos mesmos mecanismos de absorção (Rutz & Murphy, 2009). Portanto, não só a biodisponibilidade é superior, mas os minerais na forma orgânica são prontamente armazenados por períodos mais longos que os inorgânicos. Assim, os minerais quelatados representam uma excelente alternativa para uma nutrição adequada das aves (Rutz et al., 2003).

O cromo (Cr) é um micromineral presente em pequenas proporções em alimentos como carne, cereais integrais, oleaginosas e leguminosas. As forragens e seus subprodutos apresentam maior teor de cromo do que os grãos (Anderson et al., 1992).

A necessidade desse mineral na nutrição animal tem sido demonstrada em várias espécies como gatos, macacos, coelhos, aves, bovinos, suínos e humanos (Anderson, 1988), sendo considerado essencial para seres humanos e animais (Shwartz & Mertz, 1959) e incluído na lista dos elementos minerais considerados como essenciais, desde 1959 (Mertz, 1992).

As formas orgânicas do cromo 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 menor absorção, na ordem de 1 a 3% (Anderson & Kozlovsky, 1985) e menor atividade biológica quando comparado ao cromo orgânico. Pesquisas em animais tem confirmado que o cromo na forma orgânica apresenta maior biodisponibilidade e absorção (25 a 30%) que as fontes inorgânicas, e tem sido o mineral preferencial em estudos que visam suplementá-lo na dieta animal (Lyons, 1997). A suplementação do cromo complexado com levedura ocorre quando a forma inorgânica do cromo é incorporada à culturas de leveduras, e assim, permanecem ligados a moléculas de aminoácidos, de forma a não se desprenderem por lavagem ou qualquer método de lixiviação (Rutz & Murphy, 2009).

O cromo é um elemento de transição encontrado nos estados oxidados 0, 2⁺, 3⁺, 6⁺, sendo o estado trivalente (Cr³⁺) o mais estável (Mertz, 1992). O estado hexavalente

(Cr⁶⁺) apresenta a melhor taxa de absorção, mas não tem sido estudado por ser altamente tóxico. Nos últimos anos tem sido dada atenção à suplementação de cromo na alimentação animal devido ao seu efeito estimulatório sobre o desempenho, taxa de crescimento, resposta imune e alteração metabólica (Vincent, 2000).

O cromo favorece o metabolismo de carboidratos e em menor grau o metabolismo de proteínas e lipídeos (Stoeker, 1999). No metabolismo de carboidratos, sua participação está relacionada ao estímulo da captação de glicose pelas células do tecido alvo. Além disso, aumenta a absorção de aminoácidos nas células musculares, aumentando a deposição de proteína e diminuindo a gordura corporal e o colesterol sanguíneo (Eren & Baspnar, 2004; Yildiz et al., 2004). Sabe-se também que o cromo minimiza o estresse, reduzindo os níveis dos glicocorticóides, melhorando assim, o desempenho, a qualidade da carne e resistência à patógenos (Mohamed & Afifi, 2001).

O cromo foi caracterizado como componente participante do mecanismo de amplificação da sinalização celular de insulina, ou seja, um fator colaborador no aumento da sensibilidade de receptores insulínicos na membrana plasmática (Vincent, 2000). O Cr³⁺ torna-se biologicamente ativo quando entra na composição do fator de tolerância à glicose (GTF – Glucose Tolerance Factor) juntamente com o ácido nicotínico e possíveis aminoácidos como glicina, cisteína e ácido glutâmico, aumentando a absorção de glicose nas células, devido à potencialização na ação da insulina por facilitar o acoplamento insulina-receptor da superfície da célula (Vincent, 2010).

As células sensíveis a insulina, convertem glicose em energia, e esta energia adicional serve de combustível para síntese protéica, suporte para crescimento tecidual, manutenção celular e melhora da fertilidade (Anderson, 1995). Sendo assim, a insulina tem como funções: participar do metabolismo energético, permitir a deposição de tecidos nos músculos, atuar no metabolismo das gorduras e regular a utilização do colesterol.

O papel da insulina nas aves ainda não é totalmente compreendido e difere em alguns aspectos da sua ação nos mamíferos. Embora na presença de níveis sanguíneos circulantes normais de insulina, as aves sejam hiperglicêmicas se comparadas a mamíferos e os níveis circulantes de glicose têm sido reportados em aves como sendo entre 234±11,8 mg/dL (Scanens, 2008). Apesar de responderem à insulina reduzindo os

níveis circulantes de glicose, as aves são relativamente insensíveis a esse hormônio (Edwards et al., 1999), se comparado com os mamíferos. Muitos estudos estão sendo realizados para saber se esta baixa sensibilidade está relacionada com diferenças na sinalização da insulina nos tecidos (Dupont et al., 2009). No fígado, a sinalização da insulina parece ser semelhante àquela nos mamíferos, mas apresenta diferenças no tecido muscular (Scanes, 2009).

Quando a glicose não é utilizada pelas células do organismo devido à baixa atividade da insulina, é convertida em gordura. Bem como, caso os aminoácidos não consigam entrar nas células, os músculos não poderão ser formados (Anderson, 1988). Além do cromo estar envolvido no metabolismo da glicose, segundo Spears (1999) ele promove redução da quantidade de gordura na carcaça, de colesterol nos ovos e potencializa a imunidade. Segundo Johnson (2001), a maior concentração de glicose sangüínea é suficientemente capaz de mobilizar as reservas de cromo corporal e determinar perdas irreversíveis.

O mecanismo de absorção do cromo atualmente não é bem conhecido, mas pesquisadores sugeriram que em ratos, o cromo é absorvido principalmente na parte média do intestino delgado, seguido pelo íleo e duodeno. Após a absorção, provavelmente ele é transportado no sangue por proteínas carreadoras de ferro, as transferrinas, e pode ser estocado em vários tecidos como o fígado, rins, baço e epidídimo (Silva, 2007).

O cromo é excretado através da urina e sua excreção é aumentada em decorrência do estresse. Segundo Anderson et al. (1991), a indução de deficiência experimental de cromo em animais de laboratório resultou no aparecimento de sintomas como hiperglicemia, glicosúria, elevação nas taxas de colesterol e triglicerídeos, diminuição do número de receptores de insulina e incapacidade de ligação com as células. Consequentemente, a deficiência do cromo pode resultar em menores taxas de crescimento, menor tolerância à glicose, diabete e doenças da artéria coronária. Animais quando submetidos a manejos como transporte, vacinação e mudança alimentar ficam bastante susceptível ao estresse, tornando-se mais vulneráveis a doenças e podem apresentar deficiência de cromo (Mowat et al., 1993).

Em aves, a suplementação dietética de cromo orgânico resulta em melhora na velocidade de crescimento, na eficiência alimentar, no rendimento de carne e na

qualidade de carcaça, com reduzida quantidade de gordura (Jackson et al., 2008), podendo ter ainda efeito positivo no crescimento e na eficiência alimentar de aves sob condições de estresse ambiental (Lien et al., 1999; Sahin et al., 2003) e atuar como antioxidante, como relatado por alguns pesquisadores que observaram melhora na imunidade quando utilizaram suplementação de cromo (Lien et al., 2005 e El-Hommosany, 2008). Além disso, este mineral tem sido considerado essencial para ativação de certas enzimas e estabilização de proteínas e ácidos nucleicos (Linder, 1991).

Diversos estudos relataram diminuição de glicose e corticosterona sanguínea e aumento de insulina sérica com o uso de cromo na dieta de aves (Sahin et al., 2001; Sahin et al., 2002a; Sahin et al., 2002b; El-Hommosany, 2008). Em perus suplementados com cromo, Rosebrough e Steele (1981) observaram maiores níveis de glicogênio no fígado como resultado da crescente atividade da enzima glicogênio sintetase e aumento do transporte de glicose devido ao aumento da atividade da insulina. Sahin et al. (2001) observaram aumento da concentração de insulina e diminuição na concentração de glicose no sangue, o que provavelmente indicou maior utilização de glicose resultando, assim, em melhora no ganho de peso, na eficiência alimentar e na produção de ovos.

A suplementação de 500 µg Cr/kg em ração de frangos de corte provocou um decréscimo dos níveis séricos de colesterol total, LDL, triglicérides e glicose e um aumento do HDL, associado a uma melhora no peso corporal, ganho de peso e eficiência alimentar (Króliczewska et al., 2004). Estudo em humanos mostrou que o cromo reduziu o colesterol total e o LDL e aumentou o HDL no sangue (Press et al., 1990). Isso provavelmente ocorreu porque o cromo parece agir inibindo a enzima hidroximetilglutaril-CoA redutase, responsável pela síntese de colesterol, diminuindo a concentração plasmática de colesterol no organismo.

O uso de cromo levedura (0,2 mg Cr/kg) na dieta de frangos de corte resultou em melhor qualidade de carcaça com maior peso dos músculos peitorais e menor porcentagem de colesterol total e lipídeos na carcaça (Debski et al., 2004). Sahin et al. (2002c) utilizando picolinato de cromo (200, 400, 800 e 1.200 µg Cr/kg de dieta) em frangos de corte e avaliando seu efeito sobre estresse calórico, observaram que o nível de 1.200 µg Cr/kg melhorou do peso corporal, consumo de ração, características de

carcaça e conversão alimentar das aves e reduziu as concentrações séricas de corticosterona, glicose e colesterol e aumentou as proteínas plasmáticas totais.

Em frangos de corte suplementados com cromo levedura observou-se diminuição na concentração total de colesterol no soro sanguíneo e nível inferior de colesterol total nos músculos peitorais. No entanto, no fígado, foi observado efeito oposto do cromo levedura e a concentração de colesterol foi aumentada (Debski et al., 2004). Anandhi et al. (2006) não observaram influência da inclusão de cromo na dieta sobre o rendimento de carcaça, pesos e porcentagens de coração, de fígado e de moela, rendimento de cortes e porcentagem de gordura abdominal de frangos de corte.

Nas aves de postura, o interesse no cromo trivalente (Cr^{3+}) ficou evidente quando Jensen et al. (1978) reportaram o efeito favorável sobre a qualidade de albúmen e sugeriram que este elemento pode ser necessário para manutenção do estado físico do albúmen. Lien et al. (1996) suplementando dieta de poedeiras na fase final de postura com picolinato de cromo (200, 400 ou 800 $\mu\text{g Cr/kg}$) observaram redução no colesterol sanguíneo e no colesterol da gema. Em poedeiras com 45 semanas de idade alimentadas com dietas com picolinato de cromo (1.000 $\mu\text{g Cr/kg}$) foi observado decréscimo nos níveis de colesterol na gema e triglicerídeos e colesterol sanguíneos, bem como aumento na proporção de lipoproteínas, como HDL e aumento da porcentagem de colesterol ligado como HDL-colesterol (Lien et al., 2003).

Araújo et al. (2007) avaliando níveis de cromo orgânico para codornas japonesas de postura verificaram que o nível de 500 $\mu\text{g Cr/kg}$ de dieta aumentou a produção de ovos comercializáveis. Também em codornas, Yildiz et al. (2004) verificaram que as concentrações séricas de glicose e colesterol diminuíram, enquanto que, as concentrações de proteína total e insulina aumentaram linearmente conforme os níveis de picolinato de cromo foram aumentando (250, 500, 750 e 1.000 $\mu\text{g Cr/kg}$ ração).

É conhecido que a suplementação de cromo orgânico em frangos melhorou a velocidade de crescimento, eficiência alimentar e qualidade de carcaça por reduzir a quantidade de gordura corporal (Gursoy, 2000). Em poedeiras, no entanto, os efeitos da suplementação de cromo sobre o desempenho, qualidade de ovo e metabolismo ainda não são totalmente esclarecidos. Quando atingem a idade de pós-pico de postura, as aves diminuem a produção de ovos, pioram a qualidade de casca e passam a acumular maiores reservas de gordura.

Considerando o papel do cromo no metabolismo energético através da ação da insulina, acredita-se que a suplementação de cromo em rações para frangos de corte aumentaria a utilização da energia da dieta e, portanto, sustentaria a produtividade, mesmo quando a concentração de energia da dieta for reduzida (Spears, 1999). A suplementação de 0,2 mg Cr/kg de ração na forma de cloreto melhorou o desempenho, a utilização de nutrientes e características de carcaça em frangos de corte (Ahmed et al., 2005).

Vários aspectos podem alterar o desempenho e a qualidade de ovos, sendo a nutrição um dos principais pontos críticos no crescimento, desenvolvimento e produtividade das aves. As dietas são formuladas de acordo com a quantidade de nutrientes requeridos para realizarem as funções básicas do organismo de forma eficiente e potencializar a produção de ovos ou carne (Costa et al., 2004).

A energia metabolizável (EM) é uma estimativa da energia dietética que está disponível para ser metabolizada pelo tecido animal. A determinação da energia metabolizável nas diferentes idades das aves torna-se importante, visto que a digestibilidade de energia tende a aumentar com a idade das aves, pois o trato digestivo se desenvolve, melhorando sua capacidade de aproveitamento dos nutrientes e da energia dos alimentos (Mello et al., 2009).

Apesar das constantes pesquisas sobre o uso de alimentos não convencionais em rações de aves, as formulações ainda são basicamente com milho e farelo de soja, principais fontes protéica e energética. No entanto, para melhor balanceamento energético, é necessária a inclusão de fontes lipídicas nas rações (Rodrigues et al., 2005). O National Research Council (NRC, 1994) destaca como efeitos benéficos do uso de gorduras nas formulações, a melhora na palatabilidade e na conversão alimentar e a redução na perda de nutrientes, entre outros. Esses efeitos são comumente denominados "efeito extra-calórico" que, de acordo com Franco (1992), refere-se à maior energia líquida disponível, uma vez que a deposição de gordura na ave é muito mais eficiente quando se utiliza a gordura dietética do que a síntese de ácidos graxos e glicerol a partir de precursores da acetil coenzima A. Dessa forma, quando a gordura é incluída na dieta, ocorre redução da síntese de ácidos graxos e a ave dispõe de mais energia para a produção de ovos ou carne.

