

RESSALVA

Atendendo solicitação do(a) autor(a), o texto completo desta Dissertação será disponibilizado somente a partir de 14/12/2021.

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

EFEITO DE DIFERENTES FONTES DE COBRE E ZINCO
SOBRE O DESEMPENHO, SAÚDE, QUALIDADE DE CARNE
E ÓSSEA DE FRANGOS DE CORTE

CASSIO YUTTO OURA

Dissertação apresentada ao Programa
de Pós-graduação em Zootecnia como
parte dos requisitos para obtenção do
título de Mestre.

Botucatu – SP
Dezembro – 2020

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

EFEITO DE DIFERENTES FONTES DE COBRE E ZINCO
SOBRE O DESEMPENHO, SAÚDE, QUALIDADE DE CARNE
E ÓSSEA DE FRANGOS DE CORTE

CASSIO YUTTO OURA

Orientador: Prof. Dr. José Roberto Sartori

Dissertação apresentada ao Programa
de Pós-graduação em Zootecnia como
parte dos requisitos para obtenção do
título de Mestre.

Botucatu – SP
Dezembro – 2020

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

Oura, Cassio Yutto.

Efeito de diferentes fontes de cobre e zinco sobre o desempenho, saúde, qualidade de carne e óssea de frangos de corte / Cassio Yutto Oura. - Botucatu, 2020

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia

Orientador: José Roberto Sartori

Capes: 50403001

1. Aves domésticas. 2. Frango de corte. 3. Carne - Qualidade. 4. Cobre - Efeito fisiológico. 5. Zinco - Efeito fisiológico.

Palavras-chave: Avicultura; Hidroxicloretos;
Hidroximinerais; Microminerais.

“Mera mudança não é crescimento.
Crescimento é a síntese de mudança e continuidade,
e onde não há continuidade não há crescimento.”

C.S. Lewis

DEDICATÓRIA

Aos meus pais,

Mary Akemi Doi Oura e Francisco Mistuo Oura

Por todo apoio e confiança depositados, incentivando-me a ser melhor e ir além.

AGRADECIMENTO ESPECIAL

Ao meu orientador, *Prof. Dr. José Roberto Sartori* pela oportunidade de orientação, conhecimentos repassados e pela amizade gerada durante o tempo no qual trabalhamos juntos.

Ao meu orientador da graduação, *Prof. Dr. Carlo Rossi Del Carratore*, por todo conhecimento, incentivo e amizade.

Aos amigos e membros da equipe de trabalho: *Priscila G.M Urayama, Tatiane S. dos Santos, Jéssica M. Cruvinel, Fernanda K.L. Krenchinski, Julianna S. Batistioli, Robert G. A. Cardoso, Connie Gallardo Vela, Érica S. Mello* e todos os membros LABAVES a qual tive o privilégio temporário de conhecer. Agradeço imensamente por todo companheirismo e amizade, por sempre disporem a me ajudar.

A todos os meus familiares e amigos, em especial minha namorada *Bruna Lindolfo da Silva*, pelo companheirismo e partilha nessa jornada que traçamos juntos, **com amor e carinho.**

A todos, os meus mais sinceros agradecimentos.

AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia – UNESP/Botucatu, pela oportunidade e suporte para a obtenção do título de mestre.

A empresa *Trouw Nutrition* pela parceria e financiamento do projeto.

Aos professores do programa de pós-graduação *José Roberto Sartori, Margarida Maria Barros, Antônio Celso Pezzato, Luíz Edivaldo Pezzato, Ricardo de Oliveira Orsi, Pedro Magalhães Padilha* e *Carlos Roberto Padovani* pelo conhecimento passado e auxílio durante meu mestrado.

Aos professores e funcionários do *Departamento de Melhoramento e Nutrição Animal* da FMVZ/UNESP/Botucatu pelo acolhimento e ajuda oferecida.

Ao professor Dr. *Pedro de Magalhães Padilha* e ao pós - doutorando *José C. S. Vieira*, pela colaboração neste projeto.

