

JORGE CUNHA LIMA MUNIZ

**AVALIAÇÃO DE MINERAIS DE FONTE ORGÂNICA EM SUBSTITUIÇÃO A  
MINERAIS DE FONTE INORGÂNICA EM RAÇÕES DE FRANGOS DE  
CORTE MANTIDOS EM DIFERENTES AMBIENTES TÉRMICOS**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do programa de Pós-Graduação em Zootecnia para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

VIÇOSA  
MINAS GERAIS - BRASIL  
2016

Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da Universidade  
Federal de Viçosa - Câmpus Viçosa

T

M966a  
2016

Muniz, Jorge Cunha Lima, 1986-

Avaliação de minerais de fonte orgânica em substituição a minerais de fonte inorgânica em rações de frangos de corte mantidos em diferentes ambientes térmicos / Jorge Cunha Lima Muniz. – Viçosa, MG, 2016.

x, 61f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Inclui anexo.

Orientador: Rita Flávia Miranda de Oliveira Donzele.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.

Inclui bibliografia.

1. Frangos de corte - Alimentação e rações. 2. Minerais na nutrição animal. 3. Frango de corte - Efeito da temperatura.

I. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Zootecnia. Programa de Pós-graduação em Zootecnia. II. Título.

CDD 22 ed. 636.51

JORGE CUNHA LIMA MUNIZ

**AVALIAÇÃO DE MINERAIS DE FONTE ORGÂNICA EM SUBSTITUIÇÃO A  
MINERAIS DE FONTE INORGÂNICA EM RAÇÕES DE FRANGOS DE CORTE  
MANTIDOS EM DIFERENTES AMBIENTES TÉRMICOS**

Tese apresentada à Universidade Federal  
de Viçosa, como parte das exigências do  
Programa de Pós-Graduação em  
Zootecnia, para obtenção do título de  
*Doctor Scientiae*.

APROVADA: 03 de novembro de 2016.



Rogério Pinto



Marcelo Dias da Silva



Juarez Lopes Donzele  
(Coorientador)



Luiz Euzébio Felício Albino  
(Coorientador)



Rita Flávia Miranda de Oliveira Donzele  
(Orientadora)

Dedico,

À Deus, sem o qual eu nada teria ou seria.

Aos meus pais, Mariluze e Paulo e ao meu irmão Thiago,  
pelo amor incondicional, apoio e confiança.

Às minhas avós Zenir e Emília, pelas preces e amor destinados a  
mim por todos estes anos.

A todos os meus outros familiares e amigos, que estiveram comigo em todos esses  
momentos, acreditando em mim e tornando meus dias mais felizes.

“Talvez não tenha conseguido fazer o melhor, mas lutei para que o melhor fosse feito.  
Não sou o que deveria ser mas, Graças a Deus, não sou o que era antes”

(Marthin Luther King)

## AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Viçosa onde mais uma vez me proporciona outra grande vitória.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de estudos, sem a qual não seria possível a execução deste trabalho.

À DSM pela confiança na realização da pesquisa e financiamento.

A professora Rita Flávia Miranda de Oliveira Donzele pela orientação e oportunidades, aprendizados e confiança depositados a mim desde o início dessa jornada.

Ao professor Juarez Lopes Donzele pelos ensinamentos, paciência, auxílio e sugestões.

Aos professores, Luiz Fernando Teixeira Albino, Marcelo Dias e Rogério Pinto pela colaboração no enriquecimento deste trabalho.

Aos funcionários do departamento de zootecnia e aos funcionários do setor de avicultura – DZO da UFV, em especial: Fernanda, Alda, Rosana, Adriano, Elísio, Zé Lino e Tãozinho pela amizade e companheirismo nessa jornada.

Aos amigos de equipe Amanda, Tarciso, Érika, Rodrigo, Lívia, Léo, Alexandre, Douglas, Sílvia, Maath, Jessica e Mariane pela dedicação e amizade necessárias para realização e sucesso deste trabalho.

Aos amigos de coração Macaé, Amanda, Érika, Rosana, Rafael e Tarciso por tamanha amizade, força, confiança, sinceridade e respeito.

Enfim, a todos aqueles que de alguma maneira, direta ou indiretamente, contribuíram para a conclusão deste trabalho, serei eternamente grato.

## **BIOGRAFIA**

Jorge Cunha Lima Muniz, filho de Paulo Cesar da Cunha Muniz e Mariluze Lima Muniz, nasceu em Cachoeiro do Itapemirim, Estado do Espírito Santo, no dia 24 de setembro de 1986.

Em maio de 2006, iniciou o curso de Graduação em Zootecnia pela Universidade Federal de Viçosa, colando grau em janeiro de 2011.

Em agosto de 2011 iniciou o curso de Mestrado em Zootecnia na Universidade Federal de Viçosa, concentrando seus estudos na área de Nutrição e Produção de Monogástricos.

Em 15 de março de 2013 submeteu-se à defesa da dissertação para obtenção do título de Magister Scientiae.

Em Abril de 2013, iniciou o Curso de Doutorado em Zootecnia, na área de Bioclimatologia Animal, na Universidade Federal de Viçosa – MG.

Em novembro de 2016, submeteu-se à defesa de tese para a obtenção do título de “Doctor Scientiae”.

## SUMÁRIO

	Págs.
RESUMO.....	vii
ABSTRACT.....	ix
INTRODUÇÃO.....	1
ARTIGO 1	
<b>Avaliação de minerais de fonte orgânica em substituição a minerais de fonte inorgânica em rações de frangos de corte de 1 a 42 dias de idade mantidos em ambiente termoneutro.....</b>	<b>2</b>
Resumo.....	3
Introdução.....	5
Material e Métodos.....	6
Resultados e Discussão.....	15
Conclusão.....	26
Referências Bibliográficas.....	27
ARTIGO 2	
<b>Avaliação de minerais de fonte orgânica em substituição a minerais de fonte inorgânica em rações de frangos de corte de 1 a 42 dias de idade mantidos em ambiente de estresse por calor.....</b>	<b>31</b>
Resumo.....	32
Introdução.....	34
Material e Métodos.....	36
Resultados e Discussão.....	45
Conclusão.....	54
Referências Bibliográficas.....	55

## RESUMO

MUNIZ, Jorge Cunha Lima, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, novembro de 2016. **Avaliação de minerais de fonte orgânica em substituição a minerais de fonte inorgânica em rações de frangos de corte mantidos em diferentes ambientes térmicos.** Orientadora: Rita Flávia Miranda de Oliveira Donzele. Coorientadores: Juarez Lopes Donzele e Luiz Fernando Teixeira Albino.

O presente experimento foi conduzido como objetivo de avaliar o efeito da substituição dos minerais de fonte inorgânica (MFI) por minerais de fonte orgânica (MFO) em diferentes concentrações no desempenho, características de carcaça, qualidade de carne, deposição mineral, morfometria intestinal, parâmetros séricos e integridade tecidual do coxim-plantar de frangos de corte de 1 a 42 dias de idade mantidos em ambiente de termoneutralidade e estresse por calor. Foram utilizados para os dois experimentos novecentos e dez pintos de cortes machos da linhagem COBB 500 (Quatrocentos e cinco para cada experimento) distribuídos em delineamento inteiramente casualizado e cada experimento foi constituído por cinco tratamentos, nove repetições e nove aves por unidade experimental. Os tratamentos consistiram de uma dieta controle, suplementada com premix de MFI com intuito de atender as recomendações nutricionais preconizadas pelo manual da COBB 500 e de quatro níveis de suplementação de premix contendo MFO em níveis correspondentes a 100, 80, 60 e 40% da concentração dos MFI utilizada na dieta controle. Aos 21 dias duas aves com peso corporal mais distante da média da unidade experimental foram retiradas dos experimentos com objetivo de proporcionar adequada densidade de criação. Os dados foram submetidos à análise de variância, sendo as médias contrastadas pelo teste Dunnett a 5% de probabilidade, considerando a dieta contendo MFI como o tratamento controle. Observou-se aumento no consumo de ração e no peso da carcaça de aves alimentadas com rações contendo 100, 80 e 60% de inclusão dos MFO. O ganho de peso, peso corporal aos 42 dias e conversão alimentar não foram influenciados pelos tratamentos. Não foi verificado efeito dos tratamentos sobre o rendimento de cortes nobres e parâmetros de qualidade de carne independente do ambiente térmico. A suplementação dos MFO, independente do nível utilizado, reduziu a concentração de malonaldeído no músculo do peito de frangos aos 14 dias de armazenamento, assim como a concentração plasmática de glutathiona oxidada aso 42 dias de idade tanto no ambiente termoneutro como no ambiente de estresse por calor. Observou-se maior concentração de zinco, cobre, manganês no fígado e das aves alimentadas com dietas contendo MFI em comparação as aves dos demais tratamentos.

Os níveis de 80, 60 e 40% dos MFO proporcionaram menor excreção de cobre, zinco e manganês quando comparados ao tratamento controle. A altura e vilosidade do duodeno foi superior nas aves alimentadas com dietas contendo MFO, independente do nível de suplementação, enquanto a altura de vilosidade do jejuno aumentou pelos níveis de MFO de 100, 80 e 60%. As aves alimentadas com dietas contendo MFO apresentaram menor percentual de lesões severas no coxim-plantar em comparação as aves alimentadas com MFI independente do ambiente térmico. O fornecimento de MFO em substituição aos MFI no nível de 40% promove adequado desempenho, características de carcaça e status antioxidante de frangos de corte aos 42 dias de idade mantidos em ambiente de termoneutralidade e de estresse por calor.

## ABSTRACT

MUNIZ, Jorge Cunha Lima, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, November, 2016. **Evaluation of organic mineral source in replacement to inorganic minerals in diets of broilers reared under different thermal environments.** Adviser: Rita Flávia Miranda de Oliveira Donzele. Co-Advisers: Juarez Lopes Donzele and Luiz Fernando Teixeira Albino.

This trial was conducted to investigate the effects of the replacement of trace minerals in inorganic (MFI) form by organic trace minerals (MFO) at different concentrations on performance, carcass and meat quality traits, carcass mineral deposition, intestinal morphometry, serum parameters and foot pad score of broilers reared under thermoneutral conditions. A total of four hundred-five 1-d-old COBB 500 male broiler chicks were randomly assigned to one of five treatments with nine replicates of nine chicks each. The treatments consisted of a control diet supplemented with MFI form to meet genetic guideline recommendations and four levels of MFO premix correspondent to 100, 80, 60 and 40% of trace minerals concentration of control diet. At 21 d of age, two broilers chicks of every cage, with body weight more distant to average body weight of their respective cage, were retired from the experiment to provide to birds adequate stocking density. Throughout the trial birds were exposed to air temperature and relative air humidity described as ideal by genetic strain guideline. Data were analyzed as one-way ANOVA and means were compared by Dunnett test, considering broiler fed MFI as the control group. Significant effects were considered at  $p \leq 0.05$ . Broilers given diets supplemented with 100, 80 and 60% of MFO showed higher ( $p < 0.05$ ) feed intake compared with control group. Weight gain, body weight at 42 d of age and feed conversion rate were not affected ( $p > 0.05$ ) by treatments. Neither cut yields nor meat quality traits were affected by experimental treatments ( $p > 0.05$ ). MFO, regardless of the supplemented level decreased ( $p < 0.05$ ) malondialdehyde concentration in breast muscle after 14 days of storage, as well as decreased ( $p < 0.05$ ) plasmatic oxidized glutathione concentration in broilers at 42 d of age. Broiler fed control diet showed higher ( $p < 0.05$ ) liver zinc, copper, manganese concentration compared with broiler fed different MFO levels. MFO supplementation at 80, 60 and 40% of MFI reduced ( $p < 0.05$ ) excretion of zinc, copper and manganese compared with control group. Duodenum villus height was higher ( $p < 0.05$ ) in broilers fed MFO source, regardless of the supplemented level, whereas jejunum villus height was higher ( $p < 0.05$ ) in broilers fed 100, 80 and 60% of MFO. At all levels of supplementation, MFO reduced ( $p < 0.05$ ) percentage of severe foot

pad injuries compared with control group. The dietary supply of MFO at the level of 40% of MFI warrants adequate performance, carcass traits and antioxidant status of 42-d-old broilers reared under thermoneutral and heat stress conditions.

## INTRODUÇÃO

Atualmente, mudanças no padrão genético das aves destinadas a produção de carne tem contribuído para que altos índices produtivos sejam alcançados. Entretanto, diante desse cenário, a nutrição deve ocorrer de forma a permitir o máximo desenvolvimento desses animais.

Segundo Sechinato (2003), para se obter uma nutrição adequada é necessário que as aves recebam quantidades suficientes de nutrientes, os quais podem ser divididos em: carboidratos, lipídios, proteínas, vitaminas e minerais.

Os minerais são considerados imprescindíveis ao organismo, pois fazem parte da constituição dos ossos, penas, músculos, sangue e células nervosas além de manter o equilíbrio hídrico e participar de diversos processos bioquímicos corporais (Lewis, 2000). Além disso, constituem parte importante do organismo animal, representando 3 a 4% do peso vivo dos mesmos (Bertechini, 2006).

As fontes mais comumente utilizadas na nutrição animal são as fontes inorgânicas (sulfatos, carbonatos, óxidos, cloretos e fosfatos). Contudo, nos últimos anos tem-se observado maior interesse no uso de quelatos ou minerais orgânicos que, embora produzidos desde a década de 70 pelas indústrias, a utilização é recente.

Segundo Kiefer (2005) e Caniatto (2011) a importância da utilização dos minerais orgânicos, está baseada em ações específicas a nível celular além da maior biodisponibilidade em relação aos minerais inorgânicos. De acordo com Van der Klis & Kemme (2002) e Brito et al. (2006), devido a maior estabilidade e biodisponibilidade, esses compostos podem favorecer o desempenho das aves, melhorar a qualidade da carne e reduzir a excreção de minerais que, potencialmente poluem o meio ambiente. Contudo, os estudos com minerais orgânicos ainda são escassos e a variação observada nos resultados obtidos sugere que mais pesquisas devem ser realizadas.

Frente à importância metabólica dos minerais este trabalho é proposto para avaliar o efeito da utilização dos minerais de fonte orgânica em substituição a minerais de fonte orgânica em rações de frangos de corte mantidos em diferentes ambientes térmicos.

Artigo 1 – Formatado de acordo com as normas da revista Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition

**Avaliação de minerais de fonte orgânica em substituição a minerais de fonte inorgânica em rações de frangos de corte de 1 a 42 dias de idade mantidos em ambiente termoneutro**

Department of Animal Science, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, Brazil.