À medida em que é elevada a energia da dieta, ocorre uma diminuição no consumo voluntário pelas aves (Baião & Lara, 2005). De acordo com Mello et al. (2009), este consumo reduzido está associado à menor ingestão de aminoácidos e outros nutrientes, o que pode acarretar variações quantitativas e qualitativas na produção.

A exigência de energia das poedeiras está condicionada a fatores como peso corporal, ganho de peso, produção de massa de ovos, nível de empenamento, temperatura ambiente, composição corporal e do ovo e eficiência de utilização dos nutrientes da dieta para deposição em tecido corporal e no ovo (Faria e Santos, 2005).

Atualmente, os óleos são utilizados rotineiramente na alimentação de aves com a finalidade de aumentar a energia das rações, melhorar a digestão e a absorção de constituintes não lipídicos e aumentar o tempo de retenção dos alimentos, além de fonte de ácidos graxos para obtenção de produtos com perfil nutricional diferenciado (Santos, 2005).

O fornecimento de dietas com energia acima das necessidades do animal proporciona maior acúmulo de gordura corporal. Sabe-se que uma das funções do cromo é reduzir a deposição de gordura, porém poucos estudos têm correlacionado o uso de energia na dieta com esse efeito do cromo em aves de postura. Em função do exposto e considerando que a suplementação do cromo na dieta das poedeiras pode potencializar a ação da insulina e proporcionar melhora no perfil lipídico e qualidade dos ovos, pesquisas com esse mineral são necessárias e importantes, podendo ter grande impacto na produção avícola.

O Capítulo II é intitulado EFEITO DA SUPLEMENTAÇÃO DE CROMO E DOIS NÍVEIS ENERGÉTICOS NA DIETA DE POEDEIRAS LEVES SOBRE O DESEMPENHO E QUALIDADE DE OVOS e foi redigido segundo as normas de publicação da Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira (PAB). O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da suplementação do cromo e dois níveis energéticos em dietas de poedeiras leves sobre o desempenho e a qualidade de ovos.

O Capítulo III, denominado EFEITO DA SUPLEMENTAÇÃO DE CROMO E DOIS NÍVEIS ENERGÉTICOS NA DIETA DE POEDEIRAS LEVES SOBRE O METABOLISMO LIPÍDICO E DE CARBOIDRATOS, foi redigido segundo as normas de publicação da Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira (PAB). O presente trabalho

teve como objetivo avaliar o efeito da suplementação do cromo e dois níveis energéticos em dietas de poedeiras leves sobre o metabolismo lipídico e de carboidratos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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 inorganic chromium (as chromium chloride hexahydrate) and a combination of inorganic chromium and ascorbic acid. **Journal of Agricultural Science**, v.143, p.427-439, 2005.

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. Chromium. In: **Trace minerals in foods**. Marcel Dekkes Inc., New York, p. 231-247, 1988.

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.; POLANSKY, M. M.; BRYDEN, N. A.; CANARY, J. J. Supplemental chromium effects on glucose, insulin, glucagons, and urinary chromium losses in subjects consuming controlled lowchromium diets. **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 54, n. 5, p. 909-916, 1991.

ANDERSON, R.A. Dietary chromium picolinate additions improve gain: feed and carcass characteristics in growing-finishing pigs and increase litter size in reproducing sows. **Journal of Animal Science**, v.73, p.457-465, 1995.

ANANDHI, M.; MATHIVANAN, R.; VISWANATHAN, K.; MOHAN, B. Dietary inclusion of organic chromium on production and carcass characteristics of broilers. **International Journal of Poultry Science**, v.9, p.880-884, 2006.

ARAÚJO, M. S.; BARRETO, S. L. T.; 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.

BAIÃO, N. C.; LARA, L. J. C. Oil and fat in broiler nutrition. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v.7, n.3, p.129-141, 2005.

BERTECHINI, A. G. Metabolismo dos minerais. In: **Nutrição de monogástricos**. Lavras: Editora UFLA, p.169-211, 2006.

COSTA, F. G. P.; SOUZA, H. C.; GOMES, C. A. V.; BARROS, L. R.; BRANDÃO, P. A.; NASCIMENTO, G. A. J.; SANTOS, A. W. R.; JUNIOR, V. S. A. Níveis de proteína bruta e energia metabolizável na produção e qualidade dos ovos de poedeiras da linhagem Lohmann Brown. **Ciências Agrotecnicas**, v.28, p.1421-1427, 2004.

COSTA, F. G. P.; QUIRINO, B. J. S.; GIVISIEZ, P. E. N.; SILVA, J. H. V.; ALMEIDA, H. H. S.; COSTA, J. S.; OLIVEIRA, C. F. S.; GOULART, C. C. Poedeiras alimentadas com diferentes níveis de energia e óleo de soja na ração. **Archivos de zootecnia**. v.58, n.223, p405-411, 2009.

DEBSKI, B.; ZALEWSKI, W.; GRALAKA, M.A.; KOSLAB, T. Chromium-yeast supplementation of chicken broilers in an industrial farming system. **Journal of Trace Elements in Medicine and Biology**. v.18, p.47-51, 2004.

DUPONT, J.; TESSERAUD, S.; SIMON, J. Insulin signaling in chicken liver and muscle. **General and comparative endocrinology**, v. 163, n. 1, p. 52-57, 2009.

EDWARDS, C. M., TODD, J. F., MAHMOUDI, M., WANG, Z., WANG, R. M., GHATEI, M. A., & BLOOM, S. R. Glucagon-like peptide 1 has a physiological role in the control of postprandial glucose in humans: studies with the antagonist exendin 9-39. **Diabetes**, v. 48, n. 1, p. 86-93, 1999.

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.

EREN, M.; BASPNAR, N. Effect of dietary CrCl₃ supplementation on some serum biochemical markers in broilers. Influence of season, age and sex. **Revue de Medicine Veterinary**, n. 155, p. 637-641, 2004.

FARIA, D. E.; SANTOS, A. L. Exigências nutricionais de galinhas poedeiras. In: **Simpósio Internacional sobre Exigências Nutricionais de Aves e Suínos**. Viçosa. Anais...Viçosa, MG. p. 229-315, 2005.

FRANCO, S. G. **Programas de alimentação e fontes de óleo para frangos de corte**. Tese (Doutorado). 1992. 118p. Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.

GERALDO, A.; BERTECHINI, A.G.; KATO, R.K. Níveis de cálcio e granulometrias do calcário para frangos e seus efeitos sobre a produção e qualidade de ovos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.4, p.1720-1727, 2006.

GURSOY, U. Chromium in broiler diets. **Feed International**, v.21, n.3, p.24-26, 2000.

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. **Journal of Applied Poultry Science**, v. 17, p. 476-481, 2008.

JENSEN, L.S.; MAURICE, D. V. Effect of chromium and corn fermentation solubles on interior egg quality. **Poultry Science**, v.57, p.1147. 1978.

JOHNSON, B. Cromo: função na imunidade animal. In: **Seminário Internacional Nutron Sobre Nutrição De Bovinos**, 3, 2001. Seminário da Nutron... Goiânia: entidade, p.1-8, 2001.

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., DOBRZANSKI, Z., KACZMAREKOLIWA, A. Changes in selected serum parameters of broiler chicken fed supplemental chromium. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v. 88, p. 393-400, 2004.

LIEN, T., CHEN, S., SHIAU, S., FROMAN, D. P., 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., WU, C. P., LU, J. J. Effects of cod liver oil and chromium picolinate supplements on the serum traits, egg yolk fatty acids and cholesterol content in laying hens. **Asian Australian Journal Animal Science**, v. 16, p.1177–1181, 2003.

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.

LINDER, M.C. Nutrition and metabolism of the trace elements. In: **Nutritional Biochemistry and Metabolism with Clinical Applications** (Linder, M.C.) Ed. Elsevier, New York, NY, p.215-276, 1991.

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, p. 1-13,1997.

MELLO, H. H. C.; GOMES, P. C.; ROSTAGNO, H. S. et al. Valores de energia metabolizável de alguns alimentos obtidos com aves de diferentes idades. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.5, p.863-868, 2009.

MERTZ, W. Chromium – history and nutritional importance. **Biological Trace Element Research**, v.32, p.3-8, 1992.

MOHAMED, F.F.; AFIFI, M. Role of inorganic chromium in performance and immunity in Broilers. **Veterinary Medicine Journal**, Giza, v.49, p.147-162, 2001.

MOWAT, D.N.; CHANG, X.; YANGA, W.Z. Chelated chromium for stressed feeder calves. **Canadian Journal of Animal Science.**, v. 73, n. 1, p. 49-55, 1993.

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.

NRC. 1994. **Nutrient requirements of poultry**. 9th ed. National Academy Press. Washington, DC.

PRESS, R.I.; GELLER, J.; EVANS, G.W. Effects of chromium picolinate on serum cholesterol and apolipoprotein fractions in human subjects. **Western Journal of Medicine**, v. 152, p. 41-45, 1990.

RODRIGUES, E. A.; CANCHERINI, L. C.; JUNQUEIRA, O. M.; LAURENTIZ, A. C.; FILARDI, R. S.; DUARTE, K. F.; CASARELLI, E. M. Desempenho, qualidade da casca e perfil lipídico de gemas de ovos de poedeiras comerciais alimentadas com níveis crescentes de óleo de soja no segundo ciclo de postura. **Acta Science Animal Science**, v.27, p.207-212, 2005.

ROSEBROUGH, R.H.; STEELE, N.C. Effect of supplemental dietary chromium or nicotinate acid on carbohydrate metabolism during basal, starvation and refeeding periods in poult. **Poultry Science**, n.60, p.407-417, 1981.

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. and Jaques K.A. Eds, p. 147–161, 2003.

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

SAHIN, K.; KUÇUK, O.; SAHIN, N.; 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, p.1315–1321, 2001.

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.; ONDERCI, M.; GURSU, F.; CIKIM, G. Optimal dietary concentration of chromium for alleviating the effect of heat stress on growth, carcass qualities, and some serum metabolites of broiler chickens. **Biological Trace Element Research**, v.89, p.53-64, 2002c.

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, 2003.

SANTOS, M. S. V. **Avaliação do desempenho e qualidade dos ovos de poedeiras comerciais, submetidas às dietas suplementadas com diferentes óleos vegetais.** Fortaleza, 2005. 174p. Tese (Doutorado). Universidade Federal do Ceará.

SCANES, C. G. Perspectives on analytical techniques and standardization. **Poultry Science**, v. 87, n. 11, p. 2175-2177, 2008.

SCANES, C. G. Perspectives on the endocrinology of poultry growth and metabolism. **General and Comparative Endocrinology**, v. 163, n. 1, p. 24-32, 2009.

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

SILVA, L. M. G. S. **Cromo na alimentação de frangos de corte.** Maringá, 2007. 52p. Dissertação (Mestrado). Centro de Ciências Agrárias. Universidade Estadual de Maringá.

SPEARS, J.W. Reevaluation of the metabolic essentiality of the minerals: Review. **Asian Australasian Journal of Animal Science**, v.12, p.1002-1008, 1999.

STOEKER, B.J. Chromium. In: SHILS, M.E, OLSON, J.A.SHIKE, M.ROSS, A.C. **Modern nutrition in health and disease.** 9a ed. Philadelphia. Lippincott Williams &Williams. p.277-282, 1999.

VAN DER KLIS, J. D.; KEMME, P. A. An appraisal of trace elements: Inorganic and organic. **Poultry feedstuffs [electronic resource]: supply, composition, and nutritive value**, n. 26, p. 1099, 2002.

VINCENT, J.B. The Biochemistry of Chromium. **Journal of Nutrition**, v.130, p.715-718, 2000.

VINCENT, J.B. Chromium: celebrating 50 years as an essential element? **Dalton Transactions**, v.39, p.3787-3794, 2010.

YILDIZ, A.O.; PARLAT, S.S.; YAZGAN, O. The effects of organic chromium supplementation on production traits and some serum parameters of laying quails. **Revue de Medecine Veterinaire**, v. 155, n.12, p.642-646, 2004.

Capítulo II

EFEITO DA SUPLEMENTAÇÃO DE CROMO E DOIS
NÍVEIS ENERGÉTICOS NA DIETA DE POEDEIRAS
LEVES SOBRE O DESEMPENHO E QUALIDADE DE
OVOS

Efeito da suplementação de cromo e dois níveis energéticos na dieta de poedeiras leves sobre o desempenho e qualidade de ovos.

Resumo - O presente estudo avaliou o efeito da suplementação do cromo e dois níveis de energia sobre o desempenho e a qualidade de ovos de poedeiras leves. Foram utilizadas 192 poedeiras da linhagem Bovans com 47 semanas de idade. As aves foram distribuídas em um delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 4x2, com quatro níveis de suplementação de cromo (0, 200, 400 e 800 $\mu\text{g Cr/kg}$) e dois níveis energéticos (2.780 e 2.900 kcal EM/kg de ração). Cada tratamento continha seis repetições de quatro aves cada. O cromo utilizado foi o derivado de levedura. O experimento teve a duração de 112 dias, divididos em 4 períodos de 28 dias. Os parâmetros de desempenho não foram influenciados pelos níveis de cromo e de energia da dieta. Houve aumento linear no percentual de gema com o aumento da suplementação de cromo em dietas contendo 2.780 kcal/kg. As aves alimentadas com dietas contendo 2.780 kcal de EM/kg e isentas de suplementação de cromo, apresentaram redução no percentual de gema. Quando as aves foram suplementadas com 800 $\mu\text{g Cr/kg}$ de dieta, foi observada uma maior deposição de gema. A suplementação de 800 $\mu\text{g Cr/kg}$ na dieta com 2.780 kcal EM/kg provocou aumento no percentual de gema sem afetar o desempenho das poedeiras.