Aos estagiários *Gustavo de Martino Barbosa, Laura Granero, Mariana Poletto, Vitor Coiado Fittipaldi*, por toda colaboração e amizade.

Aos pesquisadores do laboratório de qualidade de carne *Evelyn P. Brito, Iasmin M. S. C. Farias, Caroline T. Santos*, por toda a ajuda e amizade.

Aos pesquisadores do laboratório *AQUANUTRI* – *Pedro P. F. Carvalho, Igor S. T. Vicente, William S. Xavier, Matheus G. Guimarães e Edgar J. D. Rodrigues*, por toda ajuda e amizade.

Aos *Funcionários da Supervisão de Fazendas de Ensino, Pesquisa e Produção* da FMVZ/UNESP/Botucatu e da *Fábrica de Rações* pela amizade e serviços prestados.

Aos *Funcionários da Seção de Pós-Graduação* da FMVZ/UNESP/Botucatu.

Ao grupo *LABAVES*, meus *irmãos* de vida, pela união em cada caminhada nesses dois anos de mestrado.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Muito obrigado!

BIOGRAFIA

Cassio Yutto Oura nasceu na cidade de Lucélia, Estado de São Paulo, no dia 25 de março de 1996. Ingressou na Universidade de Marília (UNIMAR) graduando-se em Medicina Veterinária em junho de 2018. Em agosto do mesmo ano, ingressou no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia (FMVZ – UNESP Botucatu/SP) no curso de Mestrado Acadêmico, área de Nutrição e Produção Animal, com foco em Nutrição de Frangos de Corte, atuando nos seguintes temas: nutrição mineral de frangos de corte, nutrição de poedeiras, qualidade de ovos e de carne de frangos de corte.

LISTA DE TABELAS

TABELA 1. Ingredientes (%) e composição nutricional das dietas basais.	19
TABELA 2. Composição dos tratamentos experimentais.	19
TABELA 3. Níveis analisados de Cu e Zn nas dietas experimentais.	20
TABELA 4. Desempenho de frangos de corte de 1 a 21 dias de idade.	26
TABELA 5. Desempenho de frangos de corte de 1 a 35 dias de idade.	27
TABELA 6. Desempenho de frangos de corte de 1 a 42 dias de idade.	28
Tabela 7. Rendimento de carcaça, rendimento de partes e peso de órgãos de frangos de corte aos 42 dias de idade.	29
TABELA 8. Histomorfometria intestinal de frangos aos 42 dias de idade.	30
TABELA 9. Diferencial de leucócitos em frangos de corte aos 21 e 42 dias de idade.	32
TABELA 10. Qualidade óssea da tíbia de frangos aos 42 dias de idade.	33
TABELA 11. Resistência de pele antes e após o processo de escaldagem.	34
TABELA 12. Scores de lesões de coxim plantar, jarrete e qualidade de cama de frangos em diferentes idades.	35
TABELA 13. Qualidade de carne de frangos aos 42 dias de idade.	37
TABELA 14. Concentração de Cu e Zn no fígado de frangos aos 42 dias de idade.	38
TABELA 15. Concentração de Cu e Zn no plasma de frangos aos 21 e 42 dias de idade.	39
TABELA 16. Concentração de Cu e Zn na tíbia de frangos de corte aos 42 dias.	41

Sumário

CAPÍTULO I	2
CONSIDERAÇÕES INICIAIS	2
1. Introdução	2
2. Fontes de suplementação mineral	3
3. Cobre: absorção e funções	4
4. Zinco: absorção e funções	6
5. Interação entre os minerais	7
6. Justificativa e objetivo	8
7. Referências	9
CAPÍTULO II	13
Efeito de diferentes fontes de cobre e zinco sobre o desempenho, saúde e deposição mineral em tecidos de frangos de corte	15
Effect of different sources of copper and zinc on the performance, health and tissues mineral deposition of broiler chickens	16
1. INTRODUÇÃO	17
2. MATERIAL E MÉTODOS	18
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	26
4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	43
5. IMPLICAÇÕES	49

CAPÍTULO I
CONSIDERAÇÕES INICIAIS

1. Introdução

A busca pelo aumento da produção de alimentos principalmente aliada a melhorias em ganhos de produtividade de forma sustentável, é uma realidade do setor agropecuário mundial, levando-se em conta a estimativa de 9,8 bilhões de habitantes no mundo no ano de 2050 (FAO, 2017). A avicultura nacional possui grande importância no cenário mundial, visto que grandes quantidades de grãos são utilizados na alimentação das aves, o Brasil ocupa hoje a posição de maior exportador e terceiro maior produtor de carne de frango mundial (ABPA, 2020).

