

COBRE E SEU USO NA DIETA DE FRANGOS DE CORTE (*Gallus gallus*) REVISÃO DE LITERATURA

Alysson Polzonoff Silveira¹
Luciana Kazue Otutumi²
Maíra Rodrigues Dourado¹
Eliane Cuaglio Paschoal³
Patrícia Franco Gonçalves Previato do Amaral³
Amanda Caroline Michelin⁴
Andréia Assunção Soares⁵
Jair Pereira Júnior⁶

SILVEIRA, A. P.; OTUTUMI, L. K.; DOURADO, M. R.; PASCHOAL, E. C.; PREVIADO DO AMARAL, P. F. G.; MICHELIN, A. C.; SOARES, A. A.; PEREIRA JÚNIOR, J. Cobre e seu efeito na dieta de frangos de corte (*Gallus gallus*) - revisão de literatura. *Arq. Ciênc. Vet. Zool. UNIPAR*, Umuarama, v. 20, n. 1, p. 35-40, jan./mar. 2017.

RESUMO: O cobre é um mineral essencial ao metabolismo e seu uso tem sido associado à melhora do desempenho zootécnico, aumento da resistência ao estresse e doença nas aves. A indústria avícola com o intuito de maximizar o desempenho produtivo formula normalmente as dietas com altas doses da fonte inorgânica de cobre, o que contribui para o desequilíbrio metabólico e como consequência aumenta a poluição ao meio ambiente. Dessa forma, o uso de fontes orgânicas de cobre tem sido estimulado. Sendo assim, o objetivo do presente trabalho foi revisar a utilização do cobre na dieta de frangos de corte com enfoque para os benefícios das fontes orgânicas. Conclui-se que fontes mais biodisponíveis de cobre são uma oportunidade para diminuir sua inclusão, mantendo o desempenho do animal, por meio da redução de agentes patogênicos, melhora na digestibilidade e redução ao impacto ambiental em dietas de frango de corte.

PALAVRAS-CHAVE: Aves. Biodisponibilidade. Desempenho zootécnico. Impacto ambiental.

THE USE OF COPPER ON BROILER (*Gallus gallus*) DIETS – A LITERATURE REVIEW

ABSTRACT: Copper is an essential mineral for the metabolism and its use has been associated with improved zootechnical performance and increased resistance to stress and diseases in broilers. In order to maximize the productive performance, poultry nutritionists usually formulate diets with high doses of copper inorganic sources, contributing thereby to favor metabolic imbalance and environmental pollution. The purpose of this study was to review the use of copper in broiler diets with a focus on the benefits of organic sources. It can be concluded that more bioavailable sources of copper represent an opportunity to reduce its inclusion without compromising animal performance. Moreover, proper management of copper in broiler diets can contribute to reduce pathogens, improve digestibility and reduce the environmental impact of the poultry industry.

KEYWORDS: Bioavailability. Broilers. Environmental impact. Zootechnical performance.

COBRE Y SU USO EN LA DIETA DE POLLOS DE ENGORDE (*Gallus gallus*) - REVISIÓN DE LITERATURA

RESUMEN: El cobre es un mineral esencial al metabolismo y su uso se ha asociado a mejora del desempeño zootécnico, aumento de la resistencia al estrés y enfermedades en las aves. La industria avícola con el fin de maximizar el rendimiento productivo, formula normalmente las dietas con altas dosis de fuente inorgánica de cobre, lo que contribuye al desequilibrio metabólico y como consecuencia aumenta la contaminación para el medio ambiente. Por lo tanto, el uso de fuentes orgânicas de cobre ha sido estimulado. Así, el objetivo de este estudio fue revisar el uso de cobre en la dieta de pollos de engorde, con enfoque para los beneficios de las fuentes orgânicas. Se concluye que las fuentes más biodisponibles de cobre son una oportunidad para reducir su inclusión, manteniendo el rendimiento de los animales a través de la reducción de agentes patógenos, digestibilidad mejorada y reducción al impacto ambiental en dietas de pollo de engorde.

PALABRAS CLAVE: Aves. Biodisponibilidad. Desempenho zootécnico. Impacto ambiental.