Correspondência ao autor: [jorge.limamuniz@hotmail.com](mailto:jorge.limamuniz@hotmail.com)

## RESUMO

O presente experimento foi conduzido para avaliar o efeito da substituição dos minerais de fonte inorgânica (MFI) por minerais de fonte orgânica (MFO) em diferentes concentrações no desempenho, características de carcaça, qualidade de carne, deposição mineral, morfometria intestinal, parâmetros séricos e integridade tecidual do coxim-plantar de frangos de corte mantidos em ambiente de termoneutralidade no período de 1 a 42 dias de idade. Quatrocentos e cinco pintos de corte machos da linhagem COBB 500 foram distribuídos em delineamento inteiramente casualizado constituído por cinco tratamentos, nove repetições e nove aves por unidade experimental. Os tratamentos consistiram de uma dieta controle, suplementada com premix de MFI com intuito de atender as recomendações nutricionais preconizadas pelo manual da COBB 500 e de quatro níveis de suplementação de premix MFO em níveis correspondentes a 100, 80, 60 e 40% da concentração dos minerais utilizada na dieta controle. Aos 21 dias duas aves com peso corporal mais distante da média da unidade experimental foram retiradas do experimento com objetivo de proporcionar adequada densidade de criação. Durante a condução do experimento as aves foram expostas a média de temperatura ambiente e umidade relativa do ar correspondente ao descrito como ideal pelo manual da linhagem. Os dados foram submetidos à análise de variância, sendo as médias contrastadas pelo teste Dunnett a 5% de probabilidade, considerando a dieta contendo MFI como o tratamento controle. Observou-se aumento no consumo de ração e no peso da carcaça de aves alimentadas com rações contendo 100, 80 e 60% de inclusão dos MFO. O ganho de peso, peso corporal aos 42 dias e a conversão alimentar não foram influenciados pelos tratamentos. Não foi verificado efeito dos tratamentos no rendimento de cortes nobres e nos parâmetros de qualidade de carne. A suplementação de MFO, independente do nível utilizado, reduziu a concentração de malonaldeído no músculo do peito de frangos aos 14 dias de armazenamento, assim como a concentração plasmática de glutatona oxidada aos 42 dias de idade. Observou-se maior concentração de zinco, cobre, manganês no fígado das aves alimentadas com dietas contendo MFI em comparação às aves dos demais tratamentos. Os níveis de MFO de 80, 60 e 40% proporcionaram menor excreção de cobre, zinco e manganês quando comparados ao tratamento controle. A altura e vilosidade do duodeno foi superior nas aves alimentadas com dietas contendo minerais orgânicos, independentemente do nível de suplementação, enquanto a altura de vilosidade do jejuno foi aumentada pelos níveis de minerais orgânicos de 100, 80 e 60%. As aves alimentadas

com dietas contendo MFO apresentaram menor percentual de lesões severas no coxim-plantar em comparação as aves do tratamento controle. O fornecimento de MFO em substituição aos inorgânicos no nível de 40% promove adequado desempenho, características de carcaça e status antioxidante de frangos de corte aos 42 dias de idade mantidos em ambiente de termoneutralidade.

## INTRODUÇÃO

Os minerais desempenham papel fundamental na homeostase do organismo animal, uma vez que atuam como componentes estruturais de órgãos e tecidos do corpo, constituintes de fluidos na forma de eletrólitos e catalisadores de processos enzimáticos e hormonais (Lima, 2011). Exigidos em menor concentração pelos animais, os microminerais atuam na modulação do sistema imune, na reprodução e no metabolismo de macromoléculas orgânicas como carboidratos, lipídios e proteínas, tornando-se indispensáveis para o crescimento de aves e suínos. Embora comprovada a essencialidade de tais elementos na nutrição animal, estudos visando a determinação de sua exigência para animais monogástricos nas últimas décadas são escassos e não despertam o mesmo interesse, quando comparados aos demais macrominerais como cálcio e fósforo. No entanto, sua deficiência ou excesso, acarretam uma série de alterações bioquímicas, fisiológicas, levando ao surgimento de desordens metabólicas.

Tradicionalmente a suplementação de microminerais em rações ocorre via inclusão de sulfatos, carbonatos, cloretos e óxidos em função do custo reduzido e maior disponibilidade de aquisição de tais fontes. Entretanto, o aumento da excreção mineral decorrente da intensificação da produção de proteína de origem animal, tem orientado pesquisas na busca por fontes alternativas de maior biodisponibilidade e, portanto, menor impacto ambiental. Pesquisas indicam que a ligação de minerais com moléculas orgânicas confere a estes minerais maior estabilidade no armazenamento, maior biodisponibilidade no trato gastrointestinal e maior captação pelas células e tecidos do corpo, fato que confere aos produtos finais, neste caso carne e ovos, maior estabilidade de armazenamento e qualidade.

Frente à importância metabólica dos minerais este trabalho é proposto para avaliar o efeito da utilização dos minerais de fonte inorgânica por fontes orgânicas em diferentes concentrações no desempenho, características de carcaça, qualidade de carne, deposição mineral, morfometria intestinal, parâmetros séricos e integridade tecidual do coxim plantar de frangos de corte mantidos em ambiente de termoneutralidade no período de 1 a 42 dias de idade.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Departamento de Zootecnia, do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa, MG.

O protocolo utilizado nesse estudo foi revisado e aprovado pelo Comissão de Ética no Uso de Animais de Produção (CEUAP-UFV) da Universidade Federal de Viçosa (Minas Gerais, Brasil), processo nº 116/2014, estando de acordo com os princípios éticos da experimentação animal, estabelecido pelo Colégio Brasileiro de Experimentação Animal (COBEA, 1991), e com a legislação vigente.

### **Animais e Alojamento**

Foram utilizados 405 pintos de corte machos da linhagem Cobb500 (empenamento lento), vacinados contra doença de Marek, adquiridos do incubatório comercial (Rio Branco Alimentos S/A, Pará de Minas, MG, Brasil). As aves foram pesadas e alojadas em câmaras climáticas, no período de 1 a 42 dias de idade, em gaiolas de metal revestidas por material plástico, com piso de plástico telado, providas de comedouro tipo calha de (Largura x Comprimento x Profundidade; 83,0 x 9,4 x 5,5cm) de PVC (policloreto de polivinila) e bebedouro tipo nipple. As câmaras climáticas foram ajustadas para proporcionarem temperatura e umidade relativa preconizadas de acordo com o guia de gerenciamento de frangos de corte Cobb (Cobb Vantress Inc., 2012). As condições ambientais das câmaras climáticas foram monitoradas diariamente, duas vezes ao dia (7h00min e 18h00min), por meio de termômetros de bulbo seco, bulbo úmido e de globo negro (Incoterm Ind. de Termômetros Ltda., Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil) mantidos no centro de cada câmara. Posteriormente, esses dados foram convertidos no índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU), como proposto por Buffington et al. (1981).

Os valores de ITGU calculados confirmam as condições de termoneutralidade às quais as aves foram submetidas ao longo do período experimental (Tabela 2). Esta proposição está fundamentada nos relatos de Medeiros et al. (2005) e Santos et al. (2009), que caracterizaram o ambiente com ITGU entre 80 a 86; 74 a 80; 69 a 77 como termoneutro para frangos de corte durante as fases de 1 a 7; 8 a 21 e de 22 a 42 dias, respectivamente.

Tabela 1. Médias da temperatura, da umidade relativa do ar e do ITGU calculados no período de 1 a 42 dias de idade.

Idade (dias)	Temperatura do ar (°C)	Umidade relativa do ar (%)	ITGU
01-07	32,1 ± 0,93	68 ± 7,5	82 ± 1,2
08-21	28,8 ± 1,08	72 ± 6,0	78 ± 1,5
22-33	25,9 ± 0,52	82 ± 6,7	76 ± 2,3
34-42	23,2 ± 0,98	77 ± 8,7	72 ± 1,6

O programa de luz adotado durante todo o período experimental foi o contínuo (24 horas de luz artificial), com utilização de lâmpadas fluorescentes de 45 W por câmara. A mortalidade foi verificada duas vezes por dia para ajustar o consumo de ração, o ganho de peso e a conversão alimentar das aves. O número de aves mortas, as sobras de ração e o peso das aves restantes nas gaiolas foram utilizados para corrigir os parâmetros de desempenho.

### **Delineamento experimental e tratamentos**

Os pintos com peso inicial de  $44,0 \pm 0,17$ g foram distribuídos em delineamento experimental inteiramente casualizado com cinco tratamentos, nove repetições e nove aves por unidade experimental. Os tratamentos ficaram assim constituídos:

- Minerais de fonte inorgânica (MFI): minerais de fonte inorgânica (sulfato de ferro, sulfato de manganês, sulfato de zinco, sulfato de cobre e selenito de sódio) de acordo com as recomendações da linhagem Cobb;
- Minerais de fonte orgânica (MFO) – Premix Microave Mixgold CQT: minerais de fonte orgânica (carbo-amino-fosfoquelato de ferro, carbo-amino-fosfoquelato de manganês, carbo-amino-fosfoquelato de zinco, carbo-amino-fosfoquelato de cobre, carbo-amino-fosfoquelato de selênio) em níveis correspondentes a 100% das concentrações dos minerais inorgânicos utilizados no MFI;
- MFO 80%: minerais de fonte orgânica em níveis correspondentes a 80% das concentrações dos minerais inorgânicos utilizados no MFI;
- MFO 60%: minerais de fonte orgânica em níveis correspondentes a 60% das concentrações dos minerais inorgânicos utilizados no MFI;
- MFO 40%: minerais de fonte orgânica em níveis correspondentes a 40% das concentrações dos minerais inorgânicos utilizados no MFI.

Na tabela 2 está apresentada a composição dos premixes minerais utilizados nos diferentes tratamentos.

Tabela 2 - Composição do premix mineral.

Níveis/ kg produto		MFI	MFO	MFO 80%	MFO 60%	MFO 40%
Fe	mg	40,00	40,00	32,00	24,00	16,00
Mn	mg	100,00	100,00	80,00	60,00	40,00
Zn	mg	100,00	100,00	80,00	60,00	40,00
Cu	mg	15,00	15,00	12,00	9,00	6,00
Se	mg	0,30	0,30	0,24	0,18	0,12
I*	mg	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Fitase	FYT	333.400	333.400	333.400	333.400	333.400

\*Iodo (iodato de cálcio).

MFI: Minerais de fonte inorgânica.

MFO: Minerais de fonte orgânica.

As rações foram formuladas seguindo as recomendações de Rostagno et al. (2011) para as fases de 1 a 7, 8 a 21, 22 a 33 e 34 a 42 dias de idade (Tabela 3). A inclusão do premix foi de 1kg/tonelada de ração para todos os tratamentos. Aos 21 dias de idade, duas aves de cada gaiola, com pesos mais distantes da média da gaiola ( $\pm 10\%$ ), foram retiradas, permanecendo um total de 315 aves no experimento. Esta retirada de animais foi realizada para ajustar à densidade animal em cada gaiola. O fornecimento das rações experimentais e de água às aves foi à vontade durante todo o estudo. A unidade experimental foi representada pela gaiola.

Durante a realização do experimento, foram observados e avaliados os seguintes parâmetros:

#### ***Consumo de ração***

Ao final do período experimental (42 dias) o consumo de ração foi calculado pela diferença entre o total de ração fornecido e as sobras de ração dos comedouros de cada unidade experimental.

#### ***Ganho de peso***

Todas as aves foram pesadas no início e aos 42 dias de idade, para determinação do ganho de peso.

## Conversão alimentar

A conversão alimentar foi calculada dividindo-se o consumo de ração pelo ganho de peso corporal acumulado no período.

Tabela 3 – Composições centesimal e calculada das rações experimentais.

Ingrediente (%)	Tratamento			
	1-7	8-21	22-33	34-42
Milho (7,8%)	48,687	53,637	59,243	62,417
Farelo de soja (45%)	43,621	38,578	32,665	29,769
Óleo de soja	3,493	3,921	4,352	4,468
Fosfato bicálcico	1,864	1,565	1,422	1,140
Calcário	0,913	0,926	0,830	0,780
Sal comum	0,508	0,483	0,457	0,445
DL – Metionina (99%)	0,326	0,290	0,291	0,262
L-Lisina HCl (78,5%)	0,143	0,160	0,230	0,228
L-Treonina (98,5%)	0,050	0,045	0,069	0,059
L-Valina (96,5%)	0,000	0,000	0,046	0,037
Suplemento mineral <sup>1</sup>	0,100	0,100	0,100	0,100
Suplemento vitamínico <sup>2</sup>	0,100	0,100	0,100	0,100
Coccidiostático <sup>3</sup>	0,050	0,050	0,050	0,050
Cloreto de colina 60%	0,125	0,125	0,125	0,125
Promotor de crescimento <sup>4</sup>	0,010	0,010	0,010	0,010
Antioxidante <sup>5</sup>	0,010	0,010	0,010	0,010
<b>Total</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>
<b>Composição calculada<sup>6</sup></b>				
EMA (kcal/kg)	2.960	3.050	3.150	3.200
Proteína bruta (%)	23,927	22,028	19,917	18,824
Metionina + cistina Digestível (%)	0,953	0,875	0,826	0,775
Lisina Digestível (%)	1,324	1,217	1,131	1,060
Treonina Digestível (%)	0,861	0,791	0,735	0,689
Triptofano Digestível (%)	0,277	0,250	0,219	0,204
Arginina Digestível (%)	1,548	1,405	1,237	1,156
Glicina + serina Digestível (%)	2,024	1,853	1,652	1,556
Valina Digestível (%)	1,020	0,937	0,882	0,827
Isoleucina Digestível(%)	0,954	0,869	0,769	0,721
Leucina Digestível (%)	1,829	1,713	1,575	1,511
Histidina Digestível (%)	0,590	0,544	0,490	0,464
Sódio (%)	0,220	0,210	0,200	0,195
Cálcio (%)	0,920	0,841	0,758	0,663
Fósforo Digestível (%)	0,398	0,352	0,324	0,284

<sup>1</sup> Referente aos tratamentos descritos na Tabela 2.

<sup>2</sup> Composição por kg de produto: vit. A, 5.600.000 UI; vit. D3, 1.200.000 UI; vit. E, 10.000 UI; vit. B1, 1.550 mg; vit B2, 4.000 mg; vit. B6, 2.080 mg; ácido pantotênico, 10.400 mg; vit K3, 1.200 mg; ácido fólico, 650 mg; niacina, 28.000 mg; vit B12, 8.000 µg e antioxidante, 0,50 g.

<sup>3</sup> Salinomicina sódica – 60 ppm.

<sup>4</sup> Surmax – 10 ppm.

<sup>5</sup> Hidroxibutiltolueno – BHT.

<sup>6</sup> Valores calculados com base na composição nutricional das matérias primas (Rostagno et al., 2011).

### ***Rendimento de carcaça***

Aos 42 dias de idade, três aves de cada unidade experimental (27 aves/tratamento) com os pesos mais próximos da média de cada unidade experimental (5% acima ou abaixo da média) foram abatidas para determinação do rendimento (%). Assim foi considerado o peso da carcaça limpa e eviscerada, sem pés e cabeça em relação ao peso vivo em jejum. Para os cortes nobres (peito, coxa+sobrecoxa, asas, dorso e percentual de gordura abdominal) os cálculos dos rendimentos foram feitos em relação ao peso da carcaça eviscerada.

### ***Qualidade de carne***

As análises de qualidade de carne das aves seguiram as metodologias descritas por Ramos & Gomide (2007). Foram realizadas as seguintes análises: determinação de pH, coloração, perda de água por gotejamento, perda de água por descongelamento, perda de água por cozimento, força de cisalhamento e concentração de malonaldeído.

Para análise de pH, foi utilizada uma ave de cada unidade experimental (9 amostras/tratamento). Após o abate com a carcaça devidamente limpa, eviscerada e depenada foi mensurado o pH (pH inicial) a 15 minutos após o abate em três pontos distintos do lado esquerdo do músculo do peito, utilizando-se um peagâmetro portátil marca Testo® 205. Em seguida, estas carcaças foram identificadas e mantidas em câmara frigorífica por 24 horas à temperatura de 4°C, para nova aferição do pH final (pH final) utilizando o mesmo peagâmetro. Em seguida, foi realizada a avaliação da coloração da por meio de colorímetro da marca KONICA MINOLTA modelo CR300. Foram avaliadas as características **L\*** (luminosidade– nível de escuro a claro), **a\*** (intensidade de vermelho/verde) e **b\*** (intensidade de amarelo/azul), com três repetições por ponto, em três diferentes regiões da parte interna do lado esquerdo dos músculos do peito (*pectoralis major*), coxa e sobrecoxa nas regiões superior, média e inferior após exposição ao ar por 30 minutos da superfície de leitura da carcaça.