Para atingir tais níveis de produção, a avicultura nacional e mundial tem se modificado constantemente para se adaptar e atender a maior demanda de alimentos. A evolução da avicultura industrial gerou mudanças nas composições nutricionais das aves, principalmente pelo contínuo avanço genético (PETROVIK et al., 2010) e fatores de criação que desafiam o desenvolvimento e saúde das mesmas (PETEK et al., 2010).

A busca por minerais com maior biodisponibilidade incentivou a pesquisa por novas fontes que propiciem melhor aporte para atender a expressão genética das linhagens e causar menor impacto ambiental. Os microminerais possuem grande influência na manutenção do crescimento e saúde das aves. Como exemplos da atual pesquisa, o cobre (Cu) possui grande participação no sistema enzimático, sendo essencial para o bom funcionamento da fisiologia animal (DAVIS; MERTZ, 1987); e o zinco (Zn), é componente de mais de 200 metaloenzimas (PRASAD, 1984). Além dos sistemas enzimáticos, estes minerais também estão envolvidos no metabolismo hormonal e atividade imunológica das aves (DIECK et al., 2003).

De acordo com as mudanças de mercado, diminuição ou proibição ao uso de antibióticos promotores de crescimento, exige a necessidade de alternativas seguras para a substituição dos mesmos (OWENS et al., 2008). Isto, juntamente com as características benéficas dos minerais, faz com que os nutricionistas utilizem valores de microminerais acima do recomendado para atender as necessidades fisiológicas e melhorar o desempenho das aves. Porém, as fontes convencionais utilizadas possuem baixa biodisponibilidade e alta capacidade de interações adversas com nutrientes da dieta, aumentando assim sua excreção para o ambiente (LEESON, 2008).

Dentre as fontes alternativas estão os minerais orgânicos que têm sido estudados frente à estas implicações técnicas, apresentando resultados pertinentes, porém com variações quanto a sua composição e qualidade de seus ligantes, que podem proporcionar

interferências na absorção e resposta destes elementos (RUTZ; MURPHY, 2009).

Os hidroxicloretos consistem em nova alternativa de suplementação de minerais-traços; sendo descobertos em 1990, possuem características de interesse dos nutricionistas, tais como a alta biodisponibilidade e conseqüente menor excreção ao ambiente (AGAPITO; SEYBOTH, 2017). Propriedades estas expressas por sua estrutura tridimensional cristalina que possui grande estabilidade no trato gastrointestinal, principalmente pela maior força de ligação química (COHEN; STEWARD, 2012).

Desse modo, os hidroxicloretos consistem em alternativa promissora para a suplementação de microminerais, em especial Cu e Zn, porém é necessário uma avaliação mais aprofundada para se determinar a melhor combinação quantitativa entre os minerais e avaliar os efeitos dos mesmos, frente a um desafio entérico e sua possível ação em altas doses como melhorador de desempenho.