DOI: <https://doi.org/10.25110/arqvet.v20i1.2017.6318>

¹Mestre em Ciência Animal pelo Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal da Unipar. alyssonpolzonoff@gmail.com; mairadourado_ta@hotmail.com

²Médica Veterinária. Professora do curso de Medicina Veterinária e do Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal da Unipar. otutumi@prof.unipar.br

³Doutoranda em Ciência Animal pelo Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal com ênfase em produtos bioativos.

⁴Acadêmica do curso de Medicina Veterinária, bolsista PIBIC/UNIPAR.

⁵Professora do Mestrado Profissional em Plantas Mediciniais e Fitoterápicos na Atenção Básica.

⁶Médico Veterinária pela UNIPAR.

Introdução

Durante anos a indústria de produção de carnes trabalhou para reduzir a idade de abate dos animais e o consumo de alimento por quilo de carne produzida, almejando a melhora na viabilidade e qualidade do produto final. Para alcançar esses objetivos, bem como, sua otimização, avanços no melhoramento genético, sanidade, manejo, equipamentos, instalações e nutrição animal ocorreram ao longo da história.

Segundo Pessôa et al. (2012), a nutrição tem avançado no sentido de atender aos requerimentos nutricionais dos animais, assim como, diminuir a emissão de nutrientes no meio ambiente. Nesse sentido, os animais devem receber quantidades adequadas de nutrientes, incluindo-se os minerais orgânicos, que são considerados de grande importância para as aves, pois participam de todos os processos bioquímicos corporais (SECHINATO; ALBUQUERQUE; NAKADA, 2006).

Segundo Schmidt et al. (2005) e Leeson e Summers et al. (2001) o cobre (Cu) é um nutriente essencial ao metabolismo animal, principalmente na fase inicial. Compõe proteínas sanguíneas como a eritrocupreína, encontrada nos eritrócitos, exerce função em muitos sistemas enzimáticos sendo essencial para a formação normal dos ossos (LEESON; SUMMERS, 2001), apresenta um papel primordial na saúde e no funcionamento adequado de cada célula do organismo, sendo elemento essencial para aumentar a resistência ao estresse e às doenças (SILVA, 2011).

Por outro lado, Gheisari et al. (2010) relatam que os animais têm sido alimentados com dietas altamente concentradas, formuladas para proporcionar o excesso de nutrientes com o objetivo de maximizar o desempenho produtivo.

Na tentativa de aumentar a disponibilidade para o animal, a suplementação extra de minerais pode causar efeitos indesejados, tais como diarreias e desequilíbrios que podem levar a uma redução na disponibilidade de outros minerais, não elevando a concentração sérica, além de contribuir com a poluição do meio ambiente (SILVA, 2011), visto que segundo Pessôa et al. (2012) concomitante à intensificação da produção avícola há um aumento expressivo na produção de resíduos, principalmente em função da excreção excessiva de nitrogênio, fósforo e microminerais no meio ambiente.

Dessa forma, o interesse pelo uso de tecnologias capazes de proporcionar maior eficiência produtiva aos animais, bem como, menor poluição ambiental tem impulsionado a realização de pesquisas focadas na utilização de minerais orgânicos como fonte de suplementação mineral em várias espécies (LEESON, 2015).

Os minerais orgânicos apresentam maior biodisponibilidade nutricional (ZHAO et al., 2010; RICHARDS, 2010), conseqüentemente, melhor absorção e distribuição no organismo das aves, maximizando o desempenho zootécnico, a qualidade da carcaça, e a imunidade (BORGES, 2010), possibilitando uma menor inclusão nas formulações nutricionais (GHEISARI, 2010) e conseqüentemente uma menor excreção nas fezes (BORGES, 2010).

Neste contexto, o objetivo do presente trabalho foi revisar a utilização do cobre nas dietas dos frangos de corte, com enfoque para os benefícios das fontes orgânicas e contribuir com futuras pesquisas sobre o tema, demanda esta que foi observada pelo pequeno número de trabalhos em frangos

de corte disponíveis, nos levando a recorrer a publicações em outras espécies animais correlatas, como o caso da suinocultura.