Termos para indexação - Aves, Cromo levedura, Energia, Gema de Ovo, Postura.

Effect of chromium supplementation and dietary energy levels on performance and egg quality of laying hens.

Abstract – This study aimed to evaluate the performance and egg quality in laying hens receiving diets supplemented with crescent levels of Chromium yeast and two different dietary energy levels. One hundred and ninety-two 47-week-old Bovans laying hens were distributed in a completely randomized design with 4x2 factorial arrangement: 4 levels of chromium yeast supplementation (0, 200, 400, 800 µg/kg feed) and two energy levels (2,780 and 2,900 kcal ME / kg of feed). Each treatment consisted of 6 replications of 4 birds each. The experiment lasted 112 days (four 28-day periods). The following performance parameters were evaluated: feed intake, egg weight, egg production, percentage of whole eggs, egg mass, feed: gain ratio (kg feed/dozen eggs and kg feed/kg eggs). The egg quality was accessed through the weight of total egg, shell, yolk and albumen and their proportions, Haugh unit, the specific gravity, and the shell thickness. The performance parameters were not influenced by the levels of chromium and dietary energy. There was a linear increase in the percentage of yolk with increasing chromium supplementation in diets containing 2.780kcal/kg. Laying hens fed with diets containing 2.780kcal/kg ME and without chromium supplementation showed reduced percentage of yolk. When birds were supplemented with 800 mg Cr / kg diet a greater deposition of yolk was observed. Dietary supplementation of 800 mg Cr / kg with 2.780kcal of ME/kg induced an increase in the percentage of yolk without affecting performance of laying hens.

Index terms –Chromium Yeast, Egg Production, Energy, Poultry, Yolk Percentage.

INTRODUÇÃO

A suplementação de cromo na alimentação animal tem se destacado pelo seu efeito estimulatório sobre o desempenho, taxa de crescimento, resposta imune e alteração metabólica (Vincent, 2000). O cromo pode ser fornecido nas dietas na forma inorgânica ou orgânica. As formas inorgânicas, tais como cloreto crômico, são pouco absorvidas pelos animais, devido à formação de complexos insolúveis durante a digestão e a aderência de moléculas de cromo livres em carboidratos, além de mostrarem mínimos efeitos no desempenho quando fornecidos nas dietas de animais. Por outro lado, as formas quelatadas oferecem melhores disponibilidades de cromo (Silva, 2007). Em geral, a disponibilidade de cromo na maioria dos alimentos é extremamente baixa e sua suplementação na dieta pode influenciar o desempenho e o metabolismo animal de forma positiva, assim como pode alterar a composição dos produtos de origem animal (Spears, 1999).

Considerando o papel do cromo no metabolismo energético pela ação da insulina, acredita-se que a suplementação de cromo em rações para frangos de corte aumente a eficiência da energia da dieta e sustenta a produtividade mesmo quando a densidade energética da dieta é reduzida (Spears, 1999). A suplementação de 200 µg Cr/kg de ração melhorou o desempenho, a utilização de nutrientes e características de carcaça em frangos de corte (Ahmed et al., 2005).

Nas aves de postura foi observado que o uso de cromo trivalente apresentou efeito favorável na qualidade do albúmen, sendo sugerido que este elemento pode ser necessário para manutenção do estado físico do albúmen (Jensen & Maurice, 1978). Lien et al. (1996) suplementando dietas de poedeiras em fase final de postura com picolinato de cromo (200, 400 ou 800 µg Cr/kg) observaram redução no colesterol sanguíneo e no colesterol da gema. Entretanto, a resistência da casca foi reduzida com a suplementação do cromo, sugerindo interrelação com metabolismo de outros minerais.

Em estudo com cromo com codornas sob estresse pelo frio, Sahin et al. (2001a) observaram aumento na concentração de insulina e diminuição na concentração de glicose no soro, indicando maior utilização da glicose e conseqüentemente, melhora no ganho de peso, eficiência alimentar e produção de ovos. Em codornas japonesas, Araújo et al. (2007) verificaram que o nível de 500 µg Cr metionina/kg de dieta aumenta a

produção de ovos comercializáveis. Também em codornas japonesas, a suplementação de picolinato de cromo, particularmente em 1.200 µg Cr/kg, aumentou os índices de desempenho, qualidade dos ovos e as concentrações séricas de insulina (Sahin et al., 2001a) e diminuíram as concentrações séricas de glicose e colesterol e aumentaram linearmente as concentrações de proteína total e insulina conforme os níveis de cromo foram aumentando na dieta (250, 500, 750 e 1.000 µg Cr/kg) (Yildiz et al., 2004).

A suplementação de picolinato de cromo (200 e 400 µg Cr/kg) não influenciou o ganho de peso, o consumo de ração e a conversão alimentar de frangos de corte com 3 semanas de idade (Ward et al., 1993) e favorece a velocidade de crescimento, eficiência alimentar e qualidade de carcaça por reduzir a quantidade de gordura corporal (Gursoy, 2000).

A exigência de energia das poedeiras está condicionada a fatores como peso corporal, ganho de peso, produção de massa de ovos, nível de empenamento, temperatura ambiente, composição corporal e do ovo e eficiência de utilização dos nutrientes da dieta para deposição em tecido corporal e em ovo (Faria & Santos, 2005).

Com a finalidade de aumentar a energia das rações, os óleos são utilizados rotineiramente na alimentação de aves. O uso de óleo melhora a digestão e a absorção de constituintes não lipídicos e aumenta o tempo de retenção dos alimentos, além de ser fonte de ácidos graxos para obtenção de produtos com perfil nutricional diferenciado (Santos, 2005).

O fornecimento de dietas com energia acima das necessidades do animal proporciona maior acúmulo de gordura corporal. Sabe-se que uma das funções do cromo é reduzir a deposição de gordura, porém poucos estudos têm correlacionado o uso de energia na dieta com esse efeito do cromo em aves de postura.

Em poedeiras, no entanto, os efeitos da suplementação de cromo sobre o desempenho, qualidade de ovo e metabolismo ainda não são totalmente esclarecidos. Quando atingem a idade de pós-pico de postura, as aves diminuem a produção de ovos, pioram a qualidade de casca e passam a acumular maiores reservas de gordura, sendo que a suplementação de cromo na dieta pode ajudar a minimizar tais efeitos negativos.

Em função do exposto, o objetivo deste estudo foi avaliar o efeito da suplementação do cromo e dois níveis de energia em dietas de poedeiras leves sobre o desempenho e a qualidade de ovos.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no segundo semestre de 2011, no galpão da Fazenda Lageado, FMVZ, UNESP - Campus de Botucatu. Foram utilizadas 192 poedeiras leves da linhagem Bovans, com 47 semanas de idade no início do experimento, em fase de pós-pico de postura, adquiridas de granja comercial.

As poedeiras foram alojadas em 48 gaiolas metálicas, com quatro aves em cada gaiola e permaneceram em adaptação por 40 dias. Foi utilizado um delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 4x2, com quatro níveis de suplementação de cromo (0, 200, 400 e 800 µg Cr/kg) e dois níveis energéticos (2.780 e 2.900 kcal EM/kg de ração). Cada tratamento continha seis repetições de quatro aves cada. O cromo utilizado foi o derivado de levedura. Os níveis de garantia do produto é de 1000mg cromo/kg produto e a recomendação de inclusão é de 200 a 400g/tonelada de ração.

A ração base, com nível energético de 2.780 kcal EM/kg, foi formulada à base de milho e farelo de soja e os níveis nutricionais seguiram as recomendações adaptadas de Rostagno et al. (2005) para poedeiras leves. A segunda dieta, com nível energético de 2.900 kcal EM/kg, manteve-se com os níveis de todos os nutrientes da dieta padrão, elevando-se apenas o teor de EM da dieta, com o objetivo de analisar o comportamento das aves nos diferentes parâmetros analisados quando submetidas a uma dieta com um nível mais elevado de energia, sem o aumento correspondente dos demais nutrientes (Tabela 1). A suplementação de cromo foi incluída em substituição do inerte e foi realizada análise da concentração de cromo nas rações e as amostras obtiveram valores próximos ao formulado (Tabela 2).

O experimento teve duração de 112 dias, subdivididos em quatro ciclos de 28 dias e, durante todo esse período, as aves foram submetidas a idêntico manejo alimentar, sendo fornecidas água e ração *ad libitum*, com controle semanal de consumo de ração. As aves foram submetidas a 16 horas de luz diárias e a coleta de ovos foi efetuada duas vezes ao dia. As temperaturas mínima e máxima diária foram registradas, sendo que durante o período experimental, a temperatura média foi de $22,8^{\circ}\text{C} \pm 6,1^{\circ}\text{C}$.

As características de desempenho avaliadas foram: consumo de ração, peso de ovo, porcentagem de postura, porcentagem de ovos íntegros, massa de ovos, conversão alimentar por dúzia e por quilograma de ovos.

O consumo de ração por ave foi avaliado semanalmente e determinado pela diferença entre a quantidade de ração fornecida e as sobras existentes em cada gaiola. O resultado foi dividido pelo número médio de aves de cada gaiola e expresso em gramas/ave/dia.

Tabela 1. Composição percentual e nutricional estimadas das rações experimentais.

Ingredientes	Nível de Inclusão (%)	
	2.780 kcal EM/kg	2.900 kcal EM/kg
Milho	61,18	59,45
Farelo de soja (45)	24,74	25,39
Farelo de trigo	1,00	0,00
Óleo de soja	1,46	3,54
Sal comum	0,30	0,30
Calcário calcítico	9,37	9,35
Fosfato bicálcico	1,43	1,45
DL-metionina, 99%	0,14	0,14
Suplemento vitamínico ¹	0,15	0,15
Suplemento mineral ²	0,15	0,15
Caulin ou Cromo levedura	0,08	0,08
Total	100,00	100,00
Valores calculados		
Energia metabolizável, kcal/kg	2.780	2.900
Proteína bruta, %	16,5	16,5
Cálcio, %	4,03	4,02
Fósforo disponível, %	0,36	0,36
Metionina, %	0,40	0,40
Met+Cistina,%	0,68	0,68
Lisina, %	0,85	0,84
Sódio, %	0,02	0,02
Cloro, %	0,05	0,05

¹ Suplemento vitamínico (Postura C, Multimix®). Composição por kg de ração: vitamina A 7.000.000 UI, vitamina D 2.000.000 UI, vitamina E 5.000 mg, vitamina K₃ 1.800 mg, vitamina B₂ 3.000 mg, vitamina B₁₂ 8.000 µg, niacina 20.000 mg, ácido pantotênico 5.000 mg, antioxidante 15.000 mg e veículo QSP 1.000 g.

² Suplemento mineral (Multimineral aves, Multimix®). Composição por kg de ração: cobre 8.000 mg, ferro 50.000 mg, manganês 70.000 mg, zinco 50.000 mg, iodo 1.200 mg, selênio 200 mg e veículo QSP 1.000 g.

Tabela 2. Concentração analisada de cromo (mg Cr/kg dieta) nos diferentes tratamentos e ciclos.

Tratamentos*	Ciclos (28 dias)			
	1º Ciclo	2º Ciclo	3º Ciclo	4º Ciclo
E ₁ C ₁	0,0018	0,0016	0,0012	0,0012
E ₁ C ₂	0,27	0,24	0,26	0,24
E ₁ C ₃	0,50	0,45	0,43	0,44
E ₁ C ₄	0,70	0,76	0,74	0,73
E ₂ C ₁	0,015	0,014	0,015	0,011
E ₂ C ₂	0,19	0,17	0,19	0,16
E ₂ C ₃	0,43	0,42	0,51	0,42
E ₂ C ₄	0,71	0,83	0,78	0,76

* E₁: 2.780 kcal EM; ; E₂: 2.900 kcal EM; C₁, C₂, C₃, C₄: 0, 200, 400, 800 µg Cr/kg.

O peso dos ovos foi avaliado semanalmente e obtido dividindo-se o peso total dos ovos da gaiola pelo número de ovos, e o resultado expresso em gramas. A conversão alimentar por dúzia de ovos produzidos foi mensurada semanalmente, dividindo-se o peso total da ração consumida por repetição, expresso em quilograma, pelo número de dúzias de ovos produzidos na semana. A conversão alimentar por quilograma de ovos produzidos foi calculada dividindo-se o peso total da ração consumida na semana pelas aves por repetição, expressa em quilograma, pelo peso total dos ovos postos no mesmo período também expresso em quilograma.

A massa de ovos foi obtida multiplicando o peso médio dos ovos de cada repetição pelo número de ovos produzidos na semana e dividido pelo número de aves e o resultado foi expresso em gramas de ovos/ave/dia.

Para análise da qualidade dos ovos, a cada 28 dias foram coletados 2 ovos por gaiola, durante os últimos três dias consecutivos de cada período e analisados no dia que foram coletados. Foram avaliadas as seguintes características: peso dos ovos, peso de casca, gema e albúmen, e suas percentagens; altura do albúmen para cálculo da Unidade Haugh; gravidade específica, cor de gema e espessura da casca.