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agapito, G., and L. Seyboth. 2017. Hidroxi-Minerais – uma nova abordagem para uso de minerais em todas as espécies animais. *Avicultura Industrial*. 108: 31-32.
- Aksu, T., M. I. Aksu, M. A. Yoruk, and M. Karaoglu. 2011. Effects of organically-complexed minerals on meat quality in chickens. *British Poultry Science*. 52: 558-563.
- Almeida Paz, I.C.L., A. A. Mendes, R. R. Quinteiro, L. C. Vulcano, S. E. Takahashi, R. G. Garcia, C. M. Komiyama, A. Balog, K. Pelicia, F. S. Wescheler, and A. Piccinin. 2006. Bone mineral density of tibia and femur of broiler breeders: growth, development and production. *Brazilian Journal of Poultry Science*. 8:75-82.
- Baker, D. H., J. Odle, M. A. Funk and T. M. Wieland. 1991. Bioavailability of copper in cupric oxide, cuprous, and in a copper-lysine complex. *Poultry Science*. 70:177.
- Bao, Y. M., M. Choct, P. A. Iji and K. Bruerton. 2010. The Digestibility of Organic Trace Minerals along the Small Intestine in Broiler Chickens. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. 23:90-97.
- Bao, Y.M., M. Choct, P.A. Iji, and K. Bruerton. 2007. Effect of Organically Complexed Copper, Iron, 923 Manganese, and Zinc on Broiler Performance, Mineral Excretion, and Accumulation in 924 Tissues. *Journal of Applied Poultry Research*. 16:448–455.
- Batal, A. B., T. M. Parr, and D. H. Baker. 2001. Zinc bioavailability in tetrabasic zinc chloride and the dietary zinc requirement of young chicks fed a soy concentrate diet. *Poultry Science*. 80:87– 90.
- Bounous, D. I., and N. L. Stedman. 2000. Normal avian hematology, chicken and turkey. Pages 1147–1153 in Schalm's *Veterinary Hematology*. 5th ed. B. F. Feldman, J. G. Zinkl, N. C. Jain, and O. W. Schalm, ed. Blackwell Publishing, Philadelphia, USA.
- Broteau, R., I. Veissier, and P. Perny. 2009. Overall assessment of animal welfare: strategy adopted in Welfare Quality. *Animal Welfare*. 18:363-370.
- Campbell, T. 2015. *Exotic animal hematology and cytology*. 4th ed. Wiley Blackwell, Ames, Iowa.
- Cavitt, L. C., G. W. Youm, and J. F. Meullenet. 2004. Prediction of poultry meat tenderness using Razor Blade shear, Allo–Kramer shear, and sarcomere length. *Journal of Food Science*. 69:11-15.
- Chen, J., G. Tellez, J. Escobar, and M. Vazquez-Anon. 2017. Impact of Trace Minerals on Wound Healing of Footpad Dermatitis in Broilers. *Scientific Reports*. Nature. 7:1894.
- Christmas, R. B., and R. H. Harms. 1984. The value of protein, methionine or other nutrients for the allevia-tion of copper toxicity in the broiler chick diet. *Nutrition Reports International*. 29:1217-1222.
- Cohen, J., and F. A. Steward. 2014. Hydroxy Minerals - The Newest Development in Mineral Nutrition. *AFFA matrix*. 23:45–49.