Desenvolvimento

Para criação de frangos de corte em sistema intensivo deve-se ter cuidado, pois os animais são desafiados constantemente, já que alterações na composição e qualidade da ração, estresses imposto as aves, idade e doenças podem provocar alterações no pH e metabólitos de micro-organismos no intestino e conseqüentemente interferir na digestão e absorção de nutrientes devido as alterações dos índices morfométricos (LOPES, 2008). Dessa forma, o uso de melhoradores de desempenho, tais como os antimicrobianos em doses subterapêuticas, surgiram como uma alternativa viável.

No entanto, na busca de uma alternativa segura aos antimicrobianos, os altos níveis de cobre clamaram sua posição como alternativa ao uso dos mesmos (PRAJAPATI, 2012). Ao mesmo tempo, aditivos que permitam alcançar a melhor conversão alimentar por meio do efeito sinérgico aos antimicrobianos, ganhou importância na busca de maior produtividade.

Schmidt (2005) relatou que a importância do cobre como nutriente essencial do metabolismo animal ocorreu por volta de 1928. Já em 1945, Braude (YANG et al., 2012) descobriu a função de altas dosagens de cobre como melhorador do desempenho em suínos.

De acordo com Kratzer e Vohra (1996), o mineral pode ser ligado à borda em escova sendo absorvido pela célula epitelial ou sendo absorvido junto a si o metal, no intestino, o transporte dos íons para o interior das células se dá por difusão passiva ou transporte ativo. Assim sendo os níveis elevados dos demais elementos ou mesmo do cobre pode bloquear a absorção dos demais, podendo levar a quadros de deficiência (SPEARS, 1996).

Enquanto Su et al. (2011), analisaram a permeabilidade mitocondrial transicional do hepatócito *in vivo* e *in vitro* e verificaram que o cobre quelatado à metionina teve a melhor resposta, seguida pelo cloreto de cobre tribásico (TBCC) e pelo sulfato de cobre quando comparados em mesma concentração.

Os mecanismos pelos quais o cobre melhora o desempenho de aves não são bem conhecidos, mas tradicionalmente são atribuídos ao efeito antibacteriano das altas concentrações, para diversos micro-organismos, no meio ambiente gastrointestinal (LEESON, 2009).

A fração do mineral que realmente é absorvida e utilizada pelo animal é definida como biodisponibilidade Rutz e Murphy (2009). Desta forma, fatores físico-químicos que reduzem a absorção de minerais do lúmen intestinal influenciam a biodisponibilidade mineral (DREOSTI, 1993), tais como mudanças no pH do conteúdo gastrintestinal, variações da valência do mineral (oxidação/redução), formação de complexos e ligações com outros compostos presentes, o nível de consumo do mineral, forma química, digestibilidade da dieta, tamanho da partícula, interações com outros microminerais, agentes quelantes, inibidores, estado fisiológico do animal, qualidade da água, condições de processamento, idade e espécie animal (MILES; HENRY, 2000)

Aumento na biodisponibilidade do cobre de fontes

orgânicas, comparadas às fontes inorgânicas foi observado por Baker et al. (1991), por meio de comparações da quantidade de cobre acumulado no fígado.

Segundo Mabe et. al. (2003), a menor biodisponibilidade dos microminerais na forma inorgânica pode estar relacionado com a complexação com substâncias diversas no trato digestório, reduzindo a solubilidade destes elementos.

Algumas fontes de minerais têm sua biodisponibilidade variando de 40 a 115% se comparado ao sulfato (LEESON, 2009). Segundo Aoyagi e Baker (1993), a biodisponibilidade aparente do quelato de cobre foi de 120% quando comparada à fonte inorgânica de sulfato de cobre (100%) em frangos. Igualmente, Guo et al.(2001) verificaram uma biodisponibilidade de 111 e 109% para cobre lisina e cobre proteinato, respectivamente, quando comparados com o sulfato de cobre (100%).

Além disso, as fontes orgânicas de suplementação de minerais podem atuar melhorando o desempenho, reduzindo-se a excreção de microminerais que potencialmente possam poluir o meio ambiente (BRITO et al. 2006).