A gravidade específica dos ovos foi realizada segundo metodologia descrita por Staldeman & Cotterill (1995), utilizando soluções salinas com densidade entre 1,065 e 1,100. A porcentagem de gema foi determinada dividindo-se o peso da gema pelo peso do ovo e o resultado multiplicado por 100. A porcentagem de casca foi calculada dividindo-se o peso da casca (seca em estufa por 72 horas a 60 °C), pelo peso do ovo, e o resultado multiplicado por 100. A porcentagem de albúmen foi determinada através da diferença: 100 - (%gema + %casca).

A cor da gema foi estimada pela comparação da coloração da gema com o leque colorimétrico (DSM). Para obtenção da unidade Haugh, foi determinada a altura do albúmen, por meio de paquímetro digital e posteriormente efetuado o cálculo, empregando-se a fórmula sugerida por Staldeman & Cotterill (1995): $UH = 100 \log (H + 7,57 - 1,7 W \times 0,37)$, em que H= altura do albúmen (mm); W = peso do ovo (g); 7,57= fator de correção para altura do albúmen; e 1,7= fator de correção para peso do ovo. A espessura de casca foi medida através do uso de micrômetro em três diferentes pontos na linha mediana da casca do ovo, sendo o valor considerado a média dessas três medições.

Para análise de deposição de cromo em gema de ovos, foi feito um *pool* de três gemas de ovos por repetição, no último dia de cada ciclo e as gemas foram secas em estufa a 50°C por 72 horas e congeladas a seguir. As determinações de cromo foram realizadas através da técnica de espectrometria atômica e o método por atomização em forno de grafite.

Os resultados obtidos no experimento foram tabulados e submetidos à análise de variância e complementados pelo teste de comparações múltiplas de Tukey com auxílio do programa estatístico SAS (2002). Para os níveis de cromo foi aplicada análise de regressão nos casos em que o modelo foi significativo e utilizado quando da obtenção de resultados biológicos adequados ($R^2 > 0,70$) pelo procedimento *proc reg*.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Analisando os dados da Tabela 3 podemos observar que os parâmetros de desempenho não foram influenciados pelos níveis de cromo e de energia da dieta. Em outros estudos com poedeiras sob estresse pelo frio (Sahin et al., 2001a) e com frangos de corte em ambiente termoneutro (Lien et al., 1999) e sob estresse por calor (Sahin et al., 2002b e 2003), foi observado aumento do consumo de ração em resposta à suplementação de cromo às dietas. No presente estudo, as aves não foram submetidas a uma situação de estresse, o que pode explicar o comportamento dessas variáveis.

Sahin et al. (2002b) observaram melhora na conversão alimentar de codornas suplementadas com cromo e criadas em ambiente de estresse pelo frio. Também, Sahin et al. (2001b), relataram resultados semelhantes em codornas japonesas na fase de

postura. Uyanik et al. (2002) observaram que a suplementação de cromo resultou numa redução de 1,88% no consumo de ração e melhoria de 4,28% na conversão alimentar. Porém, Araújo et al. (2007) não encontraram melhora na conversão alimentar de codornas na fase de postura alimentadas com cromo orgânico. Yildiz et al. (2004) observaram, em codornas japonesas, que o aumento nos níveis de suplementação de cromo (250, 500, 750 e 1000 µg Cr/kg) resultou no aumento da conversão alimentar, mas não houve efeito sobre o peso corporal das aves e consumo de ração. A divergência de resultados obtidos para conversão alimentar em aves suplementadas com cromo nos estudos encontrados, pode estar na fonte do cromo utilizado bem como nas condições ambientais em que as aves foram submetidas em relação à presença ou ausência de estresse térmico.

O consumo de ração é um parâmetro de desempenho frequentemente avaliado em animais suplementados com cromo e os resultados encontrados na literatura são muito diferentes. Alguns autores têm encontrado efeito da suplementação do cromo em animais submetidos a estresse (Araújo et al., 2007; Lien et al., 1999; Sahin et al., 2003; Króliczewska et al., 2005). Nessa situação, o metabolismo de glicose aumenta simultaneamente com o aumento da secreção do hormônio cortisol no sangue. O cortisol age de forma antagônica à insulina, pois reduz a entrada de glicose em tecidos periféricos como o músculo esquelético e tecido adiposo, de forma a garantir o fornecimento adequado de glicose para os tecidos de maior demanda como o cérebro e fígado. Isto resulta numa elevação de glicose no sangue e subsequente mobilização de cromo dos tecidos. Uma vez mobilizado, o cromo é irreversivelmente perdido na urina (Anderson, 1988; Anderson et al., 1990; Mertz, 1992), portanto, a suplementação de cromo nesses animais possibilita maiores respostas metabólicas. Para animais em conforto ambiental, como realizado neste estudo e na maior parte dos trabalhos encontrados na literatura, não foi observado efeito sobre o consumo de ração e, especialmente produção de ovos. Além disso, deve-se sempre lembrar que existem diferentes tipos de cromo que são utilizados nas pesquisas e doses com grandes variações.

A suplementação de cromo na taxa de postura em poedeiras apresenta resultados contraditórios, principalmente quando utiliza-se cloreto de cromo, não havendo efeito sobre produção de ovos (Jensen & Maurice, 1978; Jensen & Maurice, 1980;

Benabdeljelil & Jensen, 1990). A suplementação de diferentes níveis de cromo metionina na dieta de codornas não influenciou o peso de ovos, porém, melhorou em 3,3% a produção média de ovos/ave/dia com a inclusão de 500 µg Cr/kg em comparação à dieta sem adição de cromo (Araújo et al., 2007). Lien et al. (1996) suplementando dieta de poedeiras com picolinato de cromo (800 e 1.600 µg/kg de ração) não observaram efeito na produção de ovos e peso de ovo. No entanto, Southern & Page (1994) relataram aumento na produção de ovos de poedeiras alimentadas com dietas suplementadas com picolinato de cromo (100-200 µg/kg de ração). Efeitos positivos da inclusão de picolinato de cromo sobre a taxa de postura das aves foram observados por Sahin et al. (2001b, 2002a).

Em codornas japonesas, mantidas em ambiente com alta temperatura, Araújo et al. (2007) observaram aumento de 4,22% na produção de ovos comercializáveis com a inclusão de 500 µg Cr/kg de dieta. Isso ocorreu de forma independente ao consumo de alimento, visto que esse parâmetro não variou. Os autores evidenciam que o cromo tem influência de forma positiva na formação da casca do ovo de codornas, pois a melhora na produção de ovos ocorreu devido à redução no número de ovos com casca mole, sem casca ou quebradiços.

Não houve efeito dos tratamentos sobre o peso de ovo ($P>0,05$) (Tabela 3). Araújo et al. (2007) obtiveram resultados semelhantes aos deste estudo e não observaram variação no peso dos ovos com a suplementação de cromo. Sahin et al. (2002a), em experimento com poedeiras sob estresse por baixas temperaturas, verificaram que a inclusão de 400 µg Cr/kg de dieta promoveu aumento no peso de ovos em relação aos do grupo controle. Liu et al. (1999) observaram aumento na postura e peso de ovos de poedeiras suplementadas com 10 mg Cr/kg, assim como Sahin et al. (2002b) que relataram aumento no peso de ovo com a inclusão de 1.200 µg Cr/kg de dieta em codornas mantidas sob estresse por calor.

Os tratamentos não influenciaram as características de qualidade de ovos analisadas (Tabela 4), exceto para o percentual de gema que apresentou interação entre nível de energia da dieta e cromo ($P<0,05$). Isolando o fator energia metabolizável, houve aumento linear no percentual de gema com o aumento da suplementação de cromo em dietas contendo 2.780kcal/kg (Perc gema = $24,90033 + 0,168x$; = $R^2 0,98$). Isolando o fator cromo, aves alimentadas com dietas contendo 2.780kcal/kg de EM e

isentas de suplementação de cromo, reduziram o percentual de gema e, quando foram suplementadas com 800 µg Cr/kg de dieta houve maior deposição de gema.

Quando as aves estão no pico de postura, os teores de triglicerídeo hepático e LDL plasmático são mais elevados, enquanto que o HDL é inferior. A diferença é atribuída aos lipídeos, um dos principais precursores de formação da gema, que resultam do fígado, e não a partir do ovário (Yin et al., 2000). Neste estudo, a maior porcentagem de gema no tratamento com maior nível energético, sem adição de cromo, pode estar relacionada a aumento da formação hepática de lipídeos, que são lançados na corrente sanguínea e disponibilizados para os folículos ovarianos em crescimento, resultando em gemas com maior tamanho. A adição de 800 µg Cr/kg de dieta pode ter revertido esse quadro, com maior ativação da insulina, resultando em maior uso da glicose e diminuindo a disponibilização de lipídeos circulantes para formação da gema.

O maior peso da gema e do albúmen em ovos de codornas foi observado por Yildiz et al. (2004), com a suplementação de cromo, mas não houve efeito no peso e espessura de casca. Lien et al. (1996) também não observaram alteração na espessura de casca em poedeiras suplementadas com picolinato de cromo (400 e 800 µg Cr/kg). Uyanik et al. (2002) observaram que a suplementação de cromo não teve efeito sobre gravidade específica, espessura da casca e unidade Haugh, mas aumentou a resistência de casca, tamanho de albúmen e gema dos ovos.

A gravidade específica não foi influenciada pelos níveis de cromo e de energia, corroborando com Sahin et al. (2002a) que estudaram a suplementação de cromo orgânico em poedeiras. Por outro lado, Sahin et al. (2001b e 2002b) relataram aumento da gravidade específica de ovos provenientes de aves que receberam cromo orgânico na dieta.

As variáveis porcentagem de albúmen e unidade Haugh não foram afetadas pela adição de cromo neste estudo, concordando com Sahin et al. (2002a) que não observaram melhora na unidade Haugh de ovos provenientes de aves recebendo cromo orgânico e diferindo de Sahin et al. (2001b e 2002b), que observaram melhora nas variáveis em questão. Jensen & Maurice (1980) também observaram melhora na unidade Haugh em poedeiras que receberam 1000 µg Cr/kg de dieta.

O teor de cromo na gema dos ovos (Tabela 4) não sofreu efeito dos tratamentos utilizados. Em estudo com poedeiras suplementadas com diferentes formas de cromo

(cloreto de cromo, cromo levedura e cromo-amino-nicotina), Piva et al. (2003) também não observaram mudança no teor de cromo nos ovos. Esses autores sugerem que a baixa transferência de cromo da dieta para o ovo ocorre a fim de evitar uma acumulação excessiva de mineral no ovo. Além disso, esses mesmos autores observaram que a excreção de cromo foi linearmente relacionada com a sua ingestão na dieta, independentemente da forma química utilizada, mostrando que num curto período de tratamento, com altas doses de diferentes formas de cromo, a retenção desse mineral não difere da dieta controle.

Tabela 3. Desempenho de poedeiras leves alimentadas com suplementação do cromo e diferentes níveis energéticos.

	CR* (g/dia)	Peso de ovo (g)	Postura (%)	Ovos Íntegros (%)	Massa de ovos (g/dia)	CA/kg*	CA/dz*
Níveis de Cromo ($\mu\text{g Cr/kg}$)							
0	116,00	65,04	92,14	99,05	59,94	1,95	1,52
200	113,33	65,30	88,47	98,71	57,73	2,01	1,57
400	114,92	64,85	92,47	98,84	59,93	1,93	1,50
800	116,50	64,33	92,42	98,66	59,44	1,98	1,53
Níveis de EM ¹ (kcal/kg)							
2.780	115,66	64,95	90,54	98,73	58,77	1,99	1,55
2.900	114,71	64,82	92,22	98,90	59,75	1,94	1,51
Probabilidade							
Cr ²	0,515	0,690	0,465	0,866	0,638	0,630	0,588
EM ¹	0,551	0,825	0,425	0,651	0,486	0,175	0,203
Cr x EM	0,138	0,265	0,796	0,952	0,871	0,705	0,628
CV ³ (%)	4,78	3,11	7,91	1,25	8,12	7,72	8,54

*CR= Consumo de ração; CA/kg= Conversão alimentar por quilo de ovos; CA/dz= Conversão alimentar por dúzia de ovos; ¹EM= Energia metabolizável; ²Cr=Cromo; ³CV= Coeficiente de variação.

Tabela 4. Qualidade de ovos e concentração de cromo em gema de ovos de poedeiras leves nos diferentes tratamentos.

	Grav. Esp.* (g/ml)	Cor Gema	Esp. Casca* (mm)	Gema (%)	Casca (%)	Albúmen (%)	UH*	Cr gema ($\mu\text{g L}^{-1}$)
Níveis de Cromo ($\mu\text{g Cr/kg}$)								
0	1,088	4,6	0,39	25,45	9,07	65,48	80,69	45,97
200	1,088	5,0	0,38	25,33	9,11	65,57	79,86	46,23
400	1,088	4,8	0,38	25,65	9,13	65,22	81,06	45,91
800	1,089	4,9	0,39	25,88	9,22	64,84	81,45	46,25
Níveis de EM ¹ (kcal/kg)								
2.780	1,088	4,8	0,38	25,49	9,14	65,34	81,36	46,16
2.900	1,089	4,9	0,39	25,67	9,13	65,22	80,16	46,01
Probabilidade								
Cr ²	0,709	0,504	0,464	0,388	0,836	0,596	0,214	0,5492
EM ¹	0,661	0,113	0,819	0,265	0,474	0,121	0,681	0,5056
Cr x EM	0,766	0,928	0,756	0,028	0,792	0,119	0,899	0,3686
CV ³ (%)	0,18	8,86	3,55	2,78	2,66	1,21	4,09	1,58

*Grav Esp: Gravidade específica; Esp. Casca: Espessura de casca; UH: Unidade Haugh. ¹EM= Energia metabolizável; ²Cr=Cromo; ³CV= Coeficiente de variação.