- Collett, S. R. Nutrition and wet litter problems in poultry. 2012. *Animal Feed Science and Technology*. 173:65–75.
- Davis, G. K., and W. Mertz. 1987. Copper. Pages 301–364 in *Trace Elements in Human and Animal Nutrition*. 5th ed. Vol. 1. W. Mertz, ed. Academic Press, New York.
- Dieck, H.T., F.D. Ring, H.P. Roth, And H. Daniel. 2003. Changes in Rat Hepatic Gene Expression in 949 Response to Zinc Deficiency as Assessed by DNA Arrays. *Journal of Nutrition*. 133:1004–1010.
- El-Husseiny, O. M., S. M. Hashish, R. A. Ali, S. A. Arafa, L. D. A. El Samee, and A. A. Olemly. 2012. Effects of feeding organic zinc, manganese and copper on broiler growth, carcass characteristics, bone quality and mineral content in bone, liver and excreta. *International Journal of Poultry Science*. 11:368–377.
- Ferket, P. R. 2004. Alternatives to antibiotics in poultry production: Responses, practical experience and recommendations. Pages 57–67 in *Nutritional Biotechnology in the Feed and Food Industries*. T. P. Lyons and K. A. Jacques, ed. Nottingham Univ. Press, Nottingham, UK.
- Honikel, K. O. 1998. Reference methods for the assessment of physical characteristics of meat. *Meat Science*. 49:447-457.
- Jensen, L. S., and D. V. Maurice, 1979. Influence of sulfur amino acids on copper toxicity in chicks. *Journal of Nutrition*. 109:91-97.
- Kim, G. B., Y. M. Seo, K. S. Shin, A. R. Rhee, J. Han, and I. K. Paik. 2011. Effects of supplemental copper-methionine chelate and cooper-soy proteinate on the performance, blood parameters, liver mineral content, and intestinal microflora of broiler chickens. *Journal of applied Poultry Research*. 20: 21-32.
- Ledoux, D. R., R. D. Miles, C. B. Ammerman, and R. H. Harm. 1986. Interaction of dietary nutrient concentration and supplemental copper on chick performance and tissue copper concentrations. *Poultry Science*. 66:1379-1384.
- Leeson S. 2008. Trace minerals in poultry nutrition-2. Copper and zinc – the next pollution frontier. *World Poultry*. 3:14-16.
- Leeson, S., and J. D. Summers. 2001. *Scott's Nutrition of the Chicken*. 4th ed. University Books, Guelph, ON, Canada.
- Leeson, S., and J. D. Summers. 2005. *Commercial Poultry Nutrition*. 3rd ed. University Books, Guelph, ON, Canada.
- Liu, Z. H., L. Lu, S. F. Li, L. Y. Zhang, L. Xi, K. Y. Zhang, and X. G. Luo. 2011. Effects of supplemental zinc source and level on growth performance, carcass traits, and meat quality of broilers. *Poultry Science*. 90:1782–1790.
- M'Sadeq, S. A., S. B. Wu, M. Choct, and R. A. Swick. 2018. Influence of trace mineral sources on broiler performance, lymphoid organweights, apparent digestibility, and bone mineralization. *Poultry Science*. 97:3176–3182.

- Maggini, S., E. S. Wintergerst, S. Beveridge, and D. H. Hornig. 2007. Selected vitamins and trace elements support immune function by strengthening epithelial barriers and cellular and humoral immune responses. *British Journal of Nutrition*. 98:29–35.
- Manangi, M. K., M. Vazquez-Añon, J. D. Richards, S. Carter, R. E. Buresh, K. D. Christensen. 2012. 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 of applied Poultry Research*. 21:881–890.
- Martland, M. F. Ulcerative dermatitis in broiler chickens: The effects of wet litter. 1985. *Avian Pathology*. 14:353-364.
- McDonald, P., R. A. Edwards, J. F. D. Greenhalgh. 2010. *Animal nutrition*. 7th. Pearson education Ltd, England.
- Mcward, G. E., and D. R. Taylor. 2000. Acidified clay litter amendment. *The Journal of Applied Poultry Research*. 9:518-529.
- Medeiros, W. R. L. 2017. *Minerais orgânicos em dietas de pintainhas de postura comercial*. PhD Diss. Universidade Federal Rural de Pernambuco, Pernambuco, Recife.
- Miles, R. D., G. D. Butcher, P. R. Henry, and R. C. Littell. 2006. Effect of Antibiotic Growth Promoters on Broiler Performance, Intestinal Growth Parameters, and Quantitative Morphology. *Poultry Science*. 85:476–485.
- Miles, R. D., S. F. O’Keefe, P. R. Henry, C. B. Ammerman, and X. G. Luo. 1998. The effect of dietary supplementation with copper sulfate or tribasic copper chloride on broiler performance, relative copper bioavailability, and dietary prooxidant activity. *Poultry Science*. 77:416–425.
- Moreira, J., A. A. Mendes, E. A. Garcia, R. P. Oliveira, R. G. Garcia, I. C. L. Almeida. 2003. Avaliação de desempenho, rendimento de carcaça e qualidade da carne do peito em frangos de linhagens de conformação versus convencionais. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 32:1663-1673.
- Nagaraj, M., C. A. P. Wilson, B. Saenmahayak, J. B. Hess, and S. F. Bilgili. 2007. Efficacy of a litter amendment to reduce pododermatitis in broiler chickens. *Journal of Applied Poultry Research*. 16:255-261.
- Neves, R. C.F., P. M. Moraes, M. A. D. Saleh, V. R. Loureiro, F.A. Silva, M. M. Barros, C. C. F. Padilha, S. M. A. Jorge, and P. M. Padilha. 2009. FAAS determination of metal nutrients in fish feed after ultrasound extraction. *Food Chemistry*. 113:679- 683.
- Noriega, M. L. V. C. 2000. *Apuntes de hematología aviar: material didático para curso de hematología aviária*. Universidad Nacional Autónoma de México - Departamento de Producción Animal, México.
- Olukosi, O. A., S. J. A. van Kuijk, and Y. Han. 2019. Sulfate and hydroxychloride trace minerals in poultry diets – comparative effects on egg production and quality in laying hens, and growth performance and oxidative stress response in broilers. *Poultry Science* 98:4961–497.