Em relação ao cobre, McDowell (1992) relata que o mineral é mal absorvido na maioria das espécies, entre 5-10 % de cobre na dieta é absorvido pelo animal adulto e uma absorção maior é vista em animais jovens (15-30 %).

O cobre pode ser suplementado em sua forma inorgânica de citrato, carbonato, oxiclreto ou o mais utilizado, o sulfato (CuSO_4), com melhoras no ganho de peso, consumo de ração e conversão alimentar de aves (BAKALLI et al., 1995; EWING et al., 1998; LEESON, 2009). No entanto, a substituição de fontes minerais de origem inorgânica por orgânicas tem ocorrido de forma progressiva e acelerada.

Em relação às dosagens, tradicionalmente, a suplementação de minerais orgânicos são muito maiores que os recomendados pelo (NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC, 1994; INAL et al., 2001). Na produção de aves comerciais, os minerais são adicionados na forma de pré-mistura, fornecendo de duas a 10 vezes mais minerais que a recomendação (SARIPINAR, et al., 2010).

Segundo Caniatto et al. (2013), os minerais orgânicos podem ser empregados em níveis mais baixos que as recomendações atuais para minerais inorgânicos sem afetar o desempenho de frangos de corte.

Para atender as exigências nutricionais de frangos de corte, o NRC (1994), recomenda 8 ppm e embora não seja consenso entre nutricionistas brasileiros, Toledo e Nascimento (2010) relatam que o cobre na forma de sulfato (CuSO_4), é utilizado por alguns profissionais como melhorador do desempenho em concentrações de 150 a 200 ppm, dosagem esta similar à citada por Moraes et al. (2001), que relatam que 125 a 250 ppm teria efeito melhorador do desempenho. Outro fator importante a ser ressaltado é que a dosagem indicada no NRC baseou-se em trabalhos científicos realizados entre 1960 e 1970, época que o manejo e os sistemas de produção eram diferentes dos atuais (NOLLET; HUYGHEBAERT; SPRING, 2008).

Segundo Puig e Thiele (2002), o mecanismo de ação do cobre como melhorador do desempenho pode estar relacionado a sua atividade bacteriostática, estímulo do consumo de ração, aumento da atividade enzimática e liberação de neuropeptídeos.

Em suínos, Yang et al. (2012) demonstraram que

altas concentrações dietéticas de cobre na dieta de animais em crescimento podem elevar as concentrações séricas de hormônio de crescimento possivelmente relacionadas a uma maior liberação de gHrelina na região fúndica do estômago, demonstrando fortes evidências sobre mecanismos sistêmicos na melhora de desempenho, que não estão necessariamente relacionadas com o contato do cobre com as bactérias no trato gastrointestinal.

Embora existam evidências do cobre como melhorador de desempenho, a resposta dos animais ao cobre pode depender da fonte de cobre utilizada. Em suínos, o óxido de cobre é ineficiente, já o cobre na forma de carbonato ou cloreto tribásico tem um desempenho similar ao sulfato de cobre (CROMWELL; STAHLY; MONEGUE, 1989; CROMWELL et al., 1998).

Segundo Leeson (2009), as diferenças na resposta dos animais têm relação com o fato de que algumas fontes de minerais terem sua biodisponibilidade, variando de 40 a 115% se comparado ao sulfato de cobre. Essa maior disponibilidade para as fontes minerais orgânicos foram verificadas em trabalho desenvolvido por Su et al. (2011), o que poderia justificar melhoras no desempenho dos animais.

Dibner e Richards (2005) observaram que as aves que receberam a forma orgânica de cobre ($\text{Cu}(\text{HMTBA})_2$), apresentaram melhor resposta imunológica, o que também poderia justificar melhor desempenho dos animais.

Yang et. al. (2012) verificaram que dietas de suínos em crescimento suplementadas com 125 mg/Kg de cobre (sulfato de cobre ou cobre metionina) apresentaram maior ganho de peso médio diário, maior consumo de ração médio diário e maior peso absoluto em relação à dieta basal (10mg/Kg de cobre), no entanto, não houve diferenças significativas em relação à fonte utilizada (inorgânico vs orgânico).