Para análise de perda de água por gotejamento (PAG) foi retirado um fragmento do músculo do peito (*pectoralis major*) do lado direito de uma ave de cada unidade experimental (9 amostras/tratamento). Seguindo a metodologia descrita por Ramos & Gomide (2007), os fragmentos, com peso de 80 a 100 g, foram colocados em uma embalagem primária (rede) e em sequência acondicionado em uma embalagem secundária (saco plástico de polietileno). Em seguida estes foram dependurados dentro

de um refrigerador por 48 horas à temperatura controlada de 4 a 8°C. Após este período, as amostras foram novamente pesadas. O valor da PAG (%) foi obtido pela diferença do peso inicial da amostra e o peso da amostra após 48 horas, sendo essa diferença dividida pelo peso inicial da amostra e posteriormente multiplicada por 100.

Para determinação da perda de líquido por descongelamento (PAD) foram utilizados os músculos do peito (*pectoralis major*) do lado direito e esquerdo de uma ave de cada unidade experimental (18 amostras/tratamento). As amostras foram pesadas e em seguida embaladas individualmente em sacos plásticos devidamente identificados e armazenados a -20°C. Após 48 horas, as amostras foram descongeladas e novamente pesadas. O cálculo para determinar a PAD (%) foi obtido pela diferença do peso inicial da amostra e o peso da amostra após o descongelamento, sendo essa diferença dividida pelo peso inicial da amostra e posteriormente multiplicada por 100.

Em seguida, as amostras de peito foram colocadas em chapa elétrica de modelo comercial, com aquecimento, por aproximadamente 10 minutos a 180°C até que o interior do peito atingisse 80°C. Ao estabilizar o peito em temperatura ambiente, a amostra foi pesada novamente, obtendo assim o peso após o cozimento. O valor da perda de água por cozimento PAC (%) foi obtido pela diferença do peso inicial da amostra e o peso da amostra após o cozimento, sendo essa diferença dividida pelo peso inicial da amostra e posteriormente multiplicada por 100.

A análise de força de cisalhamento foi realizada com os mesmos filés utilizados na análise de determinação da perda de peso por cozimento. Para tanto, as amostras foram aparadas e cortadas em três retângulos (1,0 x 1,0 x 1,3 cm). A análise acima descrita foi realizada utilizando um texturômetro TAXT2i, acoplado com a probe *Warner-Bratzler Shear Force* – mecânico, com capacidade de 20 kg e velocidade do seccionador de 20 cm/minuto, fornecendo a medida da força de cisalhamento (FC) da amostra, em quilograma força (kgf.cm<sup>2</sup>).

Para determinação de malonaldeído (MDA) foi utilizado o músculo do peito (*pectoralis major*) do lado esquerdo de uma ave de cada unidade experimental (9 amostras/tratamento). As amostras foram embaladas com papel filme em bandejas identificadas de polietileno, em seguida as amostras foram submetidas à condição de armazenamento em refrigerador a 4°C em três diferentes tempos (0, 7 e 14 dias). Ao completarem os tempos de armazenamento acima citados, as amostras do músculo do peito foram moídas em um processador. Em seguida, uma alíquota de 10 gramas foi retirada do material processado e adicionada a um tubo contendo 20 ml de TCA (ácido

tricloroacético). Após serem homogeneizadas, as amostras foram centrifugadas em centrífuga refrigerada (4°C) a 4000 rpm por 30 minutos. Após a centrifugação, as amostras foram filtradas, descartando-se o precipitado. Em seguida 2ml do filtrado foi adicionado em um tubo próprio juntamente com 2 ml de ácido tiobarbitúrico (TBA). Em seguida os tubos foram submetidos ao banho-maria por 20 minutos, após esse período, os mesmos foram retirados e a solução neles contida foi analisada em espectrofotometro a 532 nm. Para obtenção da curva padrão, foi utilizado o TEP (1, 1', 3, 3'' Tetratoxipropano) em diferentes alíquotas (10 a 100 µl) adicionado a uma solução de 5 ml de TBA com 5 ml de água destilada, colocado em banho-maria à 100°C por 35 minutos e lido em espectrofotômetro à 532 nm.

### ***Deposição mineral***

Foi mensurada a concentração de minerais (Fe, Zn, Cu, Mn, Ca, P) na tíbia, peito e fígado de duas aves de cada unidade experimental (18 amostras/tratamento) e a na carcaça inteira de uma ave de cada unidade experimental (9 amostras/tratamento). A ave foi abatida por deslocamento cervical e foi retirada apenas as penas. As amostras foram processadas segundo as metodologias descritas por Silva e Queiroz (2002) e enviadas para o laboratório de pesquisa do centro experimental de Mairinque/SP.

### ***Excreção mineral***

Para determinação da excreção de minerais (Fe, Zn, Cu, Mn, Ca e P) as aves foram submetidas no período de 30 aos 33 dias de idade a coleta total de excretas. Para isso, as gaiolas foram providas com bandejas metálicas cobertas com plástico. A coleta de excretas foi realizada às 7:00 e 17:00 horas. Todo material coletado foi acondicionado em sacos plásticos devidamente identificados e armazenados em congelador. Ao final do período de coleta as excretas foram descongeladas, pesadas e homogeneizadas. Uma amostra representativa de 250 gramas foi retirada e levada a estufa de ventilação forçada, à temperatura de 60°C, durante 72 horas, para a pré-secagem. As amostras foram processadas e em enviadas para as análises dos minerais no laboratório de pesquisa do centro experimental de Mairinque/SP. Durante o período de coleta foi contabilizada a quantidade de ração consumida por unidade experimental. O valor da retenção mineral (RM) (%), foi obtido pela diferença entre a ingestão e a excreção dos minerais, sendo essa diferença dividida pela ingestão dos minerais e, posteriormente, multiplicada por 100, como descrito por Sakomura & Rostagno (2007).

### ***Morfometria Intestinal***

Aos 42 dias de idade foram coletados, de duas aves por repetição (18 amostras/tratamento), segmentos do duodeno, jejuno e íleo para confecção de lâminas histológicas para medição de altura de vilosidade, profundidade de cripta e relação vilosidade:cripta. As porções coletadas foram enviadas ao Laboratório de Histologia do Departamento de Medicina Veterinária da Universidade Federal de Viçosa, para a realização dos cortes histológicos e montagem de lâminas. Os cortes histológicos foram lavados em solução fisiológica, fixado em BOUIN por 24 horas, desidratados em álcool etílico, diafanizados em xilol e incluídos em parafina. Em cada lâmina foram colocadas duas secções da mucosa intestinal com 5µm de espessura. As lâminas foram colocadas novamente em solução de xilol para retirar o excesso de parafina e novamente hidratadas. Os corantes utilizados foram a hematoxilina e a eosina. Depois de coradas, as lâminas foram novamente desidratadas. Para a realização das leituras morfométricas, foi utilizado o microscópio óptico OLYMPUS BX50 com ampliação de 10x acoplado ao analisador de imagem "*Image-Pro Plus 1.3.2*" (1994). Foram selecionadas e medidas as alturas de 30 vilosidades e suas respectivas 30 criptas, bem orientadas e seccionadas longitudinalmente.

### ***Análises Sanguíneas***

Para análise de atividade enzimática, foram coletadas amostras de sangue de duas aves por unidade experimental (18 amostras/tratamento) para determinação da atividade das enzimas superóxido dismutase (SOD), glutathiona oxidada (GSSG), catalase (CAT), capacidade antioxidante total (TAC) e ceruloplasmina (CP). As coletas de sangue foram realizadas por meio de punção cardíaca, sendo colhidos 10 mL de sangue de cada ave com auxílio de uma seringa e agulha. Para extração do plasma, a alíquota do sangue foi transferida para tubo vacutainer com anticoagulante (EDTA) e centrifugada a 3.500 rpm durante 10 minutos. Para obtenção do concentrado de eritrócitos, uma parte do sangue (500 µL) foi centrifugado por quatro vezes a 3.200 rpm, durante 10 minutos, com sucessivas lavagens utilizando 3 mL de solução salina a 0,9 %, removendo o sobrenadante em cada lavagem a fim de obter somente a massa de hemácias. Todas as amostras de sangue processadas foram congeladas à temperatura de -80°C para posterior análise. A análise da atividade da enzima CAT, CP e as dosagens da concentração de TAC e GSSG foram realizadas no plasma das aves de acordo com as recomendações dos kits Enzo Life

Science Ltda e Genese produtos diagnósticos Ltda., respectivamente. Os testes para avaliar a atividade da SOD, foram realizados nos eritrócitos, como descrito na metodologia do Kit (Randox Laboratories Ltda), sendo as análises realizadas no equipamento automático para bioquímica, marca Mindray, modelo: BS200E.

### ***Integridade tecidual do coxim plantar***

Para análise de integridade tecidual de coxim plantar, foi utilizado o pé direito de duas aves de cada unidade experimental (18 amostras/tratamento) e avaliado por um único examinador para atribuição dos escores de lesões de coxim plantar, conforme adaptação metodológica descrita por Zhao et al. (2010). A avaliação baseou-se em 3 tipos de escore (Figura 1): Escore 0 – Coxim plantar sem lesões aparentes; Escore 1 – Coxim plantar com lesões brandas e Escore 2 – Coxim plantar com lesões severas.

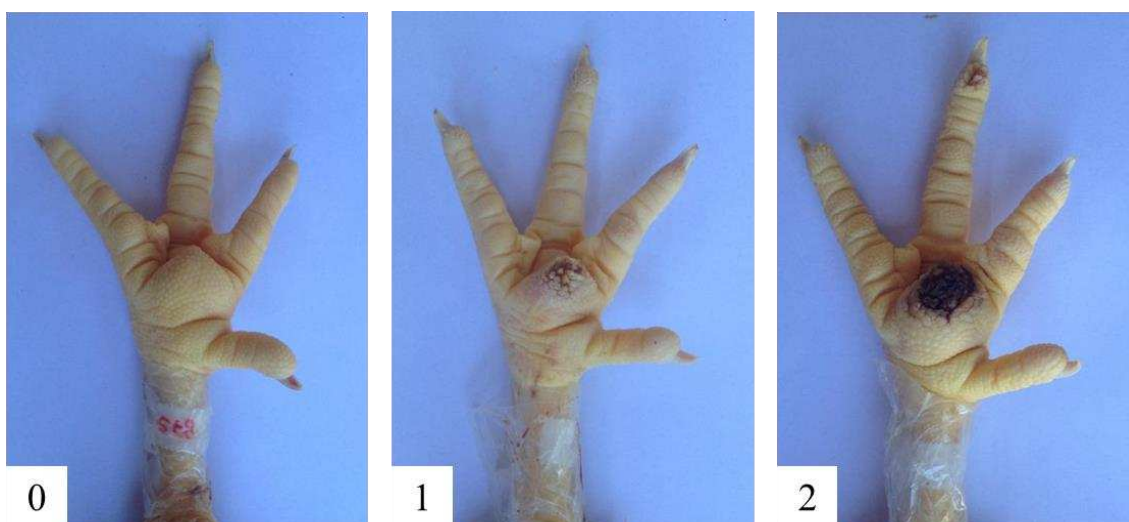


Figura 1. Avaliação de escore de coxim plantar. Escore 0: Coxim plantar sem lesões aparentes; Escore 1: Coxim plantar com lesões brandas e Escore 2: Coxim plantar com lesões severas.

### ***Análise Estatística***

As análises estatísticas dos dados obtidos foram realizadas utilizando-se o Sistema de Análises Estatística e Genética – (SAS, 1999), versão 9.1, e as médias dos parâmetros foram comparadas pelo teste Dunnet, ao nível de 5% de probabilidade.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A utilização de MFO em substituição aos MFI nas concentrações de 100, 80 e 60%, influenciou positivamente ( $P < 0,05$ ) o consumo de ração (CR) das aves que aumentou em média 6,42% (Tabela 4). Em estudos conduzidos com frangos de corte aos 42 dias de idade, Bao et al. (2010) também verificaram que a suplementação de cobre, zinco, ferro e manganês de fonte orgânica nas respectivas concentrações 4, 30, 30 e 30 ppm, aumentaram o consumo de ração das aves, quando comparados aos MFI nas mesmas concentrações.

Segundo Nishiyama et al. (1994), o aumento do consumo de ração pelas aves pode estar relacionado ao aumento da produção de triiodotironina (T3), hormônio derivado da tiroxina (T4) cuja conversão é regulada pelas iodotironinas deiodinases tipo I e II. A primeira é uma enzima dependente de selênio, e a deiodinase tipo II é uma proteína dependente de zinco. Os hormônios tireoideanos têm sido considerados os mais importantes no controle dos processos metabólicos das aves, influenciando o crescimento e a eficiência alimentar dos animais (Lawrence & Foller, 1997).

Choupani et al. (2014) observaram maior concentração de T3 no plasma de frangos de corte aos 28 dias de idade, quando alimentados com rações com 3 ppm de selênio orgânico (selênio metionina e selênio levedura) comparado ao selenito de sódio na mesma concentração.

Apesar da variação significativa ocorrida na ingestão voluntária de alimentos pelas aves, não se observou efeito ( $P > 0,05$ ) da utilização dos MFO em substituição aos MFI nos demais parâmetros de desempenho avaliados (peso corporal, ganho de peso e conversão alimentar). Assim, pode-se inferir, que o aumento médio não significativo de 4,27% observado no ganho de peso, que ocorreu em razão do aumento do consumo de ração, pode justificar o fato da conversão alimentar não ter variado entre os tratamentos. Esses resultados estão coerentes com os obtidos por Leeson (2008), Vieira et al. (2011) e Aksu et al. (2011a), que ao avaliarem a suplementação de MFO em diferentes concentrações em comparação aos MFI na ração de frangos de corte, nas diferentes fases de criação, também não observaram diferenças significativas no desempenho das aves.

Em relação ao rendimento de carcaça, a utilização dos MFO em concentrações equivalentes a 100, 80 e 60% da fonte inorgânica, resultou em aumento ( $P < 0,05$ ) médio de 8,14% no peso da carcaça (Tabela 5). Estes resultados estão coerentes com os relatados por Zhao et al. (2010), que observaram maior peso de carcaça de frangos de corte aos 51

dias de idade, alimentados com rações suplementadas com MFO (Zn, 80 ppm; Cu, 8 ppm; Mn, 120 ppm), quando comparado aos MFI nas mesmas concentrações. El-Husseiny et al. (2012) também verificaram que a utilização dos níveis parciais (50%) de fontes inorgânicas de Zn (ZnO), Mn (MnO) e Cu (CuSO<sub>4</sub>) por fontes orgânicas dos mesmos microelementos melhoraram o peso da carcaça de frangos de corte aos 35 dias de idade.

Tabela 4. Consumo de ração (CR), peso corporal aos 42 dias de idade (PC42), ganho de peso (GP) e conversão alimentar (CA) de frangos de corte alimentados com rações em que os minerais de fonte inorgânica foram substituídos pelos minerais de fonte orgânica em diferentes concentrações.

Variáveis	MFI	MFO				P-valor	CV
		100%	80%	60%	40%		
P42 (g)	2879	2993	3004	3003	2959	0,335	3,89
CR (g)	3814b	4044a	4068a	4038a	3906b	0,042	4,24
GP (g)	2835	2949	2960	2959	2915	0,332	3,93
CA	1,347	1,371	1,384	1,365	1,341	0,735	4,74

a,b: médias dos tratamentos seguidas por letras diferentes na mesma linha diferem da FMI pelo teste de Dunnett ( $P < 0,05$ ).

MFI: Minerais de fonte inorgânica.

MFO: Minerais de fonte orgânica.

CV(%): Coeficiente de variação.