- Olukosi, O. A., S. van Kuijk, and Y. Han. 2018. Copper and zinc sources and levels of zinc inclusion influence growth performance, tissue trace mineral content, and carcass yield of broiler chickens. *Poultry Science*. 97:3891–3898.
- Owens, B., L. Tucker, M. A. Collins, and K. J. McCracken. 2008. Effects of different feed additives alone or in combination on broiler performance, gut microflora and ileal histology. *British Poultry Science*. 49:202–212.
- Paik, I. K. 2001. Management of excretion phosphorus, nitrogen and pharmacological level minerals to reduce environmental pollution from animal production. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. 14:384-394.
- Pedroso, A. A., J. F. M. Menten, M. R. Lambais, A. M. C. Racanicci, F. A. Longo, and J. O. B. Sorbara. 2006. Intestinal Bacterial Community and Growth Performance of Chickens Fed Diets Containing Antibiotics. *Poultry Science*. 85:747–752.
- Penz Júnior, A. M. 2019. O Futuro da indústria avícola. *NutriNews Brasil*. Accessed Dec. 2020. O Futuro da Indústria Avícola - Nutrição Animal, conteúdo técnico e produtos - Nutrinews Brasil.
- Petek, M., R. Çibik, H. Yildiz, F.A. Sonat, S. S. Genzen, A. Orman, and C. Aydin. 2010. The influence of different lighting programs, stocking densities and litter amounts on the welfare and productivity traits of a commercial broiler line. *Veterinarija ir Zootechnika*. 73: 51.
- Petrovič V., L. Nollet, and G. Kováč. 2010. Effect of Dietary Supplementation of Trace Elements on the Growth Performance and Their Distribution in the Breast and Thigh Muscles Depending on the Age of Broiler Chickens. *Acta Veterinaria BRNO*. 79:203–209.
- Prasad, A. S. 1984. Discovery and importance of zinc in human nutrition. *Federation Proceedings*. 43:2829–2834.
- Qiao, M., D. L. Fletcher, D. P. Smith, and J. K. Northcutt. 2001. The effect of broiler breast meat color on pH, moisture, water-holding capacity, and emulsification capacity. *Poultry Science*. 80:676–680.
- Ribeiro, M.V. 2016. Programas vitamínicos e diferentes fontes minerais nas dietas de frangos de corte. PhD Diss. Universidade Federal do Paraná, Palotina, Paraná.
- Richards J. D., J. Zhao, R. J. Harrell, C. A. Atwell, J. J. Dibner. 2010. Trace mineral nutrition in poultry and swine. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. 23:1527–1534.
- Rosário, K. F. A., M. A. N. Silva, A. A. D. Coelho, V. J. M. Savino. 2004. Síndrome ascítica em frangos de corte: uma revisão sobre a fisiologia, avaliação e perspectivas. *Ciência Rural*, Santa Maria. 34:1987-1996.
- Rostagno, H.S., L. F. T. Albino, J. L. Donizele, P. C. Gomes, R. F. Oliveira, D. C. Lopes, A. S. Ferreira, S. L. T. Barreto and R. F. Euclides. 2011. Tabelas brasileiras para aves e suínos. 3rd ed. Horácio Santiago Rostagno, Viçosa.