Diversos autores demonstraram efeitos da suplementação de cobre no consumo de ração, ganho de peso, conversão alimentar (DAS et al., 2010) e taxa de crescimento (WANG et al., 2014; IGBASAN; AKINSANMI, 2012; BAKALLI et al., 1995; EWING, et al., 1998; LEESON, 2009; TOLEDO; NASCIMENTO, 2010; MORAIS et al., 2001) de frangos de corte. Assim como, ganho de peso nas carcaças (KOUSTO; ARIAS, 2006) e peito de patos (WANG et al., 2010). Além do aumento da resistência intestinal e resposta imunológica a *Eimeria* (DIBNER; RICHARDS, 2005; XIA et al., 2004) em frangos de corte e melhora de empenamento aos 21 dias e menor percentual de riscos na carcaça de frangos de corte (TAVARES et al., 2014).

Aoyagi e Baker (1993), demonstraram que dosagens de 250 mg/kg de cobre na ração, aumenta em 15% a digestão de hemicelulose e um substancial aumento na energia metabolizável aparente da dieta de frangos.

Enquanto que Shamsudeen, Shrivastava e Ramsingh (2013) indicaram o efeito do proteinato de cobre quando comparado com o sulfato, em relação à melhora ou redução do efeito da aflatoxicose em frangos de corte alimentados com elevado nível de aflatoxina B1.

Além disso, a conscientização do potencial de poluição mineral tem estimulado discussões sobre a forma de se reduzir os níveis de suplementação mineral na nutrição animal sem comprometer a saúde das aves e afetar negativamente sua taxa de crescimento (AKSU et al., 2011).

Segundo Leeson (2009), até 80% do cobre da die-

ta pode aparecer na excreta, no entanto, utilizando-se baixos níveis de suplementação na dieta pode-se reduzir o cobre no meio ambiente. Além disso, pesquisas têm demonstrado redução da presença de cobre na cama em 74% (MANANGI, 2012), e 75% (BAO et al., 2009) com o uso das fontes orgânicas de cobre, quando comparado com as fontes inorgânicas.

Veum et al. (2004) relataram que algumas fontes de proteína de cobre demonstraram efeito superior ao sulfato, absorvendo e retendo mais cobre e, excretando menos quantidade do mineral nas fezes de leitões. Animais que receberam níveis de 50 e 100 mg/kg de proteína de cobre excretaram respectivamente 77 e 61% menos os animais que receberam 250 mg/kg de sulfato de cobre.

Paik et al. (1999) comparando a inclusão de sulfato de cobre e quelato de cobre metionina na dosagem de 250 mg/Kg também observaram redução de 32,82% na excreção de cobre nas excretas de frangos de corte dos animais recebendo a fonte orgânica (543,3 vs. 808,7 mg/Kg).

A baixa absorção juntamente com a alta inclusão de minerais contribui para o alto nível de minerais na cama. Esse maior acúmulo na cama quando essa é utilizada como fertilizante oferecem potencial risco de dano ambiental (NICHOLSON; CHAMBERS, 2008). Por isso, trabalhos que demonstrem a redução da excreção de minerais que possam trazer riscos ao meio ambiente são importantes e o presente trabalho demonstra que é possível reduzir a inclusão de cobre na dieta de frangos de corte, sem que isso traga efeitos negativos no desempenho dos animais.

A importância disso foi evidenciada por Lim e Paik (2006), os quais relataram que a suplementação de cobre na forma de quelatos, complexos ou proteínas são importantes na dieta animal como alternativa à fonte inorgânica para resolver os problemas relacionados à questão ambiental e que foram confirmados nos trabalhos de Paik et al. (1999) e Manangi et al. (2012).

Conclusão

A utilização de fontes alternativas aos antimicrobianos melhoradores de desempenho na avicultura industrial a cada dia tem sido mais enfatizada. Neste contexto, fontes mais biodisponíveis de cobre proporcionam a oportunidade de utilização do metal nas dietas, com menor inclusão, mantendo o desempenho do animal. A redução da taxa de inclusão de mineral traço também promove um efeito considerável sobre o conteúdo mineral da cama, proporcionando uma oportunidade para reduzir o impacto ambiental das atividades avícolas comerciais no Brasil, bem como a redução dos níveis do metal em dietas de frango de corte.