Estes resultados, de acordo com Bao et al. (2010) e Yu et al. (2005), podem estar relacionados ao aumento da concentração de zinco nas rações, que em comparação ao cobre, ferro e manganês, é o principal mineral responsável pela síntese proteica, por participar como um cofator das enzimas RNA polimerase, transcriptase reversa e fator de transcrição IIIA que estão associadas à síntese de DNA e RNA nas células. Além disso, o zinco também pode influenciar a regulação hormonal da divisão celular, especialmente via hormônio do crescimento (GH) e fator I do crescimento dependente de insulina (IGF-I) atuando na proliferação celular (MacDonald, 2000).

Os valores de peso relativo do peito, da sobrecoxa e da coxa das aves não variaram ( $P > 0,05$ ) entre os tratamentos. De forma consistente a estes resultados, Manangi et al. (2012) e Sirri et al. (2016), também não observaram variação significativa no rendimento dos cortes nobres dos frangos de corte respectivamente, aos 42 e aos 31 e 51 dias de idade em função da utilização de MFO em comparação aos MFI em diferentes concentrações.

Tabela 5. Peso da carcaça e peso relativo do peito, sobrecoxa e coxa de frangos de corte alimentados com rações em que os minerais de fonte inorgânica foram substituídos pelos minerais de fonte orgânica em diferentes concentrações.

Variáveis	MFI	MFO				P-valor	CV
		100%	80%	60%	40%		
Carcaça (g)	2302a	2445b	2439b	2506b	2375a	0,005	4,64
Peito (%)	35,97	36,40	35,99	36,79	36,23	0,999	3,07
Sobrecoxa (%)	13,57	13,54	13,53	13,94	13,89	0,999	6,49
Coxa (%)	11,72	11,60	11,87	11,47	11,68	0,408	3,75

a,b: médias dos tratamentos seguidas por letras diferentes na mesma linha diferem da FMI pelo teste de Dunnett ( $P < 0,05$ ).

MFI: Minerais de fonte inorgânica.

MFO: Minerais de fonte orgânica.

CV(%): Coeficiente de variação.

Não foi observado efeito ( $P > 0,05$ ) da suplementação dos MFO no valor de pH da carne do peito das aves (Tabela 6). De forma similar, Aksu et al. (2011b) também não observaram variação significativa no pH da carne de peito dos frangos, em razão da suplementação de minerais orgânicos em substituição aos MFI em concentrações equivalentes em até 33%. Em estudos com frangos de corte alimentados com diferentes fontes de selênio, Peric et al. (2009) também não verificaram diferença significativa no valor de pH da carne de peito das aves, quando alimentadas com 0,3 mg/kg de ração de selênio de fonte orgânica em comparação a fonte inorgânica na mesma concentração.

Os valores de PAG, PAD, PAC, FC da carne de peito e a coloração da carne dos cortes nobres (peito, coxa e sobrecoxa) das aves, também não foram influenciados ( $P > 0,05$ ) pela substituição dos MFI pelos MFO nas diferentes concentrações.

Estes resultados corroboram os observados por Liu et al. (2011), que também não verificaram diferenças na coloração da carne de peito e da coxa de frangos de corte aos 42 dias de idade, quando suplementados com rações contendo zinco de fonte orgânica em comparação ao de fonte inorgânica.

Essas características de qualidade de carne estão consistentes com os resultados obtidos para os valores de pH, que segundo Qiao et al. (2001) e Fletcher (2002), exerce ação direta nas proteínas e nos pigmentos que compõe a carne, influenciando nas suas características de perda de água, maciez e coloração.

A substituição dos MFI pelos MFO nos diferentes níveis não influenciou ( $P > 0,05$ ) a concentração dos minerais na carcaça, peito e tíbia das aves (Tabela 7). Considerando que o fornecimento dos MFO correspondeu a redução de até 60 % das concentrações dos

MFI, pode-se inferir que na forma orgânica, os minerais foram mais eficientemente depositados nestes tecidos.

Tabela 6. Avaliação de pH, perda de água por gotejamento (PAG), perda de água por descongelamento (PAD), perda de água por cocção (PAC), força de cisalhamento (FC) do músculo do peito e coloração da carne (peito, coxa e sobrecoxa) de frangos de corte alimentados com rações em que os minerais de fonte inorgânica foram substituídos pelos minerais de fonte orgânica em diferentes concentrações.

Variáveis	MFI	MFO				P-valor	CV	
		100%	80%	60%	40%			
pH	inicial	6,142	6,286	6,324	6,354	6,340	0,219	3,32
	final	5,768	5,868	5,825	5,889	5,800	0,551	2,94
PAG (%)		3,004	2,679	3,396	2,837	3,514	0,076	26,22
PAD (%)		7,572	7,128	7,786	6,188	8,170	0,698	18,58
PAC (%)		20,793	24,477	24,753	26,096	29,982	0,072	23,38
FC (kgf/cm <sup>2</sup> )		1,654	1,924	1,957	1,698	1,548	0,323	24,50
Peito	L*	58,230	57,948	58,570	58,738	58,624	0,337	5,42
	a*	6,112	6,078	5,014	5,178	5,044	0,429	22,01
	b*	16,987	17,239	17,765	17,890	17,789	0,405	6,69
Coxa	L*	54,031	53,930	55,790	53,265	54,437	0,067	4,14
	a*	9,338	9,734	8,778	9,692	9,150	0,417	12,75
	b*	15,581	16,104	15,745	15,835	15,030	0,811	12,16
Sobrecoxa	L*	54,262	55,022	55,411	55,311	54,861	0,910	4,99
	a*	10,131	9,379	8,690	9,184	8,478	0,163	16,12
	b*	16,618	17,367	17,298	17,550	17,063	0,796	9,73

L\*- Luminosidade – nível de escuro/claro.

a\*- Intensidade de vermelho/verde.

b\*- Intensidade de amarelo/azul.

MFI: Fonte de minerais inorgânicos.

MFO: Fonte de minerais orgânicos.

CV(%): Coeficiente de variação.

Estes resultados estão de acordo com aqueles observados por Bao et al. (2010), que também não verificaram diferenças significativas nas concentrações de cobre, ferro, manganês e zinco da tíbia de frangos de corte, quando alimentados com MFO em comparação aos de fonte inorgânica nos mesmos níveis. Essa maior eficiência de utilização dos MFO pode estar relacionada à semelhança química existente entre o aminoácido e o aminoácido ligado ao mineral (quelato). Segundo Schrauzer (2003), as aves utilizam o mineral quelatado, alternadamente, na síntese de proteínas, já que o RNA

transportador não consegue discriminar entre o aminoácido livre e o aminoácido ligado ao mineral. Isso resulta em maior eficiência de retenção dos minerais na forma orgânica.

Em contraste com os resultados obtidos para utilização dos MFO, com exceção do ferro, a deposição dos demais minerais fornecidos de fonte inorgânica (zinco, cobre e manganês) apresentaram efeito significativamente maior ( $P < 0,05$ ), na deposição no fígado em relação aos outros tecidos avaliados. Estes resultados corroboram os de Paik et al. (1999), que ao avaliarem a suplementação de cobre de fonte orgânica e inorgânica na ração de frangos de corte aos 35 dias de idade, observaram menor concentração de cobre no fígado das aves, quando utilizaram a fonte orgânica. De forma semelhante, Aksu et al. (2010) também observaram maior eficiência de deposição dos minerais zinco, cobre, manganês e ferro no fígado dos frangos de corte quando fornecidos na forma inorgânica, comparativamente à forma orgânica. Em estudos com frangos de corte aos 42 dias de idade, El-Husseiny et al. (2012) também observaram maior concentração de zinco, manganês e cobre no fígado das aves alimentadas com rações suplementadas com MFI em comparação a fonte orgânica. Estes resultados podem estar relacionados ao fato de que, ao serem absorvidos no intestino, os minerais são transportados até o fígado das aves onde são armazenados. Contudo, os minerais de fonte orgânica podem ser redirecionados pelo organismo animal para outras rotas metabólicas, como a síntese proteica, reduzindo assim sua concentração no fígado.

Em relação a excreção mineral, não houve variação ( $P > 0,05$ ) no padrão de excreção dos minerais quando comparado os tratamentos em que se utilizou os MFO e MFI em iguais concentrações. Entretanto, observou-se redução gradativa ( $P < 0,05$ ) da excreção dos minerais cobre, zinco e manganês à medida que o nível de suplementação destes minerais reduziu na forma orgânica. Estes resultados diferem dos obtidos por Bao et al. (2010), que ao avaliarem a suplementação dos MFO (manganês, zinco, ferro e cobre) em substituição aos MFI nos mesmos níveis (30, 30, 30 e 4 ppm), não verificaram variação significativa de suas concentrações nas excretas de frangos de corte aos 35 dias de idade. Singh et al. (2015) também verificaram redução da excreção de cobre, zinco e manganês por frangos de corte alimentados com fonte orgânica em substituição total (100%) e parcial (50%) desses minerais em comparação à fonte inorgânica. El-Husseiny et al. (2012), em estudos com frangos de corte observaram que a substituição total (100%) e parcial (50%) dos minerais zinco, manganês e cobre de fonte inorgânica pelos de fonte orgânica nas rações, resultou em respectivamente, maior e menor excreção desses minerais quando comparado à fonte inorgânica. Todavia, de forma semelhante ao

presente estudo, os mesmos autores não verificaram variação significativa da excreção de ferro, independente dos níveis de substituição e fontes de minerais utilizados.

Tabela 7. Composição mineral da carcaça, peito, fígado, tibia e excreta de frangos de corte alimentados com rações em que os minerais de fonte inorgânica foram substituídos pelos minerais de fonte orgânica em diferentes concentrações.

Variáveis	MFI	MFO				P-valor	CV	
		100%	80%	60%	40%			
Carcaça (mg/kg)	Cu	2,57	2,90	2,32	2,10	2,15	0,055	20,75
	Fe	105,29	109,06	10,9,39	103,46	113,89	0,511	15,12
	Mn	3,81	3,93	3,15	3,08	2,91	0,109	25,67
	Zn	70,85	72,15	68,99	67,24	67,93	0,336	6,31
	Ca	30912	31694	31594	31337	33102	0,892	11,03
	P	23936	23868	23874	23934	24239	0,982	8,38
Peito (mg/kg)	Cu	1,42	1,53	1,68	1,57	1,55	0,988	32,44
	Fe	22,40	24,49	23,10	22,86	24,52	0,719	16,41
	Mn	1,11	1,16	1,10	1,08	1,12	0,998	57,73
	Zn	20,55	23,04	23,48	23,45	23,26	0,355	17,31
	Ca	144	149	143	141	143	0,985	16,82
	P	8880	8933	8817	8737	8707	0,101	3,45
Fígado (mg/kg)	Cu	16,68a	13,96b	12,08b	12,56b	12,91b	0,032	15,95
	Fe	743,70	677,86	637,03	644,23	595,79	0,741	27,64
	Mn	13,91a	11,36b	10,7b	10,1b	10,66b	0,043	21,85
	Zn	145,92a	127,34b	110,4b	112,25b	115,73b	0,002	12,43
	Ca	174	167	166	165	161	0,352	7,55
	P	11457	11452	11454	11678	11383	0,729	4,32
Tibia (mg/kg)	Cu	2,50	2,54	2,04	2,12	2,09	0,701	50,28
	Fe	62,81	61,74	63,77	65,98	64,22	0,920	23,84
	Mn	1,74	1,72	1,63	1,74	1,51	0,963	33,31
	Zn	81,59	80,91	79,49	81,56	80,81	0,963	20,68
	Ca	163858	161988	160232	164924	161579	0,960	7,43
	P	82020	79725	76071	77956	76409	0,321	4,94
Excreta (mg/kg)	Cu	65,96a	60,63a	57,51b	51,34b	40,85b	0,001	9,97
	Fe	622,89	603,63	599,86	559,20	519,47	0,052	12,16
	Mn	410,82a	389,65a	326,32b	263,93b	179,39b	0,001	8,17
	Zn	417,07a	400,80a	331,56b	277,47b	221,05b	0,001	8,94
	Ca	19241	18931	18511	17799	17611	0,662	13,60
	P	11340	11138	11393	10855	10631	0,579	8,32

a,b: médias dos tratamentos seguidas por letras diferentes na mesma linha diferem da FMI pelo teste de Dunnett ( $P < 0,05$ ).

MFI: Minerais de fonte inorgânica.

MFO: Minerais de fonte orgânica.

CV(%): Coeficiente de variação.

Embora a excreção dos MFO tenha diminuído significativamente, foi constatado que a retenção dos mesmos (Tabela 8) não foi comprometida entre os tratamentos, tendo inclusive aumentado em valor absoluto em até 7,4; 20,7; 5,5; e 6,1% respectivamente para o cobre, o ferro, o manganês e o zinco.

Com os resultados obtidos nesse estudo ficou evidenciado que os MFI podem ser substituídos por MFO em quantidade equivalente a até 40% de suas concentrações no premix. Essa maior eficiência dos MFO pode estar associada a sua maior biodisponibilidade, justificada pelo fato de que no processo de quelação os minerais se ligam à moléculas orgânicas como os aminoácidos e peptídeos. De acordo com Spears (1996), essa complexação forma um composto quimicamente inerte que não interage com os íons metálicos livres no intestino, evitando a formação de complexos insolúveis.

Em estudos conduzidos com frangos de corte, Zhao et al. (2010), confirmaram que os MFO são mais biodisponíveis devido à redução da perda por antagonismos no lúmens intestinal comparado às fontes inorgânicas. Ainda segundo Rutz et al. (2007), os MFO são absorvidos pelos carreadores intestinais de aminoácidos e peptídeos e não por transportadores intestinais clássicos de minerais. Isto evita a competição entre minerais pelos mesmos mecanismos de absorção. Portanto, não só a biodisponibilidade é superior, mas os MFO são prontamente transportados para os tecidos, onde permanecem armazenados por períodos mais longos que os inorgânicos. De acordo com esses mesmos autores, em razão da sua menor biodisponibilidade, os níveis de MFI são aumentados nas dietas das aves, o que pode causar efeitos prejudiciais, tais como redução da biodisponibilidade de outros minerais e a poluição ambiental, agravada pelo aumento da excreção mineral.

Em razão da sua melhor biodisponibilidade evidenciada nesse estudo, pode-se afirmar que o fornecimento de MFO à dieta, pode ser realizado em menores concentrações, comparativamente, às fontes inorgânicas sem comprometer o desempenho das aves, além de contribuir para redução da carga poluente das excretas.

A utilização dos MFO em diferentes concentrações em substituição MFI não influenciou ( $P>0,05$ ) a retenção mineral em frangos de corte (Tabela 8). Segundo Wedekind et al. (1992), as respostas aos MFO são mais aparentes quando os níveis de fitato das dietas são elevados. Dessa forma, a presença da enzima fitase nos premix minerais utilizados nas rações experimentais pode ter comprometido as evidências comparativas dos MFO em relações as fontes inorgânicas.

Tabela 8. Coeficiente de retenção mineral (%) de frangos de corte alimentados com rações em que os minerais de fonte inorgânica foram substituídos pelos minerais de fonte orgânica em diferentes concentrações.

	MFI	MFO				P-valor	CV
		100%	80%	60%	40%		
Cu	66,10	69,69	69,71	69,59	70,99	0,059	4,71
Fe	40,17	44,34	46,07	47,04	48,49	0,263	17,01
Mn	67,04	70,72	71,28	66,62	66,19	0,055	4,48
Zn	67,60	69,85	70,21	70,86	71,70	0,733	8,79
Ca	80,12	81,31	82,16	82,22	82,49	0,546	3,60
P	72,77	74,21	74,57	74,60	75,29	0,416	3,52

MFI: Minerais de fonte inorgânicos.

MFO: Minerais de fonte orgânicos.