Tabela 5. Desdobramento da interação entre níveis de energia metabolizável (EM) e de cromo (Cr) para a variável percentual de gema.

EM (kcal/kg)	Níveis de cromo ($\mu\text{g Cr/kg}$)			
	0	200	400	800
2.780	24,96 B*	25,21	25,47	26,30 A
2.900	25,94 A	25,44	25,82	25,46 B

*Efeito linear. Percentual de gema = $24,90033 + 0,168x$; $R^2 = 0,98$

A,B Médias seguidas de letras maiúsculas distintas na coluna diferem entre si pelo teste F ($P < 0,05$)

CONCLUSÃO

A suplementação com cromo entre 200 e 800 $\mu\text{g Cr/kg}$ em dietas com a densidade energética no nível recomendado (2.780 kcal EM/kg), aumenta linearmente a porcentagem da gema sem afetar outros parâmetros de desempenho e qualidade de ovos. A suplementação de 800 $\mu\text{g Cr/kg}$ de dieta de poedeiras leves com 2.780 kcal/kg aumenta o percentual de gema sem afetar o desempenho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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 inorganic chromium (as chromium chloride hexahydrate) and a combination of inorganic chromium and ascorbic acid. **Journal of Agricultural Science**, v.143, p.427-439, 2005.

ANDERSON, R.A. Chromium. In: **Trace minerals in foods**. Marcel Dekkes Inc., New York, p. 231-247, 1988.

ANDERSON, R. A., BRYDEN, N.A., POLANSKY, M.M., REISER, S. Urinary chromium excretion and insuligenous properties of carbohydrates. **Animal Journal Clinical Nutrition**, v.51, p.864-869, 1990.

ARAÚJO, M. S.; BARRETO, S. L. T.; 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.

BENABDELJELIL, K.; JENSEN, L.S. Effectiveness of ascorbic acid and chromium in counteracting the negative effects of dietary vanadium on interior egg quality. **Poultry Science**, v. 69, p.781-786, 1990.

FARIA, D. E.; SANTOS, A. L. Exigências nutricionais de galinhas poedeiras. In: **Simpósio Internacional sobre Exigências Nutricionais de Aves e Suínos**. Viçosa. Anais...Viçosa, MG. p. 229-315, 2005.

GURSOY, U. Chromium in broiler diets. **Feed International**, v.21, n.3, p.24-26, 2000.

JENSEN, L. S.; MAURICE, D. V. Effect of chromium and corn fermentation solubles on interior egg quality. **Poultry Science**. v.57, p.1147,1978.

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

KRÓLICZERWSKA, B.; ZAWARDZKI, W.; SKIBA, T.; MISTA, D. Effects of chromium supplementation on chicken broiler growth and carcass characteristics. **Acta Veterinaria Brunensis**, v.74, .543-549, 2005.

LIEN, T.; CHEN, S.; SHIAU, S.; FROMAN, D. P.; 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, carcass traits and lipid metabolism of broilers as affected by supplement of chromium picolinate. **British Poultry Science**, v. 4, n. 1, p. 357-363, 1999.

LIU P.X., CHEN L.J., XIE D.B., XIONG X.M. Effects of dietary chromium on the productivity of laying hens and the distribution of chromium. **Acta Agricultural University Jangxiensis**, v. 21, p. 564-568, 1999.

MERTZ, W. Chromium – history and nutritional importance. **Biological Trace Element Research**, v.32, p.3-8, 1992.

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, p.149-163, 2003.

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. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 2 ed. Viçosa: Imprensa Universitária, 186p., 2005.

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, p.142-147, 2001a.

SAHIN K., KÜÇÜK O., SAHIN N., 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, 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, p. 225–238, 2003.

SANTOS, M. S. V. **Avaliação do desempenho e qualidade dos ovos de poedeiras comerciais, submetidas às dietas suplementadas com diferentes óleos vegetais**. Fortaleza, 2005. 174p. Tese (Doutorado). Universidade Federal do Ceará.

SAS Institute Inc., **User installation guide for the SAS® system**; version 9 for Microsoft® Windows®, Cary, NC: SAS Institute Inc., 2002.

SILVA, L. M. G. S. **Cromo na alimentação de frangos de corte**. Maringá, 2007. 52p. Dissertação (Mestrado). Centro de Ciências Agrárias. Universidade Estadual de Maringá.

SOUTHERN Jr, L. L.; PAGE, T. G. Increasing egg production in poultry. **U.S. Patent** No. 5,336,672. 9 Aug. 1994.

SPEARS, J. W. Reevaluation of the metabolic essentiality of the minerals: Review. **Asian Australasian Journal of Animal Science**, v.12, p.1002-1008, 1999.

STALDEMAN, W. J.; COTTERILL, O. J. **Egg science and Technology**. Food Products Press, New York, 3° Edition, 37p., 1995.

UYANIK, F.; KAYA, S.; KOLSUZ, A. H.; EREN, M.; SAHIN, N. The Effect of Chromium Supplementation on Egg Production, Egg Quality and Some Serum Parameters in Laying Hens. **Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences**, v.26, p.379-388, 2002.

VINCENT, J.B. The Biochemistry of Chromium. **Journal of Nutrition**, v.130, p.715-718, 2000.

WARD, T.L.; SOUTHERN, L.L.; BOLEMAN, S.L. Effect of dietary chromium picolinate on growth, nitrogen balance and body composition of growing broiler chicks. **Poultry Science**, v. 72, n. 1, p. 37, 1993.

YILDIZ, A.O., PARLAT, S.S., YAZGAN, O. The effects of organic chromium supplementation on production traits and some serum parameters of laying quails. **Revue de Médecine Vétérinaire**, v. 155, n.12, p.642-646, 2004.

YIN, J., CHAUFOR, X., MCLACHLAN, C., MCGUIRE, M., WHITE, G., KING, N., & HAMBLY, B. Apoptosis of vascular smooth muscle cells induced by cholesterol and its oxides in vitro and in vivo. **Atherosclerosis**, v. 148, n. 2, p. 365-374, 2000.

Capítulo III

**EFEITO DA SUPLEMENTAÇÃO DE CROMO E
NÍVEIS ENERGÉTICOS NA DIETA DE POEDEIRAS
LEVES SOBRE O METABOLISMO LIPÍDICO E DE
CARBOIDRATOS**

Efeito da suplementação de cromo e níveis energéticos na dieta de poedeiras leves sobre o metabolismo lipídico e de carboidratos.

Resumo - Este estudo teve por objetivo avaliar o efeito da suplementação do cromo e dois níveis de energia sobre o metabolismo lipídico e de carboidratos de poedeiras leves. Foram utilizadas 192 aves da linhagem Bovans com 47 semanas de idade, em um delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 4x2, com quatro níveis de suplementação de cromo (0, 200, 400 e 800 $\mu\text{g Cr/kg}$) e dois níveis energéticos (2.780 e 2.900 kcal EM/kg de ração). Cada tratamento continha seis repetições de quatro aves cada. O cromo utilizado foi o derivado de levedura. O experimento teve a duração de 112 dias, divididos em 4 períodos de 28 dias cada. Os tratamentos utilizados não influenciaram os níveis de glicose e de lipídeos plasmáticos das aves. Os tratamentos sem adição de cromo, apresentaram menor teor de colesterol em gemas com o uso de 2.900 kcal EM/kg. Aves alimentadas com 2.780 kcal EM/kg e com suplementação de cromo apresentaram redução de glicogênio hepático e a suplementação de 200 $\mu\text{g Cr/kg}$ de dieta provocou um aumento no teor de glicogênio hepático, comparada com a suplementação de 400 $\mu\text{g Cr/kg}$ dieta. A suplementação de 200 $\mu\text{g Cr/kg}$ de dieta reduziu o teor de colesterol na gema dos ovos para nível energético de 2.780 kcal EM/kg. A suplementação com 200 $\mu\text{g Cr/kg}$ resultou em aumento no teor de glicogênio hepático e o nível de 2.900 kcal EM/kg aumenta a deposição de gordura abdominal.

Termos para indexação - Aves, Cromo Levedura, Energia, Glicose Plasmática, Lipídeos.

Effect of chromium supplementation and dietary energy levels on lipid and carbohydrate metabolism of light laying hens.

Abstract – The objective of this study was to evaluate the effect of chromium supplementation and two dietary energy levels on lipid and carbohydrate metabolism of light laying hens. One hundred and ninety-two 47-week-old Bovans laying hens were distributed in a completely randomized design with 4x2 factorial arrangement: 4 levels of chromium yeast supplementation (0, 200, 400, 800 µg Cr/kg) and two energy levels (2,780 and 2,900 Kcal of ME/Kg). Each treatment consisted of 6 replications of 4 birds each. The experiment lasting 112 days (four 28-day periods). The plasma glucose and lipid levels were not affect by different treatments. The treatment with 2,900 kcal/kg without addition of chromium presented reduced contend of cholesterol in egg yolks. Birds fed with 2,780 kcal ME/kg and chromium supplementation showed a reduced hepatic glycogen contend. Additionally, hens receiving supplementation of 200 mg Cr/kg diet presented higher levels of liver glycogen, as compared with supplementation of 400 mg Cr/kg diet. Dietary supplementation of 200 mg Cr/kg diet resulted in lower cholesterol contend in the yolks in birds fed with 2,780 kcal ME/ kg. Birds fed with diet contend 2,900 kcal ME/kg and supplemented with 200 mg Cr/kg showed a higher hepatic glycogen content. An increase in abdominal fat was observed in laying hens fed with 2,900 kcal ME/kg, regardless of the level of chromium supplemented in the diet.

Index terms – Cholesterol, Chromium Yeast, Energy, Plasma Glucose, Poultry.

INTRODUÇÃO

A utilização de nutrientes funcionais é uma ferramenta muito utilizada para o favorecimento do desempenho das aves de produção. Os minerais são considerados elementos essenciais para uma boa nutrição, além de exercerem 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 (Araújo et al., 2007). Podem ser fornecidos na forma inorgânica ou na forma complexada, sendo assim mais eficientemente absorvidos, pois são transportados pelos carreadores intestinais de aminoácidos e peptídeos e, desse modo, não competem com outros minerais pelos mesmos mecanismos de absorção (Rutz & Murphy, 2009). Sendo assim, os minerais quelatados representam uma excelente alternativa para uma nutrição adequada em aves (Rutz et al., 2003).

A suplementação de cromo na alimentação animal tem importância devido ao seu efeito estimulatório sobre fatores como desempenho, taxa de crescimento, resposta imune e alteração metabólica (Vincent, 2000). Tem sido proposto que o cromo age aumentando a fluidez da membrana celular para facilitar a ligação da insulina com seu receptor (Evans & Bowman, 1992) e é parte integrante do fator de tolerância à glicose (GTF), que funciona como um carreador de cromo para proteínas celulares deficientes neste elemento (Vincent, 1994). As células sensíveis a insulina, convertem glicose em energia, e esta energia adicional serve de combustível para síntese protéica, de suporte para crescimento muscular, de manutenção celular e melhora da fertilidade (Anderson, 1995). Quando a glicose não é utilizada pelas células do organismo devido à baixa atividade da insulina, esta é convertida em gordura.

Segundo Anderson et al. (1991), a indução de uma deficiência experimental de cromo em animais de laboratório resultou no aparecimento de sintomas como hiperglicemia, glicosúria, elevação nas taxas de colesterol e triglicerídeos, diminuição do número de receptores de insulina e uma incapacidade de ligação com as células.

Suplementando poedeiras em fase final de postura com picolinato de cromo (200, 400 ou 800 µg Cr/kg), Lien et al. (1996) observaram redução no colesterol sanguíneo e no colesterol da gema. Utilizando picolinato de cromo (1.000 µg Cr/kg) em poedeiras com 45 semanas de idade, Lien et al. (2003) encontraram decréscimo nos níveis de triglicerídeos e colesterol sanguíneos e colesterol na gema; a suplementação de

cromo também aumentou a proporção de lipoproteínas, como HDL e aumentou a porcentagem de colesterol ligado como HDL-colesterol.

Com a suplementação de 300 e 500 $\mu\text{g}/\text{kg}$ de cromo levedura em ração de frangos de corte, Króliczewska et al. (2004) observaram que com o nível de 500 $\mu\text{g}/\text{kg}$ de cromo houve decréscimo dos níveis de colesterol total, LDL, triglicérides e glicose e um aumento do HDL, além de melhorar o peso corporal, ganho de peso e eficiência alimentar, concluindo que a suplementação de 500 $\mu\text{g Cr}/\text{kg}$ influencia no metabolismo de carboidratos e lipídeos de frangos de corte, mas sugerem que o uso deste na alimentação animal ainda necessita de maiores estudos. Entretanto, em outro estudo, a suplementação de cromo não influenciou no rendimento de carcaça, peso e porcentagens de coração, fígado e moela, rendimento de cortes e porcentagem de gordura abdominal de frangos de corte (Anandhi et al., 2006).

É conhecido que a suplementação de cromo orgânico em dietas de frangos melhora a velocidade de crescimento, a eficiência alimentar e a qualidade de carcaça por reduzir a quantidade de gordura corporal (Gursoy, 2000). Em poedeiras, no entanto, os efeitos da suplementação de cromo sobre o desempenho, qualidade de ovo e metabolismo ainda não são totalmente esclarecidos.