Referências

AKSU, T. et al. Effects of organically complexed minerals on meat quality in chickens. **British Poultry Science**, v. 52, n. 5, p. 558-563, 2011.

AOYAGI, S.; BAKER, D. H. Nutritional evaluation of copper-methionine complex for chicks. **Poultry Science**, v.72, n. 12, p.2309-2315, 1993.

BAKALLI, R. I. et al. Dietary copper in excess of

nutritional requirement reduces plasma and breast muscle cholesterol of chickens. **Poultry Science**, v. 74, n. 2, p. 360-365, february. 1995.

BAKER, D. H. et al. Bioavailability of copper in cupric oxide, cuprous oxide, and in a copper-lysine complex. **Poultry Science**, v. 70, n. 1, p. 177-179, 1991.

BAO, Y. M. et al. Optimal dietary inclusion of organically complexed zinc for broiler chickens. **British Poultry Science**, v.50, n.1, p. 95-102, 2009.

BORGES, C. A. Q. Uso de minerais orgânicos na avicultura. 2010. Disponível em: <[http:// http://pt.engormix.com/avicultura/artigos/minerais-organicos-avicultura-t36910.htm](http://http://pt.engormix.com/avicultura/artigos/minerais-organicos-avicultura-t36910.htm)>. Acesso em: 21 jul. 2015.

BRITO, J. A. G. et al. Uso de micronutrientes sob a forma de complexo orgânico em rações para frangas de reposição no período de 7 a 12 semanas de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n. 4, p. 1342-1348. 2006.

CANIATTO, A. R. M. et al. Influência de microminerais orgânicos sobre o desempenho de frangos de corte. In: CONFERÊNCIA APINCO DE CIENCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS, 30., 2013, Campinas. **Anais...Campinas: FACTA**, 2013.

CROMWELL G. L. et al. Tribasic copper chloride and copper sulfate as copper sources for weanling pigs. **Journal of Animal Science**, v. 76, p. 118-123. 1998.

CROMWELL, G. L.; STAHLY, T. S.; MONEGUE, H. J. Effects of source and level of copper on performance and livercopperstores in weanling pigs. **Journal of Animal Science**, v. 67, n. 11, p. 2996-3002. 1989.

DAS, T. K. et al. Influence of level of dietary inorganic and organic copper and energy level on the performance and nutrient utilization of broiler chickens. **Asian Australian Journal of Animal Science**, v. 23, n.1, p.82-89, 2010.

DIBNER, J. J.; RICHARDS, J. D. Antibiotic growth promoters in agriculture: history and mode of action. **Poultry Science**, v. 84, n. 4, p. 634-643, 2005.

DREOSTI, I. E. Recommended dietary intakes of iron, zinc and other inorganic nutrients and their chemical form and identity. **Nutrition**, v. 6, n. 9, p. 542-545, 1993.

EWING, H. P. et al. Studies on feeding of cupric sulphate, cupric citrate and copper oxychloride to broiler chickens. **Poultry Science**, v. 77, n. 3, p. 445-448, 1998.

GHEISARI, A. A. Effects of organic chelates of zinc, manganese and copper in comparison to their sources on performance of broiler chickens. **Journal of Animal e Plant Sciences**, v. 6, n. 2, p. 630-636, 2010.