CV(%): Coeficiente de variação.

A substituição dos MFO pelos MFI, não influenciou ( $P > 0,05$ ) a capacidade antioxidante total e a atividade enzimática da superóxido desmutase, catalase e ceruloplasmina no sangue das aves (Tabela 9). De forma similar, Aksu et al. (2010), não observaram variação da atividade enzimática da catalase e ceruloplasmina em frangos de corte alimentados com MFO (zinco, cobre e manganês) em concentrações equivalentes a 1/3, 2/3 e 3/3 aos MFI.

Contudo, verificou-se aumento da concentração da glutathiona oxidada nas aves alimentadas com MFI quando comparado aos MFO. Considerando que, segundo Navarro et al. (1999), em situações de baixo estresse oxidativo, a glutathiona oxidada representa uma pequena fração da glutathiona total, o aumento do seu nível observado nesse estudo seria um indicativo que a utilização de MFI aumentou o estresse oxidativo nas aves.

Estes resultados estão coerentes com os verificados por Ma et al. (2011) e os observados por Ahmad et al. (2012) e Figueiredo (2016), que em estudos conduzidos com frangos de corte, verificaram que a suplementação, respectivamente, de zinco e de selênio de MFI aumentaram a atividade da glutathiona peroxidase, o que resultaria em aumento da glutathiona oxidada.

Segundo Choct et al. (2004) MFI, principalmente o selênio (selenito de sódio), também apresentam efeito pró-oxidante no organismo animal, e desta forma aumentam a atividade das enzimas antioxidantes, para amenizar os efeitos negativos dos radicais livres.

Tabela 9. Avaliação da capacidade antioxidante total (TAC), superóxido desmutase (SOD), glutathiona oxidada (GSSG), catalase (CAT) e ceruloplasmina (CP) no sangue de frangos de corte alimentados com rações em que os minerais de fonte inorgânica foram substituídos pelos minerais de fonte orgânica em diferentes concentrações.

	MFI	MFO				P-valor	CV
		100%	80%	60%	40%		
TAC ( $\mu\text{M}$ )	144,67	183,17	152,78	156,00	147,08	0,485	28,04
SOD (U/mL)	1,97	3,22	2,19	2,87	2,30	0,593	49,95
GSSG (pmoles)	10,36a	4,77b	4,6b	5,18b	5,42b	0,004	37,20
CAT ( $\mu\text{M}$ )	2100	2804	2868	2925	2347	0,056	29,00
CP (ng/mL)	41186	60886	33779	38586	40100	0,353	48,03

a,b: médias dos tratamentos seguidas por letras diferentes na mesma linha diferem da FMI pelo teste de Dunnett ( $P < 0,05$ ).

MFI: Minerais de fonte inorgânica.

MFO: Minerais de fonte orgânica.

CV(%): Coeficiente de variação.

Com relação as características morfométricas do intestino das aves, foi constatado que a utilização dos MFO comparativamente, aos MFI, influenciou ( $P < 0,05$ ) positivamente à altura de vilosidade do duodeno que aumentou em até 35% (Tabela 10). Nesse mesmo sentido, essa utilização também favoreceu a relação altura de vilosidade/profundidade de cripta que aumentou de forma não significativa em até 30%. Estes resultados estão de acordo com os verificados por Ma et al. (2011) que observaram aumento na altura de vilosidade do duodeno de frangos de corte alimentados com zinco de fonte orgânica, comparado ao de fonte inorgânica.

Segundo Rutz & Murphy (2009) MFI como o selenito de sódio possuem características pro-oxidantes e, quando combinados com ferro e zinco poderiam estimular a peroxidação lipídica e causar danos aos enterócitos e, como consequência, comprometer a relação altura de vilosidade/profundidade de cripta.

Quanto à região do jejuno, com exceção da altura de vilosidade das aves, as demais variáveis avaliadas, profundidade de cripta e relação altura de vilosidade/profundidade de cripta, não foram influenciadas ( $P > 0,05$ ) pelos tratamentos.

Em relação a região ileal, verificou-se que a substituição dos MFI pelos MFO resultou em variação inconsistente da profundidade de cripta, mas não influenciou a altura de vilosidade. Apesar desse padrão de resposta, foi constatado que a relação altura de vilosidade/ profundidade de cripta foi melhorada com a utilização dos MFO, o que seria um indicativo de menor estresse oxidativo.

Tabela 10. Avaliação da altura de vilosidade (AV), profundidade de cripta (PC) e relação altura de vilosidade/profundidade de cripta (AV/PC) dos segmentos intestinais de frangos de corte alimentados com rações em que os minerais de fonte inorgânica foram substituídos pelos minerais de fonte orgânica em diferentes concentrações.

	MFI	MFO				P-valor	CV
		100%	80%	60%	40%		
Duodeno ( $\mu\text{m}$ )							
AV	1074a	1448b	1402b	1342b	1321b	0,001	4,48
PC	210,38	218,35	231,37	254,91	226,18	0,301	15,97
AV/PC	5,20	6,31	6,48	5,27	5,87	0,361	19,96
Jejuno ( $\mu\text{m}$ )							
AV	1275a	1077b	1116b	1143b	1295a	0,003	7,79
PC	130,13	117,58	127,88	114,57	140,30	0,182	15,40
AV/PC	9,87	8,57	8,94	10,43	9,38	0,423	16,81
Íleo ( $\mu\text{m}$ )							
AV	756,89	725,21	828,56	809,41	749,11	0,367	12,94
PC	198,84a	127,78b	184,32a	141,71b	166,15a	0,008	21,08
AV/PC	3,74b	5,45a	4,81b	5,59a	4,60b	0,026	18,33

a,b: médias dos tratamentos seguidas por letras diferentes na mesma linha diferem da FMI pelo teste de Dunnett ( $P < 0,05$ ).

MFI: Minerais de fonte inorgânica.

MFO: Minerais de fonte orgânica.

CV(%): Coeficiente de variação.

Os MFO em comparação aos MFI ( $P > 0,05$ ) não influenciaram a concentração de malonaldeído (MDA) na carne de peito de frangos de corte nos dias 0 e 7 de armazenamento (Tabela 11). No entanto, aos 14 dias de armazenamento verificou-se menor ( $P < 0,05$ ) concentração de MDA no peito das aves alimentadas com rações contendo MFO. Estes resultados corroboram os observados por Aksu et al. (2011b), que também verificaram menor concentração de MDA no músculo do peito de frangos de corte alimentados com zinco, cobre e manganês de fonte orgânica correspondente a 2/3 da fonte inorgânica. Figueiredo (2016), também observou redução da peroxidação lipídica, pela menor concentração de MDA no plasma de frangos de corte aos 46 dias de idade, alimentados com selênio orgânico.

Segundo Silva et al. (2015) substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS) como o malonaldeído (MDA), são geradas a partir de reações deletérias ao organismo animal, desencadeadas em condições de estresse oxidativo. De acordo com Osawa et al. (2005), a rancidez, ou oxidação lipídica é um dos principais processos pelo qual ocorre a

perda de qualidade da carne, que ocorre devido desnaturação de vitaminas lipossolúveis e ácidos graxos essenciais resultando em características indesejáveis do ponto de vista sensorial.

Tabela 11. Concentrações de malonaldeído (MDA) na carne de peito de frangos de corte alimentados com rações em que os minerais de fonte inorgânica foram substituídos pelos minerais de fonte orgânica em diferentes concentrações.

	MFI ( $\mu\text{mol MDA/kg}$ )	MFO ( $\mu\text{mol MDA/kg}$ )				P-valor	CV
		100%	80%	60%	40%		
0 dia	0,630	0,619	0,607	0,622	0,627	0,997	17,24
7 dias	1,325	1,013	1,014	1,033	1,064	0,057	18,37
14 dias	2,775a	1,918b	1,917b	2,017b	2,021b	0,001	14,06

a,b: médias dos tratamentos seguidas por letras diferentes na mesma linha diferem da FMI pelo teste de Dunnett ( $P < 0,05$ ).

MFI: Minerais de fonte inorgânica.

MFO: Minerais de fonte orgânica.

CV(%): Coeficiente de variação.

Quanto à avaliação da integridade tecidual do coxim plantar dos frangos de corte, foi constatado que a utilização dos MFO em substituição aos MFI nas rações das aves, resultou em redução ( $P < 0,05$ ) na incidência de lesões severas em até 81% (Tabela 12). Como consequências destes resultados, a porcentagem de patas sem lesões foi maior em frangos alimentados com rações contendo MFO.

Estes resultados corroboram os verificados por Zhao et al. (2010) e Manangi et al. (2012), que também observaram maior incidência de lesões severas no coxim plantar de frangos de corte alimentados com rações contendo MFI.

Tendo como base os relatos Pardo et al. (2004), de que o zinco é importante na integridade tecidual por acelerar a cicatrização das feridas e de McDowell (1992) que o cobre é um importante cofator da enzima lisil-oxidase, que confere rigidez estrutural e elasticidade ao tecido, pode-se afirmar que dentre os MFO fornecidos, o zinco e o cobre foram os responsáveis pela obtenção dos resultados quanto a integridade do coxim plantar.

Como as lesões no coxim plantar podem servir de via de infecções bacterianas, podendo comprometer o desempenho e o bem-estar das aves, pode-se considerar que esses fatores constituem vantagens comparativas de se utilizar a suplementação dos MFO em rações de frangos de corte.

Tabela 12. Avaliação de escore de coxim plantar de frangos de corte alimentados com rações em que os minerais de fonte inorgânica foram substituídos pelos minerais de fonte orgânica em diferentes concentrações.

Escore (%)	MFI	MFO				P-valor	CV
		100%	80%	60%	40%		
0	39a	67b	61b	56b	56b	0,001	3,20
1	28	27	28	27	27	0,999	5,05
2	33a	6b	11b	17b	17b	0,001	8,41

a,b: médias dos tratamentos seguidas por letras diferentes na mesma linha diferem da FMI pelo teste de Dunnett ( $P < 0,05$ ).

MFI: Minerais de fonte inorgânica.

MFO: Minerais de fonte orgânica.

CV(%): Coeficiente de variação.

Escore 0: Cxim plantar sem lesões aparentes.

Escore 1: Cxim plantar com lesões brandas.

Escore 2: Cxim plantar com lesões severas.

## CONCLUSÃO

O fornecimento de minerais de fonte orgânica em substituição aos de fonte inorgânica equivalente a 40%, promove adequado desempenho produtivo, características de carcaça e status antioxidante de frangos de corte mantidos em ambiente de termoneutralidade no período de 1 a 42 dias de idade.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AHMAD, H.; TIAN, J.; WANG, J. et al. 2012: Effects of dietary sodium selenite and selenium yeast on antioxidant enzyme activities and oxidative stability of chicken breast meat. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 60, n. 29, p. 7111-7120.

AKSU, D.S.; AKSU, T.; OZSOY, B.; BAYTOK, E. The Effects of Replacing Inorganic with a Lower Level of Organically Complexed Minerals (Cu, Zn and Mn) in Broiler Diets on Lipid Peroxidation and Antioxidant Defense Systems. **Asian-Aust. J. Anim. Sci.**, 23, 1066-1072, 2010.

AKSU, T.; AKSU, M.I.; YORUK, M.A. et al. Effects of organically complexed minerals on meat quality in chickens. **Br Poult Sci**, 52, 558-565, 2011b.

AKSU, T.; ÖZSOY, B.; AKSU, D.S. et al. The effects of lower levels of organically complexed zinc, copper and manganese in broiler diets on performance, mineral concentration of tibia and mineral excretion. **Kafkas Univ Vet Fak Derg**, 17, 141-146, 2011a.

BAO, Y.; CHOCT, M.; IJI, P.A. Effect of organically complexed copper, iron, manganese, and zinc on broiler performance, mineral excretion, and accumulation in tissues. **J. Appl. Poult. Res.** 16:448–455, 2007.

BAO, Y.M.; CHOCT, M.; IJI, P.A.; BRUERTON, K. Trace mineral interactions in broiler chicken diets. **British Poultry Science**, 50: 95–102, 2010.

BERTECHINI, A. G. **Metabolismo dos Minerais**. In.: BERTECHINI, A. G. *Nutrição de Monogástricos*. Lavras: Editora UFLA – MG, 169 – 211, 2006.

BRITO, J. A. G.; BERTECHINI, A. G.; FASSANI, E. J. et al. Uso de microminerais 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.

BUFFINGTON, D. E.; COLAZZO-AROCHO, A.; CANTON, G. H.; PITT, D.; THATCHER, W. W.; E COLLIER, R. J. 1981: Black globe-humidity index (BGHI) as comfort equation for dairy cows. **American Society of Agricultural Engineers** v. 24, p. 711–714.

CANIATTO, A. R. M. **Minerais orgânicos e fitase como redutores do poder poluente de dejetos suíno**. **Dissertação de Mestrado**. Universidade de São Paulo – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos. Pirassununga, 2011.

COBB-VANSTRESS. *Manual de manejo de frangos de corte cobb*. Guapiaçu, SP: Cobb-Vantress Brasil, 2012. 66p.

COLÉGIO BRASILEIRO DE EXPERIMENTAÇÃO ANIMAL (COBEA). 1991: **Princípios Éticos na Experimentação Animal**, julho, São Paulo, p. 1.

CHOCT, M.; NAYLOR, A. J.; REINKE, N. 2004: Selenium supplementation affects broiler growth performance, meat yield and feather coverage. **British Poultry Science**, v. 45, n. 5, p. 677-683.

CHOU PANI, M.; MOGHADAM, P. Z.; KELIDARI, H. R.; GHAZI, S. 2014: Influence of dietary selenium sources on thyroid hormone activation, tissue selenium distribution and antioxidant enzymes status in broiler chickens. **Trends in Life Sciences**, v. 3, n. 4, p. 281-291.

EL-HUSSEINY, O.M.; HASHISH, S.M.; ALI, R. A.; ARAFA, S. A.; ABD EL-SAMEE, L. D.; OLEMY, A. A. 2012. Effects of feeding organic zinc, manganese and copper on broiler growth, carcass characteristics, bone quality and mineral content in bone, liver and excreta. **Int. J. Poult. Sci.** 11:368–377, 2012.

FIGUEIREDO, E. M. **selênio levedura em rações para frangos de corte em diferentes ambientes térmicos**. 2016. 89f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Curso de Pós-graduação em Zootecnia, Universidade Federal de Viçosa, UFV, Viçosa, MG, 2016.

FLETCHER, D.L. Poultry meat quality. **World's Poultry Science Journal**, 2002. 58:131-145.

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

LAWRENCE, T.L.J.; FOWLER, V.R. Hormonal, genetic and immunological influences on growth. In: Growth of farm animals. New York: CAB INTERNATIONAL, 1997. P 102 – 149.

LEESON, S. Trace minerals in poultry nutrition-2. Copper and zinc – the next pollution frontier. **World Poultry** (3): 14-16. 2008.

LEWIS, D. L. **Nutrição para os eqüinos. Alimentação e cuidados**. São Paulo. Roca, p. 18 – 24, 2000.

LIMA, R.C.; FREITAS, E.R.; RAQUEL, D.L. et al. Níveis de sódio para codornas japonesas na fase de crescimento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.2, p.352-360, 2011.

LIU, Z.H.; LU, L.; LI, S.F.; ZHANG, L.Y.; XI, L.; ZHANG, K.Y.; LUO, X.G. 2011. Effects of supplemental zinc source and level on growth performance, carcass traits, and meat quality of broilers. **Poultry Science**, Champaign, v. 63, n. 3, p.1782-1790, 2011.

MA, W.; NIU, H.; WANG, Y. et al. Effects of zinc glycine chelate on oxidative stress, contents of trace elements, and intestinal morphology in broilers. **Biol. Trace Elem. Res.** 142:546–556. 2011.