A exigência de energia das poedeiras está condicionada a fatores como peso corporal, ganho de peso, produção de massa de ovos, nível de empenamento, temperatura ambiente, composição corporal e do ovo e eficiência de utilização dos nutrientes da dieta para deposição em tecido corporal e em ovo (Faria & Santos, 2005).

Quando fornece energia acima da densidade energética recomendada para as aves, ocorrem os efeitos comumente denominados "efeito extra-calórico" que, de acordo com Franco (1992), refere-se à maior energia líquida disponível, sendo que a deposição de gordura na ave é muito mais eficiente quando se utiliza a gordura dietética do que a síntese de ácidos graxos e glicerol a partir de precursores da acetil-coenzima-A. Dessa forma, quando a gordura é incluída na dieta, ocorre redução da síntese de ácidos graxos e a ave dispõe de mais energia para a produção de ovos ou carne.

Atualmente, os óleos são utilizados rotineiramente na alimentação de aves com a finalidade de aumentar a energia das rações, melhorar a digestão e a absorção de constituintes não lipídicos e aumentar o tempo de retenção dos alimentos, além de fonte

de ácidos graxos para obtenção de produtos com perfil nutricional diferenciado (Santos, 2005).

O fornecimento de dietas com energia acima das necessidades do animal proporciona maior acúmulo de gordura corporal. Sabe-se que uma das funções do cromo é reduzir a deposição de gordura, porém poucos estudos têm correlacionado o uso de energia na dieta com esse efeito do cromo em aves de postura.

Quando atingem a idade de pós-pico de postura, as aves diminuem a produção de ovos, pioram a qualidade de casca e passam a acumular maiores reservas de gordura, sendo que a suplementação de cromo na dieta pode ajudar a minimizar tais efeitos negativos.

Em função do exposto, o objetivo deste estudo foi avaliar o efeito da suplementação do cromo e dois níveis energéticos em dietas de poedeiras leves sobre o metabolismo lipídico e de carboidratos.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no segundo semestre de 2011, no galpão da Fazenda Lageado, FMVZ, UNESP - Campus de Botucatu. Foram utilizadas 192 poedeiras leves da linhagem Bovans, com 47 semanas de idade no início do experimento, em fase de pós-pico de postura, adquiridas de granja comercial.

As poedeiras foram alojadas em 48 gaiolas metálicas, com quatro aves em cada gaiola e permaneceram em adaptação por 40 dias. Foi utilizado um delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 4x2, com quatro níveis de suplementação de cromo (0, 200, 400 e 800 $\mu\text{g Cr/kg}$) e dois níveis energéticos (2.780 e 2.900 kcal EM/kg de ração). Cada tratamento continha seis repetições de quatro aves cada. O cromo utilizado foi o derivado de levedura. Os níveis de garantia do produto é de 1000mg cromo/kg produto e a recomendação de inclusão é de 200 a 400g/tonelada de ração.

A ração base, com nível energético de 2.780 kcal EM/kg, foi formulada à base de milho e farelo de soja e os níveis nutricionais seguiram as recomendações adaptadas de Rostagno et al. (2005) para poedeiras leves. A segunda dieta, com nível energético de 2.900 kcal EM/kg, manteve-se com os níveis de todos os nutrientes da dieta padrão,

elevando-se apenas o teor de EM da dieta, com o objetivo de analisar o comportamento das aves nos diferentes parâmetros analisados quando submetidas a uma dieta com um nível mais elevado de energia, sem o aumento correspondente dos demais nutrientes (Tabela 1). A suplementação de cromo foi incluída em substituição do inerte e foi realizada análise da concentração de cromo nas rações e as amostras obtiveram valores próximos ao formulado (Tabela 2).

O experimento teve duração de 112 dias, subdivididos em quatro ciclos de 28 dias e, durante todo esse período, as aves foram submetidas a idêntico manejo alimentar, sendo fornecidas água e ração *ad libitum*, com controle semanal de consumo de ração. As aves foram submetidas a 16 horas de luz diárias e a coleta de ovos foi efetuada duas vezes ao dia.

Para avaliar o metabolismo lipídico das aves, foram mensurados níveis plasmáticos de: colesterol total, de VLDL (lipoproteínas de muito baixa densidade), LDL (lipoproteínas de baixa densidade), HDL (lipoproteína de alta densidade), TG (triglicerídeos) e teor de gordura hepática. A avaliação do metabolismo de carboidratos foi obtida por meio da determinação do teor glicogênio hepático e pela determinação dos níveis plasmáticos de glicose. Foram obtidos os peso de ovário e oviduto e o peso da gordura abdominal, expressos em relação ao peso vivo e foi realizada a contagem dos folículos ovarianos.

Foram colhidos 3mL de sangue de duas aves por unidade experimental. A coleta foi realizada antes do fornecimento de ração e aconteceu no final de cada período de 28 dias. O material colhido foi depositado em frascos contendo anticoagulante (heparina sódica) e após a coleta, as amostras sanguíneas foram centrifugadas por 10 minutos a 3.000 rpm e o plasma congelado para posteriores determinações.

A análise de glicose, colesterol, da fração HDL e do triglicerídeo plasmático foram feitas através de um analisador de química clínica automatizado (BS200 Mindray®), no Laboratório de Bioquímica da Unidade dos Lab. Experimentais (Unipex), da Faculdade de Medicina de Botucatu, Unesp. O teor de VLDL foi calculado dividindo-se o teor de TG por 5 (Friedewald et al., 1972). A determinação do teor glicogênio hepático foi realizada pela metodologia descrita por Krisman (1962).

Tabela 1. Composição percentual e nutricional estimadas das rações experimentais.

Ingredientes	Nível de Inclusão (%)	
	2.780 kcal EM/kg	2.900 kcal EM/kg
Milho	61,18	59,45
Farelo de soja (45)	24,74	25,39
Farelo de trigo	1,00	0,00
Óleo de soja	1,46	3,54
Sal comum	0,30	0,30
Calcário calcítico	9,37	9,35
Fosfato bicálcico	1,43	1,45
DL-metionina, 99%	0,14	0,14
Suplemento vitamínico ¹	0,15	0,15
Suplemento mineral ²	0,15	0,15
Caulin ou Cromo levedura	0,08	0,08
Total	100,00	100,00
Valores calculados		
Energia metabolizável, kcal/kg	2.780	2.900
Proteína bruta, %	16,5	16,5
Cálcio, %	4,03	4,02
Fósforo disponível, %	0,36	0,36
Metionina, %	0,40	0,40
Met+Cistina,%	0,68	0,68
Lisina, %	0,85	0,84
Sódio, %	0,02	0,02
Cloro, %	0,05	0,05

¹ Suplemento vitamínico (Postura C, Multimix®). Composição por kg de ração: vitamina A 7.000.000 UI, vitamina D 2.000.000 UI, vitamina E 5.000 mg, vitamina K₃ 1.800 mg, vitamina B₂ 3.000 mg, vitamina B₁₂ 8.000 µg, niacina 20.000 mg, ácido pantotênico 5.000 mg, antioxidante 15.000 mg e veículo QSP 1.000 g.

² Suplemento mineral (Multimineral aves, Multimix®). Composição por kg de ração: cobre 8.000 mg, ferro 50.000 mg, manganês 70.000 mg, zinco 50.000 mg, iodo 1.200 mg, selênio 200 mg e veículo QSP 1.000 g.

Tabela 2. Concentração analisada de cromo (mg Cr/kg dieta) nos diferentes tratamentos e ciclos.

Tratamentos*	Ciclos (28 dias)			
	1º Ciclo	2º Ciclo	3º Ciclo	4º Ciclo
E ₁ C ₁	0,0018	0,0016	0,0012	0,0012
E ₁ C ₂	0,27	0,24	0,26	0,24
E ₁ C ₃	0,50	0,45	0,43	0,44
E ₁ C ₄	0,70	0,76	0,74	0,73
E ₂ C ₁	0,015	0,014	0,015	0,011
E ₂ C ₂	0,19	0,17	0,19	0,16
E ₂ C ₃	0,43	0,42	0,51	0,42
E ₂ C ₄	0,71	0,83	0,78	0,76

* E₁: 2.780 kcal EM; ; E₂: 2.900 kcal EM; C₁, C₂, C₃, C₄: 0, 200, 400, 800 µg Cr/kg.

Para análise de teor de colesterol em gema de ovos, foi feito um *pool* de três gemas de ovos por repetição, no último dia de cada ciclo e as gemas foram secas em estufa a 50°C por 72 horas e congeladas a seguir. A análise de colesterol na gema foi realizada pela metodologia descrita por Saldanha et al. (2004) com uso de kit comercial. Nessa análise foram usados os dados do primeiro e segundo ciclo de produção somente, pois a análise do terceiro e quarto ciclo apresentaram valores incoerentes.

Ao final do experimento, uma ave por repetição, totalizando seis aves por tratamento, foram pesadas e sacrificadas por deslocamento cervical. O fígado foi removido e pesado, em seguida foi congelado para análise posterior do teor de gordura hepática, através do método de Folch et al. (1957).

Os resultados obtidos no experimento foram tabulados e submetidos à análise de variância e complementados pelo teste de comparações múltiplas de Tukey com auxílio do programa estatístico SAS (2002). Para os níveis de cromo foi aplicada análise de regressão nos casos em que o modelo foi significativo e utilizado quando da obtenção de resultados biológicos adequados ($R^2 > 0,70$) pelo procedimento *proc reg*. Para a característica gordura abdominal, foi realizada transformação dos dados pela raiz quadrada do valor + 0,5. Nos resultados, foi usado os valores originais de gordura abdominal e valor dos dados transformados para coeficiente de variação e valores de P.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como demonstrado na Tabela 3, não houve interação entre os níveis de cromo e de energia metabolizável para os teores de lipídeos plasmáticos das aves. Houve interação para a característica colesterol na gema de ovos (Tabela 4), que foi menor ($P < 0,05$) em todos níveis de suplementação de cromo utilizados, para nível energético de 2.780 kcal EM/kg, comparado ao grupo controle. Os tratamentos sem adição de cromo, apresentaram menor ($P < 0,05$) teor de colesterol em gemas com o uso de energia acima do recomendado (2.900 kcal EM/kg) comparado ao tratamento com 2.780 kcal EM/kg. Isolando o fator EM, poedeiras alimentadas com 2.900 kcal/kg e suplementadas com cromo, aumentaram o nível de colesterol da gema de forma quadrática até o nível

de 550 $\mu\text{g Cr/kg}$ (Colesterol da gema_{2900kcal/kg} = $320,55536 + 1089,99716x - 994,45855x^2$; $R^2 = 0,71$).

Muitos estudos têm sido conduzidos a fim de diminuir a concentração de colesterol em gema de ovos através da suplementação de nutrientes funcionais na dieta (Eseceli et al., 2008) e vale salientar que os dados de concentração de colesterol em ovos de poedeiras apresentam grandes variações (Mohan et al., 1995). A suplementação de cromo levedura em poedeiras diminuiu o colesterol em gemas de ovos comparado ao grupo controle (Eseceli et al., 2008) e a redução do colesterol parece estar relacionada com o nível de suplementação de cromo na dieta (Lien et al., 1996). A adição de 400 $\mu\text{g Cr/kg}$ de dieta de poedeiras promoveu diminuição de colesterol em gema de ovos (Du et al., 2004). Uyanik et al (2002) também observaram redução no colesterol em gema de ovos de poedeiras suplementadas com 20.000 $\mu\text{g Cr/kg}$. Por outro lado, Lien et al. (2004), suplementando poedeiras com picolinato de cromo (800 e 1.600 $\mu\text{g Cr/kg}$) não observaram efeito sobre o colesterol em gema de ovos.

É conhecido que os níveis de colesterol em gema de ovos de aves domésticas são influenciados por fatores genéticos e fatores ambientais (Sheridan et al., 1982) e foi demonstrado que a ingestão da ave influencia a lipogênese hepática (Leveille et al., 1975) e o teor de colesterol do ovo (Beyer & Jensen, 1992). Segundo estes autores, a redução de lipídeos sanguíneos e de colesterol nos ovos pode resultar da diminuição do consumo de ração, devido a suplementação do cromo. No presente estudo uma redução nos teores de colesterol na gema foi obtida nos tratamento com cromo, independente do nível energético da ração.

O cromo também pode regular outros parâmetros do metabolismo lipídico por estimular a atividade da insulina. O picolinato de cromo reduziu o colesterol plasmático em humanos (Anderson et al., 1986) e em suínos (Boleman et al., 1995; Lien et al., 1998; 2001). Segundo Press et al. (1990), o cromo proporciona redução de lipídeos, colesterol total e LDL e aumenta o HDL no sangue. Isso provavelmente ocorre porque o cromo parece agir inibindo a enzima hidroximetilglutaril-CoA-redutase, a qual é responsável pela síntese do colesterol, diminuindo assim a concentração plasmática deste no organismo.

Os resultados obtidos no perfil lipídico neste estudo diferem dos resultados encontrados por Lien et al.(2004) que observaram redução nos níveis de VLDL e

aumento do HDL. Uyanik et al. (2002) suplementaram dieta de poedeiras com cromo (20.000 µg Cr/kg) e verificaram que não houve redução dos níveis plasmáticos de colesterol total, porém os níveis de triglicédeos foram reduzidos. Em trabalho com codornas, Yildiz et al. (2004), verificaram que as concentrações séricas de colesterol diminuíram com a suplementação de cromo.