- Roughead, Z. K., and H. C. Lukaski. 2003. Inadequate copper intake reduces serum insulin-like growth factor-1 and bone strength in growing rats fed graded amounts of copper and zinc. *The Journal of nutrition*. 133, 442-448.
- Seedor, J.G. 1993. The biophosphonate alendronate (MK-217) inhibit bone loss due to ovariectomy in rats. *Journal of Bone and Mineral Research*. 4:265- 270.
- Shepherd, E. M., and B. D. Fairchild. Footpad dermatitis in poultry. 2010. *Poultry Science*. 89:2043–2051.
- Silva, D. J., and A. C. Queiroz. 2004. *Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos*. 3rd ed. UFV, Viçosa.
- Silva, J. H., and L. A. F. Pasqual. 2014. Função e disponibilidade dos minerais. Pages 127-135 in *nutrição de não ruminantes*. Sakomura, N. K., J. H. V. da Silva, F. G. P. Costa, J. B. K. Fernandes, and L. Hauschild, ed. Funep, Jaboticabal.
- Silversides, F. G., M. R. Lefrancois, P. 1997. Villeneuve. The effect of strain of broiler on physiological parameters associated with the ascites syndrome. *Poultry Science*. 76:663-667.
- Smith-Mungo, L. I., and H. M. Kagan. 1998. Lysyl oxidase: properties, regulation and multiple functions in biology. *Matrix Biology*. 16:387-398.
- Song, Z., L. Zhu, T. Zhao, H. Jiao, and H. Lin. 2009. Effect of Copper on Plasma Ceruloplasmin and Antioxidant Ability in Broiler Chickens Challenged by Lipopolysaccharide. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. 22:1400-1406.
- Southern, L. L., and D. H. Baker. *Eimeria acervulina* infection in chicks fed excess copper in the presence or absence of excess dietary methionine. 1968. *Journal of Animal Science*. 54: 5.
- Suttle, N. 2010. *Mineral nutrition of livestock*. 4th ed. CABI, Oxfordshire, United Kingdom.
- Swiatkiewicz, S., A. Arczewska-wlosek, and D. Józefiak. 2014. The efficacy of organic minerals in poultry nutrition: review and implications of recent studies. *Worlds Poultry Science Journal*. 70: 475-486.
- Togashi, C. K., J. B. Fonseca, R. T. R. N. Soares, A. P. D. Costa, K. S. Ferreira, and E. Detmann. 2008. Utilização de alho e cobre na alimentação de frangos de corte. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 37:1036-1041.
- Underwood, E. J., N. F. Suttle. 1999. *The mineral nutrition of livestock*. 3th ed. CABI, Wallingford, New York.
- Yang, C. C., and T. C. Chen. 1993. Effects of refrigerated storage, pH adjustment, and marinade on color of raw and microwave cooked chicken meat. *Poultry Science*. 72:355–362.
- Yang, X. J., W. L. Li, Y. Feng, and J. H. Yao. 2011. Effects of immune stress on growth performance, immunity, and cecal microflora in chickens. *Poultry Science*. 90:2740–

2746.

Youssef, I. M. I., A. Beineke, K. Rohn, and J. Kamphues. Effects of Litter Quality (Moisture, Ammonia, Uric Acid) on Development and Severity of Foot Pad Dermatitis in Growing Turkeys. 2011. *Avian Diseases*. 55:51-58.

Zhao, J., R. B. Shirley, J. J. Dibner, K. J. Wedekind, F. Yan, P. Fisher, T. R. Hampton, J. L. Evans, and M. Vazquez-Añon. 2016. Superior growth performance in broiler chicks fed chelated compared to inorganic zinc in presence of elevated dietary copper. *Journal of Animal Science and Biotechnology*. 7:13.

Zhao, J., R.B. Shirley, M. Vazquez-Anon, J.J. Dibner, J.D. Richards, P. Fisher, T. Hampton, K.D. Christensen, J.P. Allard and A.F. Giesen. 2010. Effects of chelated trace minerals on growth performance, breast meat yield, and footpad health in commercial meat broilers. *Journal of Applied Poultry Research*. 19:365–372.