MACDONALD, R.S. The role of zinc in growth and cell proliferation. **J Nutr.** 130(5):141-150, 2000.

MANANGI, M.K.; VAZQUEZ-AÑON, M.; RICHARDS, J.D. 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. **J. Appl. Poult. Res.**, 21, 881-890, 2012.

MCDOWELL, L.R. Minerals in animal and human nutrition. San Diego: Academic Press, 1992. 524p.

MEDEIROS, C.M.; BAÊTA, F.C.; OLIVEIRA, R.F.M. et al. Efeito da temperatura, umidade relativa e velocidade do ar em frangos de corte. **Engenharia na Agricultura**, v.13, p.277-286, 2005.

NAVARRO, J.; OBRADOR, E.; CARRETERO, J.; et al. Biol. Med. 1999, 26, 410.

NISHIYAMA, S.; FUTAGOISHI-SUGINOHARA, Y.; MATSUKURA, T.; HIGASHI, A.; SHINOHARA, M.; MATSUDA, I. Zinc supplementation alters thyroid hormone metabolism in disabled patients with zinc deficiency. **J Am Coll Nutr.** 1994; 13(1):62-7.

OSAWA, C.C.; FELÍCIO, P.E.; GONÇALVES, L.A.G. Teste de TBA aplicado a carnes e derivados: métodos tradicionais, modificados e alternativos. **Revista Química Nova**, v. 28, n. 4, p. 655-663, 2005.

PAIK, I.K., SEO, S.H., UM, J.S. et al. Effects of supplementary copper-chelate on the performance and cholesterol level in plasma and breast muscle of broiler chickens. **Asian-Aus.J. Anim. Sci.** v. 12, p. 794-798, 1999.

PARDO, P.E.; NETO, H.B.; CHIACCHIO, S.B. et al. Determinação de zinco da sola do casco de bovinos leiteiros com ou sem lesões podais, suplementados ou não com levedura seca de cana-deaçúcar. **Ciência Rural**. p.1501-1504, 2004.

PERIC, L.; MILOSEVIC, N.; ZIKIC, D.; KANACKI, Z.; DZINIC, N.; NOLLET, L.; SPRINGS, P. Effect of selenium sources on performance and meat characteristics of broiler chickens. **Poultry Science**, 2009. (18) 403-409.

QIAO, M.; FLETCHER, D.L.; SMITH, D.P. et al. The effect of broiler breast meat color on pH, moisture, water-holding capacity, and emulsification capacity. **Poultry Science**, 2001. 80(5) 676-680.

RAMOS, E.M.; GOMIDE, L.A.M. **Avaliação da qualidade de carnes: fundamentos e metodologia**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2007. p.69-72.

ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2011.

RUTZ, F.; ANCIUTI, M.A.; XAVIER, E.G.; ROLL, V.F.B.R.; ROSSI, P. Avanços na fisiologia e desempenho reprodutivo de aves domésticas. **Revista Brasileira Reprodução Animal**, Belo Horizonte, v.31, n.3, p.307- 317. 2007.

RUTZ, F.; MURPHY, R. Minerais orgânicos para aves e suínos. In: CONGRESSO INTERNACIONAL SOBRE USO DA LEVEDURA NA ALIMENTAÇÃO ANIMAL, 1., 2009, Campinas, SP. **Anais ...** Campinas: CBNA, 2009. p.21-36.

SAKOMURA, N.K.; ROSTAGNO, H.S. Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos. Jaboticabal: Funep, 2007, 283p.

SANTOS, P.A.; BAÊTA, F.C.; TINÔCO, I.F.F. et al. Avaliação dos sistemas de aquecimento a gás e a lenha para frangos de corte. **Revista Ceres**, v.56, p.9-17, 2009.

SAS. **SAS Software**. Version 9.1. Cary, North Carolina: SAS Institute Inc., 1999.

SCHRAUZER, G.N. The nutritional significance, metabolism and toxicology of selenomethionine. *Adv Food Nutr Res*. 2003;47:73-112.

SCHINATO, A. S. **Efeito da suplementação dietética com micro minerais orgânicos na produção e qualidade de ovos de galinhas poedeiras. Dissertação de Mestrado.** Universidade de São Paulo – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia. São Paulo, 2003.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos. 2. ed. Viçosa, MG: UFV. 2002. 178 p.

SILVA, G.C.; NASCIMENTO, M.R.B.M.; PENHA-SILVA, N.; FERNANDES, A.F.; VILELA, D.R.; SOUTO, M.M. Suplementação com zinco e selênio em frangos de corte submetidos a estresse cíclico de calor. **Revista Ceres**, v.62, p.372-378, 2015.

SINGH, A.; GHOSH, T.K.; HALDAR, S. et al. Effects of Methionine Chelate- or Yeast Protein-Based Supplement of Copper, Iron, Manganese and Zinc on Broiler Growth Performance, Their Distribution in the Tibia and Excretion into the Environment. **Biol Trace Elem Res**, 2015. (164) 253-260.

SIRRI, F.; MAIORANO, G.; TAVANIELLO, S.; CHEN, J.; PETRACCI, M.; MELUZZI, A. 2016. Effect of different levels of dietary zinc, manganese, and copper from organic or inorganic sources on performance, bacterial chondronecrosis, intramuscular collagen characteristics, and occurrence of meat quality defects of broiler chickens. **Poultry Science**, v.56, p.1-12, 2016.

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.

VAN DER KLIS, J. D.; KEMME, A. D. **An appraisal of trace elements: inorganic and organic.** In: McNAB, J. M.; BOORMAN, K. N. Poultry feedstuffs: supply, composition and nutritive value. Wallingford: CAB International, p. 99-108, 2002.

VIEIRA, R.A.; HANNAS, M.I.; ALBINO, L.F.T. et al. Utilização de minerais quelatados e selênio levedura na alimentação de frangos de corte. **Revista AgroMinas**, p.20-22, 2011.

WEDEKIND, K.J., HORTIN, A.E., BAKER, D.H. Methodology for assessing zinc bioavailability: Efficacy estimates for zinc methionine, zinc sulfate, and zinc oxide. **Journal of Animal Science**, v.70, p.178-187. 1992.

YU, Z.P., LE, G.W.; SHI, Y.H. Effect of zinc sulphate and zinc methionine on growth, plasma growth hormone concentration, growth hormone receptor and insulin-like growth factor-I gene expression in mice. **Clinical and Experimental Pharmacology and Physiology**, 32: 273–278, 2005.

ZHAO, J.; SHIRLEY, R.B.; VAZQUEZ-AÑÓN, M. et al. Effects of chelated trace minerals on growth performance, breast meat yield, and footpad health in commercial meat broilers. **J. Appl. Poult. Res.**, 19, 365-372, 2010.

Artigo 2 – Formatação de acordo com as normas da revista Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition

**Avaliação de minerais de fonte orgânica em substituição a minerais de fonte inorgânica em rações de frangos de corte de 1 a 42 dias de idade mantidos em ambiente de estresse por calor**

Department of Animal Science, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, Brazil.

Correspondência ao autor: [jorge.limamuniz@hotmail.com](mailto:jorge.limamuniz@hotmail.com)

## RESUMO

O presente experimento foi conduzido como objetivo de avaliar o efeito da substituição dos microminerais de fonte inorgânica por fontes orgânicas em diferentes concentrações no desempenho, características de carcaça, qualidade de carne, deposição mineral, morfometria intestinal, parâmetros séricos e integridade tecidual do coxim-plantar de frangos de corte de 1 a 42 dias de idade mantidos em ambiente de estresse por calor. Quatrocentos e cinco pintos de corte machos da linhagem COBB 500 foram distribuídos em delineamento inteiramente casualizado constituído por cinco tratamentos, nove repetições e nove aves por unidade experimental. Os tratamentos consistiram de uma dieta controle, suplementada com premix de microminerais na forma inorgânica com intuito de atender as recomendações nutricionais preconizadas pelo manual da linhagem COBB 500 e de quatro níveis de suplementação de premix contendo minerais orgânicos em níveis correspondentes a 100, 80, 60 e 40% da concentração dos minerais utilizada na dieta controle. Aos 21 dias duas aves com peso corporal mais distante da média da unidade experimental foram retiradas do experimento com objetivo de proporcionar adequada densidade de criação. Durante a condução do experimento as aves foram expostas a média de temperatura ambiente e umidade relativa do ar correspondente ao descrito pelo manual da linhagem como ambiente de estresse por calor. Os dados foram submetidos à análise de variância, sendo as médias contrastadas pelo teste Dunnett a 5% de probabilidade, considerando a dieta contendo premix inorgânico como o tratamento controle. Os tratamentos não influenciaram os parâmetros de desempenho, características de carcaça e qualidade de carne dos frangos de corte aos 42 dias de idade. A suplementação de minerais orgânicos, independente do nível, aumentou a concentração de zinco no músculo do peito das aves aos 42 dias de idade. A suplementação de microminerais orgânicos, independente do nível utilizado, reduziu a concentração de malonaldeído no músculo do peito de frangos aos 14 dias de armazenamento, assim como a concentração plasmática de glutathiona oxidada aso 42 dias de idade. Os níveis de microminerais orgânicos de 80, 60 e 40% proporcionaram menor excreção de zinco quando comparados ao tratamento controle. Observou-se redução na excreção de cobre, ferro, manganês e cálcio nas aves alimentadas com dietas contendo minerais orgânicos independente do nível suplementado. A altura e vilosidade e a relação entre altura de vilosidade e profundidade de cripta no duodeno foi superior nas aves alimentadas com

dietas contendo minerais orgânicos, independente do nível de suplementação. As aves alimentadas com dietas contendo minerais orgânicos apresentaram menor percentual de lesões severas no coxim-plantar em comparação as aves do tratamento controle. O fornecimento de minerais orgânicos em substituição aos inorgânicos no nível de 40% promove adequado desempenho, características de carcaça e status antioxidante de frangos de corte aos 42 dias de idade mantidos em ambiente de estresse por calor.

## INTRODUÇÃO

Os microminerais constituem aproximadamente 0,1% das formulações de rações para aves, sendo responsáveis por cerca 0,3% de seu custo final. Embora sua participação nas rações seja relativamente inferior aos demais nutrientes, sua suplementação é essencial para manutenção da homeostase do organismo, visto que atuam em importantes funções metabólicas e fisiológicas modulando, por exemplo, respostas imunes e antioxidantes.

O desempenho de frangos de corte, além de fatores como status sanitário e nutricional, é influenciado pelo ambiente térmico no qual as aves são mantidas. Além da redução nas taxas de crescimento, o estresse térmico por calor resulta em decréscimo na atividade da cadeia respiratória mitocondrial seguida de aumento na produção de espécies reativas ao oxigênio Yang et al. (2010). Frente ao aumento na concentração de ROS, os tecidos intensificam importantes defesas antioxidantes que incluem a ativação de importantes metaloenzimas dependentes como a superóxido dismutase (dependente de zinco, cobre e manganês), glutathiona peroxidase (dependente de selênio) e catalase (dependente de ferro). Considerando a ação dos microminerais acima citados na neutralização de ROS, o aumento de sua suplementação em dietas para frangos de corte expostos a altas temperaturas pode se caracterizar como uma importante estratégia nutricional para reduzir o impacto negativo do estresse oxidativo no organismo das aves.

Tradicionalmente os microminerais são suplementados na forma de óxidos, carbonatos e sulfatos, cuja biodisponibilidade inferior tem gerado questionamentos acerca de sua utilização. Dentre as prováveis causas associadas a redução na biodisponibilidade de tais fontes, destacam-se: a presença de carga devido ao pH estomacal e intestinal e sua consequente complexação com ácido fítico presentes nos cereais e com carboidratos que revestem a parede de células intestinais e a competição de mais de um mineral pela mesma proteína transportadora de membrana nos enterócitos.

Organometais caracterizam-se como moléculas de microminerais ligadas a estruturas de natureza orgânica como proteínas, polissacarídeos e/ou aminoácidos. Tal complexação confere aos organometais ausência de carga em sua molécula, o que diminui as interações cátion-aniônicas, supracitadas, ao longo do trato gastrintestinal das aves de forma a aumentar sua absorção pelo organismo. A ausência de carga dos organometais, além de garantir sua maior absorção intestinal, reduz possíveis interações pró-oxidantes com vitaminas evitando a oxidação e perda das mesmas em premixes, núcleos e rações.

Embora discuta-se acerca do maior ônus financeiro decorrente da suplementação de rações com organometais, sua maior biodisponibilidade em comparação às fontes convencionais indica que menores percentuais de inclusão garantem adequados índices de produtividade (Vieira et al., 2015). Frente a importância metabólica dos minerais para o organismo animal e considerando as diferenças observadas entre fontes de minerais no que tange a biodisponibilidade das mesmas, objetivou-se com este trabalho avaliar o efeito da utilização dos minerais de fonte inorgânica por fontes orgânicas em diferentes concentrações no desempenho, características de carcaça, qualidade de carne, deposição mineral, morfometria intestinal, parâmetros séricos e integridade tecidual do coxim plantar de frangos de corte de 1 a 42 dias de idade mantidos em ambiente de estresse por calor.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Departamento de Zootecnia, do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa, MG.

O protocolo utilizado nesse estudo foi revisado e aprovado pelo Comissão de Ética no Uso de Animais de Produção (CEUAP-UFV) da Universidade Federal de Viçosa (Minas Gerais, Brasil), processo nº 116/2014, estando de acordo com os princípios éticos da experimentação animal, estabelecido pelo Colégio Brasileiro de Experimentação Animal (COBEA, 1991), e com a legislação vigente.

### **Animais e Alojamento**

Foram utilizados 405 pintos de corte machos da linhagem Cobb500 x Cobb500 (empenamento lento), vacinados contra doença de Marek, adquiridos do incubatório comercial (Rio Branco Alimentos S/A, Pará de Minas, MG, Brasil). As aves foram pesadas e alojadas em câmaras climáticas, no período de 1 a 42 dias de idade, em gaiolas de metal revestidas por material plástico, com piso de plástico telado, providas de comedouro tipo calha de (Largura x Comprimento x Profundidade; 83,0 x 9,4 x 5,5cm) de PVC (policloreto de polivinila) e bebedouro tipo nipple. As câmaras climáticas foram ajustadas para proporcionarem temperatura e umidade relativa preconizadas de acordo com o guia de gerenciamento de frangos de corte Cobb (Cobb Vantress Inc., 2012). As condições ambientais das câmaras climáticas foram monitoradas diariamente, duas vezes ao dia (7h00min e 18h00min), por meio de termômetros de bulbo seco, bulbo úmido e de globo negro (Incoterm Ind. de Termômetros Ltda., Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil) mantidos no centro de cada câmara. Posteriormente, esses dados foram convertidos no índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU), como proposto por Buffington et al. (1981).

Os valores do ITGU calculados confirmam as condições de estresse por calor às quais as aves foram submetidas ao longo do período experimental (Tabela 1). Oliveira et al. (2006) e Medeiros et al. (2005) confirmam essa situação ao definirem o ambiente com o valor do ITGU acima de 81,4 e de 78 a 88 como de estresse por calor para frangos de corte, respectivamente, no período de 1 a 21 e 22 a 42 dias de idade.

O programa de luz adotado durante todo o período experimental foi o contínuo (24 horas de luz artificial), com utilização de lâmpadas fluorescentes de 45 W por câmara. A mortalidade foi verificada duas vezes por dia para ajustar o consumo de ração, o ganho

de peso e a conversão alimentar das aves. O número de aves mortas, as sobras de ração e o peso das aves restantes nas gaiolas foram utilizados para corrigir os parâmetros de desempenho.