GUO, R. et al. Chemical characteristics and relative bioavailability of supplemental organic copper sources for

- poultry. **Journal of Animal Science**, v. 79, n.5, p. 1132-1141, 2001.
- IGBASAN, F. A.; AKINSANMI, S. K. Estimation of the relative bioavailability of inorganic copper sources for broiler chickens. **International Journal of Agriculture: Research and Review**, v. 2, n. 2, p. 47-52, 2012.
- INAL, F. B. et al. The effects of withdrawal of vitamin and trace mineral supplements from layer diets on egg shield and trace mineral composition. **British Poultry Science**, v. 42, n. 1, p. 77-80, 2001.
- KOUTSOS, E. A.; ARIAS, V. J. Intestinal ecology: interactions among gastrointestinal tract, nutrition and the microflora. **Journal of Applied Poultry Research**, California, v. 15, n. 1, p. 161-173, 2006.
- KRATZER, F. H.; VOHRA, P. Chelates and chelation. In: KRATZER, F. H.; VOHRA, P. Chelates in nutrition. Boca Raton, Florida: CRC Press, p. 5-33. 1996.
- LEESON, S. **A new look at trace mineral nutrition of poultry: can we reduce the environmental burden of poultry manure?** 2015. Disponível em: <<http://en.engormix.com/poultry-industry/articles/trace-mineral-composition-in-poultry-feed-t33382.htm>>. Acesso em: 17 jun. 2015.
- LEESON, S.; SUMMERS, J. D. **Scott's Nutrition of the chicken**. 4 Ed. Guelph: University Books, 2001, 413p.
- LEESON, S. Copper metabolism and dietary needs. **World's Poultry Science**, v. 65, n. 3, p.353-366, 2009.
- LIM, H. S.; PAIK, I. K. Effects of dietary supplementation of copper chelates in the form of methionine, chitosan and yeast in laying hens. **Asian Australian Journal of Animal Science**, v. 19, n. 8, p. 1174-1178, 2006.
- LOPES, K. L. de A. M. **Suplementação de glutamina em dietas iniciais para frangos de corte**. 2008. 73f. Tese (Doutorado em Ciência Animal) – Universidade Federal Goiás/Escola de Veterinária e Zootecnia, Goiás, 2008.
- MABE, I. et al. Supplementation of a corn-soybean meal diet with manganese, copper, and zinc from organic or inorganic sources improves eggshell quality in aged laying hens. **Poultry Science**, v. 82, p. 1903-1913, 2003.
- MANANGI, M. K. et al. Impact of feeding lower levels of chelated trace minerals versus industry levels of inorganic trace minerals on broiler performance, yield, footpad health, and litter mineral concentration. **Journal Applied Poultry Research**, v. 21, n. 4, p. 881–890, 2012.
- McDOWELL, L. **Minerals in animal and human nutrition**. New York: Academic.1992. 524p.
- MILES, R. D.; HENRY, P. R. Relative trace mineral bioavailability. **Ciência Animal Brasileira**, v. 1, n. 2, p. 73-93, 2000.
- MORAIS, S. C. D. Altos níveis dietéticos de cobre no desempenho e no colesterol sérico e muscular de frangos de corte. **Scientia Agricola**, v. 58, n.1, p. 1-5, 2001.
- NICHOLSON, F. A.; CHAMBERS, B. J. Livestock manure management and treatment: implications for heavy metal inputs to agricultural soils. In: SCHLEGEL, P. et al. **Trace Elements in Animal Production Systems**, p. 55-62, 2008.
- NOLLET, L.; HUYGHEBAERT, G.; SPRING, P. Effect of different levels of dietary organic (Bioplex) trace mineral son live performance of broiler chickens by growth phases. **Journal of Applied Poultry Research**, v.17, n. 1, p.109-115, 2008.
- NRC. **Nutrient Requirements for Poultry**. 9 Ed. National Academy Press, National Research Council, Washington, 1994, 157p.
- PAIK, I. K. et al. Effects of supplementary copper-chelate on the performance and cholesterol level in plasma and breast muscle of broiler chickens. **Asian Australian Journal of Animal Science**, v. 12, n. 5, p. 794-798, 1999.
- PESSÔA, G. B. S. et al. Novos conceitos em nutrição animal. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 13, n. 3, p. 755-774, 2012.
- PRAJAPATI, A. P.; MUDGAL, V.; SRIVASTAVA, S. Effect of copper supplementation on the performance of coloured meat type birds. **International Journal of Veterinary Science**, v. 1, n. 3, p.108-111, 2012.
- PUIG, S.; THIELE, D. J. Molecular mechanisms of copper uptake and distribution. **Current Opinion in Chemical Biology**, v. 6, n. 2, p.171-180, 2002.
- RICHARDS, J. D. et al. Trace mineral nutrition in poultry and swine. **Asian-Australasian Journal of Animal Science**, v. 23, n. 11, p.1527-1534, 2010.
- RUTZ, F.; MURPHY, R. Minerais orgânicos para aves e suínos. In: CONGRESSO INTERNACIONAL SOBRE USO DA LEVEDURA NA ALIMENTAÇÃO ANIMAL, 1., 2009, Campinas. **Anais...Campinas: SIAVS**, 2009. p. 21-36.
- SARIPINAR, A. D. The effects of lower supplementation levels of organically complexed minerals (zinc, copper and manganese) versus inorganic forms on hematological and biochemical parameters in broilers. **Kafkas Universitesi Veteriner Fakultesi Dergisi**, v.16, n.4, p. 553-559. 2010.
- SCHMIDT, M. Níveis nutricionais de cobre para frangos de corte machos e fêmeas na fase inicial. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, n. 6, p. 1599-1605, 2005.
- SECHINATO, A. S.; ALBUQUERQUE, R.; NAKADA, S. Efeito da suplementação dietética com micro minerais orgânicos na produção de galinhas poedeiras. **Brazilian**