Estudos em frangos de corte também mostraram os efeitos da suplementação de cromo sobre os lipídeos plasmáticos. Suksombat et al. (2005), avaliando pintos de um dia de idade, observaram diminuição no nível de colesterol total e de triglicédeos no sangue das aves que foram alimentadas com picolinato de cromo (200 e 400 µg Cr/kg) e constataram que quanto maior o nível de cromo na alimentação, mais elevado o nível de LDL encontrado no sangue dessas aves. Króliczewska et al. (2004), trabalhando com a suplementação de 300 e 500 µg Cr/kg de ração de frangos de corte, verificaram que com o nível de 500 µg Cr/kg houve um decréscimo dos níveis de colesterol total, LDL, triglicédeos e glicose e um aumento do HDL, além de melhorar também o peso corporal, ganho de peso e eficiência alimentar, concluindo que a suplementação de cromo, particularmente o nível de 500 µg Cr/kg, influencia no metabolismo de carboidratos e lipídeos de frangos de corte. No entanto, Silva (2007) observou aumento dos níveis plasmáticos de HDL de frangos de corte, com 14 dias de idade, quando alimentados com rações contendo níveis a partir de 292,5 µg Cr/kg. Aos 21 dias de idade verificou-se um menor valor dos níveis de VLDL e de triglicérides.

A divergência entre os resultados da literatura e os obtidos neste estudo, podem ser atribuídas, em parte, à concentração e ao tipo de cromo adicionados nas dietas. Vale salientar que outros fatores como idade das aves, desafio sanitário e ambiental, ingredientes da dieta, postura, forma de complexação do cromo, entre outros podem influenciar na resposta do animal aos tratamentos utilizados.

A suplementação de cromo em perus aumentou as taxas de síntese de ácidos graxos e de glicerol a partir da glicose e aumentou a concentração de lipídeos no fígado (Steele & Rosebrough, 1981). Em frangos de corte suplementados com cromo levedura, observou-se aumento na concentração de colesterol no fígado das aves (Debski et al., 2004). Em contrapartida, Cupo & Donaldson (1987) não observaram efeito sobre peso do fígado e teor de colesterol hepático em frangos de corte suplementados com 20.000 µg Cr/kg e Du et al. (2004) não observaram influencia da suplementação de cromo (400

e 600 µg Cr/kg) sobre os lipídeos hepáticos em poedeiras, concordando com este estudo.

A concentração de glicose não sofreu alteração em nenhum dos tratamentos utilizados (Tabela 5). Os níveis circulantes de glicose em aves têm sido relatados como sendo entre 190 e 220 mg/dL (Hazelwood, 1986) ou mais recentemente baseado em 15 estudos, nível médio de 234±11,8mg/dL (Scanens, 2008). Em codornas, foi observado que as concentrações séricas de glicose diminuíram com a suplementação de cromo (Yildiz et al., 2004). O metabolismo de carboidratos nas aves é caracterizado por hiperglicemia e resistência à insulina (Vasilatos-Younken, 1986), apesar da presença normal de níveis circulantes de insulina. Assim, os níveis de glicose no sangue são mantidos dentro de uma faixa estreita de concentração por mecanismos fisiológicos e a insulina tem um papel importante neste controle (Simon et al., 2000).

Aves alimentadas com dietas suplementadas com cromo apresentaram um aumento da enzima glicogênio sintetase (Rosebrough & Steele, 1981), sugerindo que esta atua na síntese de glicogênio, aumentando a glicogênese a partir da glicose e acelerando o transporte desta. Este micromineral pode acelerar a lipogênese a partir da glicose e armazenar os lipídeos no fígado e tecido adiposo (Rosebrough & Steele, 1981), além de proporcionar redução de lipídeos, colesterol total e LDL e aumentar o HDL no sangue (Press et al., 1990).

A concentração de glicogênio hepático apresentou interação entre nível de energia metabolizável e níveis de cromo (Tabela 6). Isolando o fator EM, poedeiras suplementadas com 400 µg Cr/kg apresentaram menores valores de glicogênio em dietas contendo 2.900 kcal/kg. Aves alimentadas com 2.780 kcal/kg de EM e com suplementação de cromo apresentaram redução de glicogênio hepático de forma quadrática até o nível de 310 µg Cr/kg ($\text{Glicogênio hepático}_{2780 \text{ kcal/kg}} = 0,77831 + 0,94695x - 1,50928x^2$; $R^2 = 0,83$). Em perus alimentados com dietas suplementadas com cromo, Rosebrough & Steele (1981) observaram um maior conteúdo de glicogênio hepático, como resultado de uma atividade aumentada da enzima glicogênio sintetase, e constataram que o cromo aumentou o transporte de glicose por aumentar a atividade da insulina.

A Tabela 7 apresenta a quantidade de folículos pré-ovulatórios (folículos amarelos grandes, >8mm diâmetro) e folículos amarelos pequenos (6-8mm diâmetro) de

poedeiras leves nos diferentes tratamentos. Não houve influência dos níveis de cromo e níveis energéticos sobre estes parâmetros. O número médio de folículos pré-ovulatórios observado neste estudo foi 5,46 e 5,17 para poedeiras alimentadas com dietas contendo 2.780 e 2.900 kcal EM/kg, respectivamente. Gilbert et al. (1983) observaram número de folículos pré-ovulatórios entre 4 e 7 para aves em pico de postura. Mais recentemente, Singh et al. (2013) relataram que o número médio de folículos pré-ovulatórios para poedeiras com 26 semanas de idade foi de 7,64. Em estudos com superalimentação de poedeiras na fase inicial de postura, foi observado maior número de folículos amarelos grandes (Hocking et al., 1987; Katanbaf et al., 1989; Yu et al., 1992a) e aumento na produção de ovos inutilizados. No entanto, raros são os estudos avaliando a influência da inclusão de cromo na dieta sobre a morfometria ovariana de poedeiras.

Os níveis de cromo e de energia metabolizável utilizados neste estudo não influenciaram os pesos de fígado, ovário e oviduto (Tabela 8). A suplementação de cromo na dieta não afetou a quantidade de gordura abdominal. Sands & Smith (1999) e Oliveira Neto et al. (2000), obtiveram menores porcentagens de gordura abdominal em aves submetidas ao estresse pelo calor, justificando este fato devido à liberação de glicocorticóides, que atuam nas células adiposas, aumentando a liberação de ácidos graxos para a produção de acetil-coenzima-A.

Uma maior ($P < 0,05$) deposição de gordura abdominal foi observada nas aves que ingeriram dieta com maior nível energético (2.900 kcal EM/kg). Estudos têm mostrado que o cromo afeta o metabolismo de glicose e lipídeos em várias espécies como gatos, macacos, coelhos, aves, vacas e humanos (Anderson, 1988) e esta ação está associada ao seu efeito em potencializar a ação da insulina. Os dados obtidos neste estudo mostraram que a dieta com 2.900 kcal EM/kg favoreceu a maior deposição de gordura no tecido adiposo abdominal, ou seja, o aumento de energia na dieta garante maior lipogênese hepática com acúmulo de gordura nos adipócitos, sob ação do hormônio insulina.

Foi observado em poedeiras uma diminuição de 28,18% na gordura abdominal com a suplementação de 600 μ g Cr/kg, além de uma diminuição no teor de triglicérido no fígado e no sangue das aves (Du et al., 2004). Esses pesquisadores atribuíram esse resultado ao fato de o cromo favorecer a ação da insulina, aumentando o uso de

triglicerídeos presente no sangue pelos tecidos, promovendo a transformação de energia e fornecendo mais ATP para o tecido.

Tabela 3. Colesterol total, triglicerídeo (TG), VLDL, HDL plasmáticos, porcentagem de gordura hepática e gordura hepática total (g) e concentração de colesterol em gema de ovos (mg/100g) de poedeiras leves nos diferentes tratamentos.

	Colesterol (mg/dl)	TG (mg/dl)	VLDL (mg/dl)	HDL (mg/dl)	Gordura Hepática (%)	Colesterol na gema (mg/100g)
Níveis de Cromo ($\mu\text{g Cr/kg}$)						
0	111,69	1008,57	201,71	15,32	7,42	533,82
200	120,64	1148,20	229,64	14,38	9,32	388,16
400	113,73	1074,42	214,88	12,99	7,19	586,72
800	116,83	1036,32	207,26	13,00	7,28	515,47
Níveis de EM ¹ (kcal/kg)						
2.780	114,61	1047,28	209,46	14,31	8,04	528,88
2.900	116,84	1086,48	217,30	13,53	7,56	478,39
Probabilidade						
Cr ²	0,4398	0,2310	0,2310	0,6006	0,0823	<0,0001
EM ¹	0,5863	0,4337	0,4337	0,5863	0,4649	0,0226
Cr x EM	0,3335	0,5245	0,5245	0,3233	0,0647	<0,0001
CV ³ (%)	12,17	16,09	16,09	35,67	29,10	15,74

¹EM= Energia metabolizável; ²Cr=Cromo; ³CV= Coeficiente de variação.

Tabela 4. Desdobramento da interação entre nível de energia metabolizável (EM) e cromo (Cr) para colesterol em gema de ovos (mg/100g).

EM (kcal/kg)	Níveis de cromo ($\mu\text{g Cr/kg}$)			
	0	200	400	800
2.780	711,462Aa	399,252d	549,694b	485,551c
2.900	356,185B	374,843	631,163	551,378

Colesterol da gema_{2900 kcal/kg} = $320,55536 + 1089,99716x - 994,45855x^2$; $R^2 = 0,71$. A,B Médias seguidas de letras maiúsculas distintas na coluna diferem entre si pelo teste F ($P < 0,05$). a,b,c,d Médias seguidas de letras minúsculas distintas na linha diferem entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

Tabela 5. Glicose plasmática e glicogênio hepático de poedeiras leves nos diferentes tratamentos.

	Glicose Plasmática (mg/dL)	Glicogênio Hepático (%)
Níveis de Cromo (µg Cr/kg)		
0	225,20	0,856
200	226,77	1,000
400	217,89	0,786
800	224,29	0,647
Níveis de EM (kcal/kg) ¹		
2.780	224,11	0,779
2.900	222,96	0,834
Probabilidade		
Cr ²	0,0571	0,0202
EM ¹	0,6291	0,2362
Cr x EM	0,6468	0,0073
CV ³ (%)	3,66	25,52

¹EM= Energia metabolizável; ²Cr=Cromo; ³CV= Coeficiente de variação.

Tabela 6. Desdobramento da interação entre nível de energia metabolizável (EM) e cromo (Cr) para teor de glicogênio hepático de poedeiras.

EM (kcal/kg)	Níveis de cromo (µg Cr/kg)			
	0	200	400	800
2.780	0,799	0,787B	0,936A	0,567
2.900	0,927ab	1,161Aa	0,606Bb	0,723ab

Glicogênio hepático_{2780 kcal/kg} = 0,77831 + 0,94695x - 1,50928x²; R² = 0,83; a, b: Médias na linha seguidas de letras minúsculas diferentes, diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05); A, B: Médias na coluna seguidas de letras maiúsculas diferentes, diferem entre si pelo teste F (p<0,05).

Tabela 7. Número médios de folículos pré-ovulatórios e folículos amarelos de poedeiras leves nos diferentes tratamentos.

	Folículos Pré-ovulatórios (>8mm diâmetro)	Folículos Amarelos (6-8mm diâmetro)
Níveis de Cromo ($\mu\text{g Cr/kg}$)		
0	5,166	7,500
200	5,750	6,471
400	5,000	8,333
800	5,333	7,583
Níveis de EM ¹ (kcal/kg)		
2.780	5,458	7,458
2.900	5,166	7,460
Probabilidade		
Cr ²	0,4156	0,4118
EM ¹	0,3770	1,0000
Cr x EM	0,9577	0,9542
CV ³ (%)	21,29	37,02

¹EM= Energia metabolizável; ²Cr=Cromo; ³CV= Coeficiente de variação;

Tabela 8. Peso relativo (%) de fígado, ovário, oviduto e gordura abdominal de poedeiras comerciais nos diferentes tratamentos.

	Fígado	Ovário	Oviduto	Gordura Abdominal
Níveis de Cromo ($\mu\text{g Cr/kg}$)				
0	2,525	2,755	5,836	2,017
200	2,768	3,080	5,947	2,099
400	2,740	3,016	5,300	2,021
800	2,693	3,071	5,546	1,854
Níveis de EM ¹ (kcal/kg)				
2.780	2,705	3,014	5,663	1,866B
2.900	2,658	2,947	5,651	2,130A
Probabilidade				
Cr ²	0,6825	0,5502	0,6840	0,5576
EM ¹	0,7629	0,7148	0,9770	0,0389
Cr x EM	0,8937	0,4833	0,4759	0,4556
CV ³ (%)	19,84	21,05	25,49	21,38

¹EM= Energia metabolizável; ²Cr=Cromo; ³CV= Coeficiente de variação; ^{A, B} Médias na coluna seguidas de letras maiúsculas diferentes, diferem entre si pelo teste F (P<0,05).

CONCLUSÕES

A suplementação dietética de 200 µg Cr/kg de dieta diminui o teor de colesterol na gema dos ovos quando utilizado nível energético recomendado (2.780 kcal EM/kg). A suplementação com 200 µg Cr/kg proporciona aumento no teor de glicogênio hepático e o nível de 2.900 kcal EM/kg aumenta a deposição de gordura abdominal.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDERSON, R.A. Chromium metabolism and its role in disease processes in man. **Clinical Physiology of Biochemistry**, v.4, p.31-41,1986.

ANDERSON, R.A. Chromium. In: **Trace minerals in foods**. Marcel Dekkes Inc., New York, p. 231-247, 1988.

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.

ANDERSON, R.A. Dietary chromium picolinate additions improve gain: feed and carcass characteristics in growing-finishing pigs and increase litter size in reproducing sows. **Journal of Animal Science**, v.73, p.457-465, 1995.