Tabela 1. Médias da temperatura, da umidade relativa do ar e do ITGU calculados no período de 1 a 42 dias de idade.

Idade (dias)	Temperatura do ar (°C)	Umidade relativa do ar (%)	ITGU
01 - 21	33,3 ± 0,69	65 ± 3,8	83 ± 1,03
22 - 42	30,8 ± 0,30	71 ± 4,8	80 ± 0,87

### **Delineamento experimental e tratamentos**

Os pintos com peso inicial de  $43,0 \pm 0,09$  g foram distribuídos em delineamento experimental inteiramente casualizado com cinco tratamentos, nove repetições e nove aves por unidade experimental. Os tratamentos ficaram assim constituídos:

- Minerais de fonte inorgânica (MFI): minerais de fonte inorgânica (sulfato de ferro, sulfato de manganês, sulfato de zinco, sulfato de cobre e selenito de sódio) de acordo com as recomendações da linhagem Cobb;
- Minerais de fonte orgânica (MFO) – Premix Microave Mixgold CQT: minerais de fonte orgânica (carbo-amino-fosfoquelato de ferro, carbo-amino-fosfoquelato de manganês, carbo-amino-fosfoquelato de zinco, carbo-amino-fosfoquelato de cobre, carbo-amino-fosfoquelato de selênio) em níveis correspondentes a 100% das concentrações dos minerais inorgânicos utilizados no MFI;
- MFO 80%: minerais de fonte orgânica em níveis correspondentes a 80% das concentrações dos minerais inorgânicos utilizados no MFI;
- MFO 60%: minerais de fonte orgânica em níveis correspondentes a 60% das concentrações dos minerais inorgânicos utilizados no MFI;
- MFO 40%: minerais de fonte orgânica em níveis correspondentes a 40% das concentrações dos minerais inorgânicos utilizados no MFI.

Na tabela 2 está apresentada a composição dos premixes minerais utilizados nos diferentes tratamentos.

Tabela 2 - Composição do premix mineral.

Níveis/ kg produto		MFI	MFO	MFO 80%	MFO 60%	MFO 40%
Fe	mg	40,00	40,00	32,00	24,00	16,00
Mn	mg	100,00	100,00	80,00	60,00	40,00
Zn	mg	100,00	100,00	80,00	60,00	40,00
Cu	mg	15,00	15,00	12,00	9,00	6,00
Se	mg	0,30	0,30	0,24	0,18	0,12
I*	mg	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Fitase	FYT	333.400	333.400	333.400	333.400	333.400

\*Iodo (iodato de cálcio).

MFI: Minerais de fonte inorgânica.

MFO: Minerais de fonte orgânica.

As rações foram formuladas seguindo as recomendações de Rostagno et al. (2011) para as fases de 1 a 7, 8 a 21, 22 a 33 e 34 a 42 dias de idade (Tabela 3). A inclusão do premix foi de 1kg/tonelada de ração para todos os tratamentos. Aos 21 dias de idade, duas aves de cada gaiola, com pesos mais distantes da média da gaiola ( $\pm 10\%$ ), foram retiradas, permanecendo um total de 315 aves no experimento. Esta retirada de animais foi realizada para ajustar à densidade animal em cada gaiola. O fornecimento das rações experimentais e de água às aves foi à vontade durante todo o estudo. A unidade experimental foi representada pela gaiola.

Durante a realização do experimento, foram observados e avaliados os seguintes parâmetros:

#### ***Consumo de ração***

Ao final do período experimental (42 dias) o consumo de ração foi calculado pela diferença entre o total de ração fornecido e as sobras de ração dos comedouros de cada unidade experimental.

#### ***Ganho de peso***

Todas as aves foram pesadas no início e aos 42 dias de idade, para determinação do ganho de peso.

#### ***Conversão alimentar***

A conversão alimentar foi calculada dividindo-se o consumo de ração pelo ganho de peso corporal acumulado no período.

Tabela 3 – Composições centesimal e calculada das rações experimentais.

Ingrediente (%)	Tratamento			
	1-7	8-21	22-33	34-42
Milho (7,8%)	48,687	53,637	59,243	62,417
Farelo de soja (45%)	43,621	38,578	32,665	29,769
Óleo de soja	3,493	3,921	4,352	4,468
Fosfato bicálcico	1,864	1,565	1,422	1,140
Calcário	0,913	0,926	0,830	0,780
Sal comum	0,508	0,483	0,457	0,445
DL – Metionina (99%)	0,326	0,290	0,291	0,262
L-Lisina HCl (78,5%)	0,143	0,160	0,230	0,228
L-Treonina (98,5%)	0,050	0,045	0,069	0,059
L-Valina (96,5%)	0,000	0,000	0,046	0,037
Suplemento mineral <sup>1</sup>	0,100	0,100	0,100	0,100
Suplemento vitamínico <sup>2</sup>	0,100	0,100	0,100	0,100
Coccidiostático <sup>3</sup>	0,050	0,050	0,050	0,050
Cloreto de colina 60%	0,125	0,125	0,125	0,125
Promotor de crescimento <sup>4</sup>	0,010	0,010	0,010	0,010
Antioxidante <sup>5</sup>	0,010	0,010	0,010	0,010
<b>Total</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>
<b>Composição calculada<sup>6</sup></b>				
EMA (kcal/kg)	2.960	3.050	3.150	3.200
Proteína bruta (%)	23,927	22,028	19,917	18,824
Metionina + cistina Digestível (%)	0,953	0,875	0,826	0,775
Lisina Digestível (%)	1,324	1,217	1,131	1,060
Treonina Digestível (%)	0,861	0,791	0,735	0,689
Triptofano Digestível (%)	0,277	0,250	0,219	0,204
Arginina Digestível (%)	1,548	1,405	1,237	1,156
Glicina + serina Digestível (%)	2,024	1,853	1,652	1,556
Valina Digestível (%)	1,020	0,937	0,882	0,827
Isoleucina Digestível (%)	0,954	0,869	0,769	0,721
Leucina Digestível (%)	1,829	1,713	1,575	1,511
Histidina Digestível (%)	0,590	0,544	0,490	0,464
Sódio (%)	0,220	0,210	0,200	0,195
Cálcio (%)	0,920	0,841	0,758	0,663
Fósforo Digestível (%)	0,398	0,352	0,324	0,284

<sup>1</sup> Referente aos tratamentos descritos na Tabela 2.

<sup>2</sup> Composição por kg de produto: vit. A, 5.600.000 UI; vit. D3, 1.200.000 UI; vit. E, 10.000 UI; vit. B1, 1.550 mg; vit B2, 4.000 mg; vit. B6, 2.080 mg; ácido pantotênico, 10.400 mg; vit K3, 1.200 mg; ácido fólico, 650 mg; niacina, 28.000 mg; vit B12, 8.000 µg e antioxidante, 0,50 g.

<sup>3</sup> Salinomicina sódica – 60 ppm.

<sup>4</sup> Surmax – 10 ppm.

<sup>5</sup> Hidroxibutiltolueno – BHT.

<sup>6</sup> Valores calculados com base na composição nutricional das matérias primas (Rostagno et al., 2011).

### ***Rendimento de carcaça***

Aos 42 dias de idade, três aves de cada unidade experimental (27 aves/tratamento) com os pesos mais próximos da média de cada unidade experimental (5% acima ou abaixo da média) foram abatidas para determinação do rendimento (%). Assim foi considerado o peso da carcaça limpa e eviscerada, sem pés e cabeça em relação ao peso vivo em jejum. Para os cortes nobres (peito, coxa+sobrecoxa, asas, dorso e percentual de gordura abdominal) os cálculos dos rendimentos foram feitos em relação ao peso da carcaça eviscerada.

### ***Qualidade de carne***

As análises de qualidade de carne das aves seguiram as metodologias descritas por Ramos & Gomide (2007). Foram realizadas as seguintes análises: determinação de pH, coloração, perda de água por gotejamento, perda de água por descongelamento, perda de água por cozimento, força de cisalhamento e concentração de malonaldeído.

Para análise de pH, foi utilizada uma ave de cada unidade experimental (9 amostras/tratamento). Após o abate com a carcaça devidamente limpa, eviscerada e depenada foi mensurado o pH (pH inicial) a 15 minutos após o abate em três pontos distintos do lado esquerdo do músculo do peito, utilizando-se um peagâmetro portátil marca Testo® 205. Em seguida, estas carcaças foram identificadas e mantidas em câmara frigorífica por 24 horas à temperatura de 4°C, para nova aferição do pH final (pH final) utilizando o mesmo peagâmetro. Em seguida, foi realizada a avaliação da coloração da por meio de colorímetro da marca KONICA MINOLTA modelo CR300. Foram avaliadas as características **L\*** (luminosidade– nível de escuro a claro), **a\*** (intensidade de vermelho/verde) e **b\*** (intensidade de amarelo/azul), com três repetições por ponto, em três diferentes regiões da parte interna do lado esquerdo dos músculos do peito (*pectoralis major*), coxa e sobrecoxa nas regiões superior, média e inferior após exposição ao ar por 30 minutos da superfície de leitura da carcaça.

Para análise de perda de água por gotejamento (PAG) foi retirado um fragmento do músculo do peito (*pectoralis major*) do lado direito de uma ave de cada unidade experimental (9 amostras/tratamento). Seguindo a metodologia descrita por Ramos & Gomide (2007), os fragmentos, com peso de 80 a 100 g, foram colocados em uma embalagem primária (rede) e em sequência acondicionado em uma embalagem secundária (saco plástico de polietileno). Em seguida estes foram pendurados dentro de um refrigerador por 48 horas à temperatura controlada de 4 a 8°C. Após este período,

as amostras foram novamente pesadas. O valor da PAG (%) foi obtido pela diferença do peso inicial da amostra e o peso da amostra após 48 horas, sendo essa diferença dividida pelo peso inicial da amostra e posteriormente multiplicada por 100.

Para determinação da perda de líquido por descongelamento (PAD) foram utilizados os músculos do peito (*pectoralis major*) do lado direito e esquerdo de uma ave de cada unidade experimental (18 amostras/tratamento). As amostras foram pesadas e em seguida embaladas individualmente em sacos plásticos devidamente identificados e armazenados a -20°C. Após 48 horas, as amostras foram descongeladas e novamente pesadas. O cálculo para determinar a PAD (%) foi obtido pela diferença do peso inicial da amostra e o peso da amostra após o descongelamento, sendo essa diferença dividida pelo peso inicial da amostra e posteriormente multiplicada por 100.

Em seguida, as amostras de peito foram colocadas em chapa elétrica de modelo comercial, com aquecimento, por aproximadamente 10 minutos a 180°C até que o interior do peito atingisse 80°C. Ao estabilizar o peito em temperatura ambiente, a amostra foi pesada novamente, obtendo assim o peso após o cozimento. O valor da perda de água por cozimento PAC (%) foi obtido pela diferença do peso inicial da amostra e o peso da amostra após o cozimento, sendo essa diferença dividida pelo peso inicial da amostra e posteriormente multiplicada por 100.

A análise de força de cisalhamento foi realizada com os mesmos filés utilizados na análise de determinação da perda de peso por cozimento. Para tanto, as amostras foram aparadas e cortadas em três retângulos (1,0 x 1,0 x 1,3 cm). A análise acima descrita foi realizada utilizando um texturômetro TAXT2i, acoplado com a probe *Warner-Bratzler Shear Force* – mecânico, com capacidade de 20 kg e velocidade do seccionador de 20 cm/minuto, fornecendo a medida da força de cisalhamento (FC) da amostra, em quilograma força (kgf.cm<sup>2</sup>).

Para determinação de malonaldeído (MDA) foi utilizado o músculo do peito (*pectoralis major*) do lado esquerdo de uma ave de cada unidade experimental (9 amostras/tratamento). As amostras foram embaladas com papel filme em bandejas identificadas de polietileno, em seguida as amostras foram submetidas à condição de armazenamento em refrigerador a 4°C em três diferentes tempos (0, 7 e 14 dias). Ao completarem os tempos de armazenamento acima citados, as amostras do músculo do peito foram moídas em um processador. Em seguida, uma alíquota de 10 gramas foi retirada do material processado e adicionada a um tubo contendo 20 ml de TCA (ácido tricloroacético). Após serem homogeneizadas, as amostras foram centrifugadas em

centrífuga refrigerada (4°C) a 4000 rpm por 30 minutos. Após a centrifugação, as amostras foram filtradas, descartando-se o precipitado. Em seguida 2ml do filtrado foi adicionado em um tubo próprio juntamente com 2 ml de ácido tiobarbitúrico (TBA). Em seguida os tubos foram submetidos ao banho-maria por 20 minutos, após esse período, os mesmos foram retirados e a solução neles contida foi analisada em espectrofotometro a 532 nm. Para obtenção da curva padrão, foi utilizado o TEP (1, 1', 3, 3'' Tetratoxipropano) em diferentes alíquotas (10 a 100 µl) adicionado a uma solução de 5 ml de TBA com 5 ml de água destilada, colocado em banho-maria à 100°C por 35 minutos e lido em espectrofotômetro à 532 nm.

### ***Deposição mineral***

Foi mensurada a concentração de minerais (Fe, Zn, Cu, Mn, Ca, P) na tibia, peito e fígado de duas aves de cada unidade experimental (18 amostras/tratamento) e a na carcaça inteira de uma ave de cada unidade experimental (9 amostras/tratamento). A ave foi abatida por deslocamento cervical e foi retirada apenas as penas. As amostras foram processadas segundo as metodologias descritas por Silva e Queiroz (2002) e enviadas para o laboratório de pesquisa do centro experimental de Mairinque/SP.

### ***Excreção mineral***

Para determinação da excreção de minerais (Fe, Zn, Cu, Mn, Ca e P) as aves foram submetidas no período de 30 aos 33 dias de idade a coleta total de excretas. Para isso, as gaiolas foram providas com bandejas metálicas cobertas com plástico. A coleta de excretas foi realizada às 7:00 e 17:00 horas. Todo material coletado foi acondicionado em sacos plásticos devidamente identificados e armazenados em congelador. Ao final do período de coleta as excretas foram descongeladas, pesadas e homogeneizadas. Uma amostra representativa de 250 gramas foi retirada e levada a estufa de ventilação forçada, à temperatura de 60°C, durante 72 horas, para a pré-secagem. As amostras foram processadas e em enviadas para as análises dos minerais no laboratório de pesquisa do centro experimental de Mairinque/SP. Durante o período de coleta foi contabilizada a quantidade de ração consumida por unidade experimental. O valor da retenção mineral (RM) (%), foi obtido pela diferença entre a ingestão e a excreção dos minerais, sendo essa diferença dividida pela ingestão dos minerais e, posteriormente, multiplicada por 100, como descrito por Sakomura & Rostagno (2007).

### ***Morfometria Intestinal***

Aos 42 dias de idade foram coletados, de duas aves por repetição (18 amostras/tratamento), segmentos do duodeno, jejuno e íleo para confecção de lâminas histológicas para medição de altura de vilosidade, profundidade de cripta e relação vilosidade:cripta. As porções coletadas foram enviadas ao Laboratório de Histologia do Departamento de Medicina Veterinária da Universidade Federal de Viçosa, para a realização dos cortes histológicos e montagem de lâminas. Os cortes histológicos foram lavados em solução fisiológica, fixado em BOUIN por 24 horas, desidratados em álcool etílico, diafanizados em xilol e incluídos em parafina. Em cada lâmina foram colocadas duas secções da mucosa intestinal com 5µm de espessura. As lâminas foram colocadas novamente em solução de xilol para retirar o excesso de parafina e novamente hidratadas. Os corantes utilizados foram a hematoxilina e a eosina. Depois de coradas, as lâminas foram novamente desidratadas. Para a realização das leituras morfométricas, foi utilizado o microscópio óptico OLYMPUS BX50 com ampliação de 10x acoplado ao analisador de imagem "*Image-Pro Plus 1.3.2*" (1994). Foram selecionadas e medidas as alturas de 30 vilosidades e suas respectivas 30 criptas, bem orientadas e seccionadas longitudinalmente.