Journal of Veterinary Research and Animal Science, v. 43, n. 2, p. 159-166, 2006. **Research**, v.19, n. 4 p. 365-372, 2010.

SHAMSUDEEN, P.; SHRIVASTAVA, H. P.; RAMSINGH. Biointeraction of chelated and inorganic copper with aflatoxin on growth performance of broiler chicken. **International Journal of Veterinary Science**, v. 2, n. 3, p. 106-110, 2013.

Recebido em: 05.03.2016

Aceito em: 27.04.2017

SILVA, R. G. **Caracterização e utilização de minerais orgânicos na avicultura**. 29 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Medicina Veterinária) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

SPEARS, J. W. Optimizing mineral levels and sources for farm animal. In: KORNEGAY, E.T. **Nutrient management of food animals to enhance and protect the environment**. New York: CRC Press, p.259-275, 1996.

SU, R. High copper levels promotes broiler hepatocyte mitochondrial permeability transition in vivo and in vitro. **Biological Trace Element Research**, v. 144, n. 1, p. 636-646, december. 2011.

TAVARES, T. et al. The effect of replacing inorganic trace minerals with organic Bioplex® and Sel-Plex® on the performance and meat quality of broilers. **Journal of Applied Animal Nutrition**, v. 2, p. 1-7, 2014.

TOLEDO, R. S; NASCIMENTO, A. H. Vitaminas e Minerais. In: SIMPÓSIO BRASIL SUL DE AVICULTURA E BRASIL SUL POULTRY FAIR, 11., 2010, Chapecó. **Anais...Chapecó: Nucleovet**, 2010. p. 73-84.

VEUM, T. C. et al. Copper proteinate in weanling pig diets for enhancing growth performance and reducing fecal copper excretion compared with copper sulfate. **Journal of Animal Science**, v. 82, n. 4, p.1062-1070, 2004.

WANG, H. et al. Copper and lysine amino acid density responses in comercial broilers. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 23, n. 3, p. 470-477, 2014.

WANG, L. C. et al. Effect of dietary copper source and level on growth, organ weights and carcass characteristics in Cherry Valley meat ducks. **International Journal of Poultry Science**, v. 9, n. 8, p.726-730, 2010.

XIA, M. S.; HU, C. H.; XU, Z. R. Effects of copper-bearing montmorillonite on growth performance, digestive enzyme activities, and intestinal microflora and morphology of male broilers. **Poultry Science**, v. 83, n. 11, p.1868-1875, 2004.

YANG, W. et al. High lever dietary copper promote Ghrelin gene expression in the fundic gland of growing pigs. **Biological Trace Element Research**, v. 150, n. 1, p. 154-157, 2012.

ZHAO, J. et al. Effects of chelated trace minerals on growth performance, breast meat yield, and footpad health in commercial meat broilers. **Journal Applied Poultry**