ANANDHI, M.; MATHIVANAN, R.; VISWANATHAN, K.; MOHAN, B. Dietary inclusion of organic chromium on production and carcass characteristics of broilers. **International Journal of Poultry Science**, v.9, p.880-884, 2006.

ARAÚJO, M. S.; BARRETO, S. L. T.; 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.

BEYER, R. S.; JENSEN, L. S. Cholesterol Concentration of Egg Yolk and Blood Plasma and Performance of Laying Hens as Influenced by Dietary α -Ketoisocaproic Acid. **Poultry Science**, v.71, p.120-127, 1992.

BOLEMAN, S.L.; BOLEMAN, S. J.; BIDNER, T.D.; Southern, L.L.; Ward, T.L.; PONTIF, J.E. ; Pike, M.M. Effect of chromium picolinate on growth, body composition, and tissue accretion in pigs. **Journal of Animal Science**, v.73. p.2033-2042, 1995.

CUPO, M. A.; DONALDSON, W. E. Chromium and Vanadium Effects on Glucose Metabolism and Lipid Synthesis in the Chick. **Poultry Science**, v.66,p.120-126, 1987.

DEBSKI, B.; ZALEWSKI, W.; GRALAKA, M.A.; KOSLAB, T. Chromium-yeast supplementation of chicken broilers in an industrial farming system. **Journal of Trace Elements in Medicine and Biology**. v.18, p.47–51, 2004.

DU, R. O. N. G.; QIN, J.; WANG, J. D.; PANG, Q. U. A. N. H. A. I.; ZHANG, C. H. U. N. S. H. A. N.; JIANG, J. U. N. F. A. N. G. Effect of supplementary dietary L-carnitine and yeast chromium on lipid metabolism of laying hens. *Asian-Aust. Journal of Animal Science*, v.18, p.235-240, 2004.

ESECELI, H.; DEĞIRMENCIOĞLU, N.; DEMIR, E.; BAYRAKTAR, L.; BILGIÇ, M. Effect of chromium yeast (Co-factor III, Alltech inc.) and folic acid supplementation on egg yolk folic acid, chromium and cholesterol levels in laying hens. **Analele IBNA** vol. 24, 2008.

EVANS, G.W., BOWMAN, T.D. Chromium picolinate increases membrane fluidity and rate of insulin internalization. **Journal Inorganic Biochemical**, v.46, p. 243-250, 1992.

FARIA, D. E.; SANTOS, A. L. Exigências nutricionais de galinhas poedeiras. In: **Simpósio Internacional sobre Exigências Nutricionais de Aves e Suínos**. Viçosa. Anais...Viçosa, MG. p. 229-315, 2005.

FOLCH, J.; LEES, M.; STANLEY, H.S. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. **Journal of Biological Chemistry**, v.226, p.497, 1957.

FRANCO, S. G. **Programas de alimentação e fontes de óleo para frangos de corte**. Tese (Doutorado). 1992. 118p. Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.

FRIEDEWALD, W.T.; LEVY, R.I.; FREDRICKSON, D.S. Estimation of concentration of low-density lipoprotein cholesterol in plasma without use of the ultracentrifuge. **Clinical Chemistry**, v.18, p.449-502, 1972.

GILBERT, A.B.; PERRY, M.M.; WADDINGTON, D. AND HARDIE, M.A. Role of atresia in establishing the follicular hierarchy in the ovary of the domestic hen (*Gallus domesticus*). **Journal of Reproduction and Fertility**, v.69, p.221-227, 1983.

GURSOY, U. Chromium in broiler diets. **Feed International**, v.21, n.3, p.24-26, 2000.

HAZELWOOD, R.L. Carbohydrates metabolism. In: Sturkies, P.D., **Avian Physiology**. Springer Verlag, new York, 303-325, 1986.

HEMIER, D. , QUIGNARD-BOULANGÉ, A., DUGAIL, I., GUY, G. SALICHON, M.R., BRIGAND, L.ARTOUIN, B., LECLERCQ, B. Evidence of enhanced storage capacity in adipose tissue of genetically fat chickens. **Journal of Nutrition**, v.119, p.1369-1375, 1989.

HOCKING, P. M.; GILBERT, A. B.; WALKER, M.; WADDINGTON, D. Ovarian follicular structure of White Leghorns fed ad libitum and dwarf and normal broiler breeder pullets fed ad libitum or restricted until point of lay. **British Poultry Science**, v. 28, p.495–506, 1987.

KATANBAF, M. N.; DUNNINGTON, E. A.; SIEGEL, P. B.. Restricted feeding in early and late feathering chickens. 1. Reproductive responses. **Poultry Science**, v. 68, p.352-358, 1989.

KRISMAN, C. R. A method of the colorimetric estimation of glycogen with iodine. **Analytical Biochemistry**. v.4, p.17-23, 1962.

KRÓLICZEWSKA, B., ZAWADZKI, W., DOBRZANSKI, Z., KACZMAREKOLIWA, A. Changes in selected serum parameters of broiler chicken fed supplemental chromium. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v. 88, p. 393-400, 2004.

LEVEILLE, G. A.; ROMSOS, D. R.; YEH, Y-Y; OÕHEA, E. K. Lipid Biosynthesis in the Chick. A Consideration of Site of Synthesis, Influence of Diet and Possible Regulatory Mechanisms. **Poultry Science**, v.54, p.1075-1093, 1975.

LIEN, T., CHEN, S., SHIAU, S., FROMAN, D. P., 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. WU, C.P.; LIN, P.H.; WANG,B.J.;LU, J.J.; SHIAO,T.Y. Effect of different protein and limiting amino acid level coupled with supplement of chromium picolinate on lipid metabolism and carcass characteristics of pigs. **Animal Science**, v.67, p.601-607, 1998.

LIEN, T.F.; WU, C.P.; WANG,B.J.;LU, J.J.; SHIAO,, M.S.; SHIAO,T.Y.; LIN, B.H.; LU, J.J.; HU,C.Y. Effect of supplemental levels of chromium oicolate on the growth performance, serum traits, carcass characteristics and lipid metabolism of growth-finishing pigs. **Animal Science**, v.72, p.289-296, 2001.

LIEN, T. F., WU, C. P., LU, J. J. Effects of cod liver oil and chromium picolinate supplements on the serum traits, egg yolk fatty acids and cholesterol content in laying hens. **Asian Australian Journal Animal Science**, v. 16, p.1177–1181, 2003.

LIEN, T. F.; CHEN, K. L.; WU, C. P.; LU, J. J. Effects of supplemental copper and chromium on the serum and egg traits of laying hens. **British Poultry Science**, v.45, p.535-539, 2004.

MOHAN, B.; KADIRVEL, R.; BHASKARAN, M.; NATARAJAN, A. Effect of probiotic supplementation on serum/yolk cholesterol and on egg shell thickness in layers., **British Poultry Science**, v.36, p.799-803, 1995.

OLIVEIRA NETO, A. R. D.; OLIVEIRA, R. F. M. D.; DONZELE, J. L.; ROSTAGNO, H. S.; FERREIRA, R. A.; MAXIMIANO, H. D. C.; GASPARINO, E. Efeito da temperatura ambiente sobre o desempenho e característica de carcaça de

frangos de corte alimentados com dieta controlada e dois níveis de energia metabolizável. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, p.183-190, 2000.

PRESS, R.I., GELLER, J., EVANS, G.W. Effects of chromium picolinate on serum cholesterol and apolipoprotein fractions in human subjects. **Western Journal of Medicine**, v. 152, p. 41-45, 1990.

ROSEBROUGH, R.H., STEELE, N.C. Effect of supplemental dietary chromium or nicotinate acid on carbohydrate metabolism during basal, starvation and refeeding periods in poult. **Poultry Science**, n.60, p.407-417, 1981.

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. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 2 ed. Viçosa: Imprensa Universitária, 186p., 2005.

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. and Jaques K.A. Eds, p. 147–161, 2003.

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

SALDANHA, T; MAZALI, M. R.; BRAGAGNOLO, N. Avaliação comparativa entre dois métodos para a determinação de colesterol em carne e leite. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.24, p.109-113, 2004.

SANDS, J. S.; SMITH, M. O. Broilers in heat stress conditions: effects of dietary manganese proteinate or chromium picolinate supplementation. **The Journal of Applied Poultry Research**, v. 8, n. 3, p. 280-287, 1999.

SANTOS, M. S. V. **Avaliação do desempenho e qualidade dos ovos de poedeiras comerciais, submetidas às dietas suplementadas com diferentes óleos vegetais**. Fortaleza, 2005. 174p. Tese (Doutorado). Universidade Federal do Ceará.

SAS Institute Inc., **User installation guide for the SAS® system**; version 9 for Microsoft® Windows®, Cary, NC: SAS Institute Inc., 2002.

SCANES, C.G., 2008. Perspectives on analytical techniques and standardization. **Poultry Science**, v. 87, p.2175–2177, 2008.

SCANES, C.G. Perspectives on the endocrinology of poultry growth and metabolism. **General and Comparative Endocrinology**, v.163, p.24–32, 2009.

SHERIDAN, A. K.; HUMPHRIS, C. S. M.; NICHOLLS, P. J. The Cholesterol Content of Eggs Produced by Australian Egg-Laying Strains. **British Poultry Science**, v.23, p. 569-575, 1982.

SILVA, L.M.G.S. **Cromo na alimentação de frangos de corte**. Maringá, 2007. 52p. Dissertação (Mestrado). Centro de Ciências Agrárias. Universidade Estadual de Maringá.

SIMON, SIMON, J., DEROUET, M., GESPACH, C.. An anti-insulin serum, but not a glucagon antagonist, alters glycemia in fed chickens. **Hormone and Metabolic Research**, v. 32, p.139–141, 2000.

SINGH, R.P.; MOUDGAL,R.P.; AGARWAL, R.; SIRAJUDDIN, M.; MOHAN,J.; SASTRY, K.V.H. AND TYAGI,J.S. Ovarian morphology and internal *vis-à-vis* non internal laying in relation to triacylglycerol, hormones and their receptors concentration around the age of sexual maturity in broiler breeder hens. **British Poultry Science**,v.54, p.157-163, 2013.

STEELE, N. C.; ROSEBROUGH, R. W. Effect of Trivalent Chromium on Hepatic Lipogenesis by the Turkey Poult. **Poultry Science**, v.60, p.617-622, 1981.

SUKSOMBAT, W., KANCHANATAWEE, S. Effects of various sources and levels of chromium on performance of broilers, **Asian-Australian Journal of Animal Science**, v.18, n.11, p.1628-1633, 2005.

UYANIK, F. ATASSEVER, A., OSDAMAR, 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, p. 99-115, 2002.

VASILATOS-YOUNKEN, Age-related changes in tissue metabolic rates and sensitivity to insulin in the chicken. **Poultry Science**, v. 65, 1301-1399, 1986.

VINCENT, J.B. Relationship between glucose tolerance factor and low-molecular weight chromium-binding substance. **Journal of Nutrition**, v.124, p.117-119, 1994.

VINCENT, J.B. The Biochemistry of Chromium. **Journal of Nutrition**, v.130, p.715-718, 2000.

YILDIZ, A.O., PARLAT, S.S., YAZGAN, O. The effects of organic chromium supplementation on production traits and some serum parameters of laying quails. **Revue de Medecine Veterinaire**, v. 155, n.12, p.642-646, 2004.

YU, M. W.; ROBINSON, F. E.; CHARLES, R. G.; WEINGARDT, R. Effect of feed allowance during rearing and breeding on female broiler breeders. 2. Ovarian morphology and production. **Poultry Science**, v.71, p.1750–1761, 1992.

Capítulo IV

IMPLICAÇÕES

IMPLICAÇÕES

No presente estudo, as aves suplementadas com cromo apresentaram, para a variável percentual de gema, uma interação entre nível de energia metabolizável e cromo. Sabe-se que a suplementação de cromo na dieta ocasiona aumento da concentração de insulina e diminuição na concentração de glicose no sangue, o que provavelmente indica maior utilização de glicose resultando em melhora do ganho de peso, da eficiência da alimentação e da produção de ovos. Essa interação da energia com a suplementação de cromo observada nessa variável, sugere a ação do cromo no metabolismo de lipídeos e formação de folículos, porém há pouco relato na literatura sobre as vias metabólicas que envolvem a atuação do cromo na formação de ovos.

Os níveis de suplementação de cromo utilizados não tiveram influência nas características de desempenho das aves. Entre outros fatores, isso pode estar relacionado ao nível máximo utilizado nesse experimento, de 800 µg/kg dieta. Talvez uma dosagem mais elevada de cromo exerceria influência nas características analisadas e no maior nível de energia utilizado.

Muitos estudos abordam o uso de cromo em animais sob situações de estresse. Neste estudo os animais não foram submetidos a essa situação, o que pode ser uma das causas de não se observar os efeitos do cromo no desempenho das aves, principalmente.

A dosagem de insulina no sangue das aves poderia revelar algum resultado sobre a ação do cromo no metabolismo das aves, já que este mineral é integrante da composição do fator tolerância à glicose (GTF). Essa análise poderia revelar se o cromo exerceu seu papel de potencializador da insulina nos tratamentos realizados.

Além disso, as aves utilizadas nesse estudo com 47 semanas de idade, apesar de estarem na fase de pós-pico de postura, apresentavam ainda alto índice de produção de ovos (91% em média). A avaliação do cromo em aves mais velhas, quando apresentam queda na postura, ou seja, por volta das 60 semanas de idade (85% postura em média) para a linhagem utilizada (Bovans), pode revelar efeitos de interesse no setor avícola, já que há a hipótese do cromo melhorar a produção de ovos.