### ***Análises Sanguíneas***

Para análise de atividade enzimática, foram coletadas amostras de sangue de duas aves por unidade experimental (18 amostras/tratamento) para determinação da atividades das enzimas superóxido dismutase (SOD), glutathiona oxidada (GSSG), catalase (CAT), capacidade antioxidante total (TAC) e ceruloplasmina (CP). As coletas de sangue foram realizadas por meio de punção cardíaca, sendo colhidos 10 mL de sangue de cada ave com auxílio de uma seringa e agulha. Para extração do plasma, a alíquota do sangue foi transferida para tubo vacutainer com anticoagulante (EDTA) e centrifugada a 3.500 rpm durante 10 minutos. Para obtenção do concentrado de eritrócitos, uma parte do sangue (500 µL) foi centrifugado por quatro vezes a 3.200 rpm, durante 10 minutos, com sucessivas lavagens utilizando 3 mL de solução salina a 0,9 %, removendo o sobrenadante em cada lavagem a fim de obter somente a massa de hemácias. Todas as amostras de sangue processadas foram congeladas à temperatura de -80°C para posterior análise. A análise da atividade da enzima CAT, CP e as dosagens da concentração de TAC e GSSG foram realizadas no plasma das aves de acordo com as recomendações dos kits Enzo Life Science Ltda e Genese produtos diagnósticos Ltda., respectivamente. Os testes para

avaliar a atividade da SOD, foram realizados nos eritrócitos, como descrito na metodologia do Kit (Randox Laboratories Ltda), sendo as análises realizadas no equipamento automático para bioquímica, marca Mindray, modelo: BS200E.

### ***Integridade tecidual do coxim plantar***

Para análise de integridade tecidual de coxim plantar, foi utilizado o pé direito de duas aves de cada unidade experimental (18 amostras/tratamento) e avaliado por um único examinador para atribuição dos escores de lesões de coxim plantar, conforme adaptação metodológica descrita por Zhao et al. (2010). A avaliação baseou-se em 3 tipos de escore (Figura 1): Escore 0 – Coxim plantar sem lesões aparentes; Escore 1 – Coxim plantar com lesões brandas e Escore 2 – Coxim plantar com lesões severas.

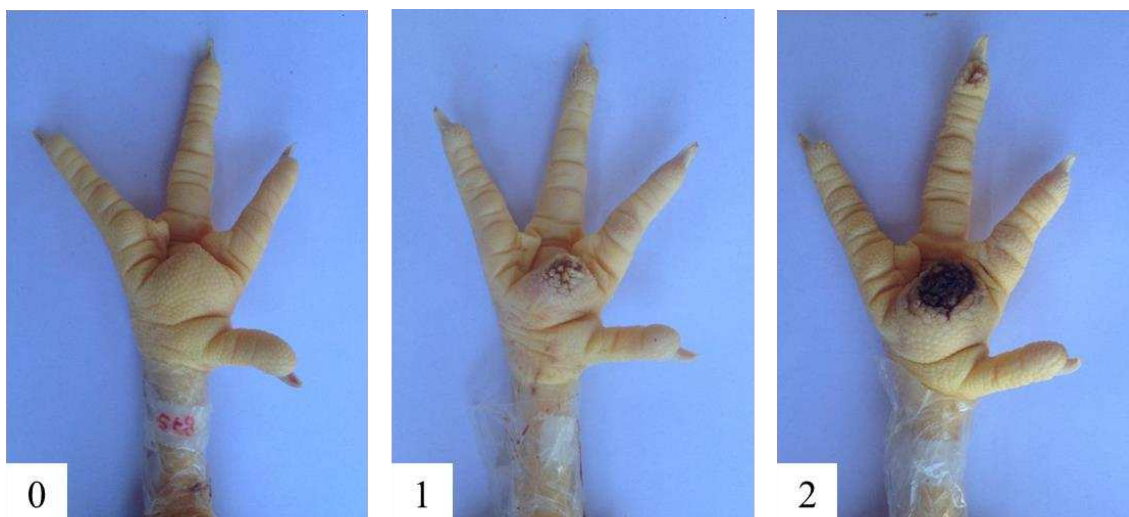


Figura 1. Avaliação de escore de coxim plantar. Escore 0: Coxim plantar sem lesões aparentes; Escore 1: Coxim plantar com lesões brandas e Escore 2: Coxim plantar com lesões severas.

### ***Análise Estatística***

As análises estatísticas dos dados obtidos foram realizadas utilizando-se o Sistema de Análises Estatística e Genética – (SAS, 1999), versão 9.1, e as médias dos parâmetros foram comparadas pelo teste Dunnet, ao nível de 5% de probabilidade.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A utilização de MFO em diferentes concentrações em comparação aos MFI não influenciou ( $P>0,05$ ) nenhum dos parâmetros de desempenho avaliado (peso corporal, consumo de ração, ganho de peso e conversão alimentar) das aves submetidas ao estresse por calor (Tabela 4). Esses resultados estão coerentes com os obtidos por Laganá et al. (2007), que também não verificaram variação no desempenho de frangos de cortes mantidos em estresse por calor, quando alimentados com MFO (40ppm de zinco e 0,3 ppm de selênio) em comparação aos MFI (80 ppm de zinco e 0,3 ppm de selênio). Silva et al. (2015), também não observaram influência da utilização de MFO (40 ppm de zinco e 0,2 ppm de selênio) em comparação aos MFI, nas mesmas concentrações, no desempenho de frangos de corte em estresse por calor. Segundo Bao et al. (2007) e Nollet et al. (2007) a suplementação de MFO na ração de frangos de corte pode não estar diretamente relacionada a melhoria no desempenho das aves.

Tabela 4. Consumo de ração (CR), peso corporal aos 42 dias de idade (PC42), ganho de peso (GP) e conversão alimentar (CA) de frangos de corte alimentados com rações em que os minerais de fonte inorgânica foram substituídos pelos minerais de fonte orgânica em diferentes concentrações.

Variáveis	MFI	MFO				P-valor	CV
		100%	80%	60%	40%		
P42 (g)	2239	2313	2290	2350	2289	0,884	6,71
CR (g)	2981	3160	3161	3156	3220	0,395	6,75
GP (g)	2195	2269	2246	2306	2245	0,885	6,84
CA	1,357	1,397	1,411	1,368	1,435	0,529	6,52

a,b: médias dos tratamentos seguidas por letras diferentes na mesma linha diferem da FMI pelo teste de Dunnett ( $P<0,05$ ).

MFI: Minerais de fonte inorgânica.

MFO: Minerais de fonte orgânica.

CV(%): Coeficiente de variação.

Com relação as características de carcaça, foi observado que a substituição dos MFI pelos MFO nas diferentes concentrações não influenciou ( $P>0,05$ ) o peso da carcaça, bem como dos pesos relativos do peito, sobrecoxa e coxa das aves mantidas em estresse por calor (Tabela 5). De forma consistente com estes resultados, Silva et al. (2015), não verificaram efeito significativo sobre o rendimento dos cortes nobres dos frangos de corte aos 42 dias em função da utilização dos MFO em substituição aos MFI.

Tabela 5. Peso da carcaça e peso relativo do peito, sobrecoxa e coxa de frangos de corte alimentados com rações em que os minerais de fonte inorgânica foram substituídos pelos minerais de fonte orgânica em diferentes concentrações.

Variáveis	MFI	MFO				P-valor	CV
		100%	80%	60%	40%		
Carcaça (g)	1863	1930	1929	1975	1931	0,476	6,04
Peito (%)	33,57	33,50	34,01	34,08	34,66	0,372	3,60
Sobrecoxa (%)	14,42	14,87	14,54	14,62	14,35	0,609	7,31
Coxa (%)	11,97	12,08	12,01	12,29	12,01	0,591	3,89

a,b: médias dos tratamentos seguidas por letras diferentes na mesma linha diferem da FMI pelo teste de Dunnett ( $P < 0,05$ ).

MFI: Minerais de fonte inorgânica.

MFO: Minerais de fonte orgânica.

CV(%): Coeficiente de variação.

Estes resultados podem ser justificados pelo fato de que os frangos em condições de alta temperatura, diminuem a produção do calor endógeno através de mecanismos físicos, comportamentais e endócrinos para impedir o aumento excessivo da temperatura corporal. Segundo relatos de Yahav et al. (1996) e Dahlke et al. (2005), o principal mecanismo endócrino é a diminuição dos hormônios tireoideanos circulantes, particularmente a tiroxina (T3). Atualmente esse hormônio é considerado o mais importante no controle dos processos metabólicos das aves, influenciando o crescimento, a eficiência alimentar, o consumo de oxigênio, a síntese e metabolismo de proteínas, carboidratos e lipídios, a termogênese e a composição corporal (Lawrence & Foller, 1997). Desta forma, a ausência de variação no desempenho produtivo das aves, verificada nessa condição adversa, pode estar diretamente relacionada à redução nos níveis plasmáticos de T3, também verificada em condições de alta temperatura.

Não foi observado efeito ( $P > 0,05$ ) da suplementação dos MFO nos valores de pH, PG, PAD, PAC, FC do músculo do peito e a coloração da carne dos cortes nobres (peito, coxa e sobrecoxa) dos frangos de corte (Tabela 6). Estes resultados estão consistentes com os relatados por Anadón (2002) e Venturini et al. (2007) que confirmam que os valores de pH influenciam diretamente as proteínas e os pigmentos da carne, e dessa forma, o valor em que ele se estabiliza exerce ação direta nos parâmetros de perda de água, maciez e de coloração da carne. Assim, os resultados obtidos neste estudo, podem ser justificados pelo fato de que o pH da carne das aves não variou entre os tratamentos.

Considerando os relatos de Woelfel et al. (2002), do músculo de peito dos frangos com pH inicial >5,76 e L\*>59,8 são classificadas como normais, pode-se inferir que a substituição dos MFO aos MFI não comprometeu a qualidade da carne das aves.

Tabela 6. Avaliação de pH, perda de água por gotejamento (PAG), perda de água por descongelamento (PAD), perda de água por cocção (PAC), força de cisalhamento (FC) do músculo do peito e coloração da carne (peito, coxa e sobrecoxa) de frangos de corte alimentados com rações em que os minerais de fonte inorgânica foram substituídos pelos minerais de fonte orgânica em diferentes concentrações.

Variáveis	MFI	MFO				P-valor	CV	
		100%	80%	60%	40%			
pH	inicial	6,246	6,249	6,274	6,168	6,206	0,792	3,15
	Final	6,001	5,978	6,007	5,976	5,912	0,739	2,61
PAG (%)		3,500	3,760	2,370	3,950	3,570	0,263	37,59
PAD (%)		7,472	7,630	7,653	7,372	7,541	0,823	27,82
PAC (%)		24,875	24,180	27,869	26,869	27,789	0,425	13,19
FC (kgf/cm <sup>2</sup> )		1,992	1,637	2,447	1,989	1,819	0,061	23,01
Peito	L*	63,137	60,541	60,494	62,914	63,187	0,558	7,80
	a*	5,206	5,254	5,611	4,992	5,090	0,772	20,13
	b*	18,422	18,377	16,990	18,324	18,097	0,179	7,77
Coxa	L*	55,583	55,323	53,386	57,681	56,248	0,054	5,27
	a*	8,192	8,778	9,474	8,081	8,665	0,280	16,77
	b*	16,308	17,429	16,538	17,047	16,726	0,624	9,67
Sobrecoxa	L*	59,377	56,100	57,501	58,160	58,799	0,168	5,01
	a*	7,896	9,275	8,267	8,416	8,645	0,405	17,79
	b*	18,582	19,104	17,637	19,171	19,309	0,417	10,95

L\*- Luminosidade – nível de escuro/claro.

a\*- Intensidade de vermelho/verde.

b\*- Intensidade de amarelo/azul.

MFI: Fonte de minerais inorgânicos.

MFO: Fonte de minerais orgânicos.

CV(%): Coeficiente de variação.

A utilização de MFO em substituição aos MFI não influenciou (P>0,05) a deposição mineral no peito, fígado e tíbia dos frangos de corte mantidos em ambiente de estresse por calor (Tabela 7). Contudo, as aves alimentadas com zinco na forma orgânica, apresentaram maior concentração desse mineral na carcaça (P<0,05) quando comparadas as aves alimentadas com o MFI. Estes resultados podem estar relacionados com o próprio organismo das aves, que utiliza do aminoácido ligado ao mineral para síntese proteica.

Tabela 7. Composição mineral da carcaça, peito, fígado, tíbia e excreta de frangos de corte alimentados com rações em que os minerais de fonte inorgânica foram substituídos pelos minerais de fonte orgânica em diferentes concentrações.

Variáveis	MFI	MFO				P-valor	CV	
		100%	80%	60%	40%			
Carcaça (mg/kg)	Cu	2,41	2,58	2,17	2,27	2,25	0,814	30,33
	Fe	105,87	102,94	108,09	103,11	109,35	0,829	17,74
	Mn	2,89	2,92	2,50	2,41	2,36	0,312	22,30
	Zn	64,27b	73,71a	73,18a	77,22a	72,65a	0,026	8,44
	Ca	32717	34209	33521	35407	32941	0,959	15,19
	P	24200	25105	24482	25537	23894	0,934	11,45
Peito (mg/kg)	Cu	1,29	1,46	1,50	1,62	1,66	0,927	30,03
	Fe	21,75	22,97	23,17	24,48	22,61	0,659	15,94
	Mn	1,00	1,15	1,13	1,10	1,10	0,893	34,25
	Zn	22,10	25,58	26,15	26,54	24,32	0,244	15,70
	Ca	164	163	161	164	170	0,997	18,76
	P	8969	8983	8872	8757	8695	0,754	4,66
Fígado (mg/kg)	Cu	16,14	13,97	13,49	13,99	13,58	0,850	20,39
	Fe	879,45	893,34	771,47	790,42	805,31	0,438	20,27
	Mn	11,32	10,77	9,79	9,26	9,22	0,141	19,37
	Zn	132,94	124,97	128,83	133,70	122,34	0,930	16,84
	Ca	172	162	164	172	171	0,662	9,87
	P	10793	11551	11527	11335	11390	0,595	8,07
Tíbia (mg/kg)	Cu	2,90	2,51	2,54	2,56	2,18	0,904	56,57
	Fe	65,54	67,90	68,82	70,84	63,98	0,905	18,07
	Mn	1,72	1,65	1,50	1,54	1,30	0,144	21,17
	Zn	86,05	87,69	91,17	85,72	80,74	0,778	16,41
	Ca	152438	157114	164221	163041	166617	0,497	9,08
	P	76117	78705	78261	77785	79758	0,955	6,41
Excreta (mg/kg)	Cu	67,46a	58,26b	57,68b	47,62b	39,71b	0,001	9,44
	Fe	663,41a	564,39b	557,15b	538,16b	509,35b	0,001	9,89
	Mn	416,46a	375,74b	327,97b	239,07b	173,14b	0,001	6,60
	Zn	430,18a	401,37a	337,92b	254,38b	214,79b	0,001	8,55
	Ca	19371a	17246b	17632b	16894b	17558b	0,003	6,06
	P	11617	10936	10847	10794	10971	0,304	8,62

a,b: médias dos tratamentos seguidas por letras diferentes na mesma linha diferem da FMI pelo teste de Dunnett (P<0,05).

MFI: Minerais de fonte inorgânica.

MFO: Minerais de fonte orgânica.

CV(%): Coeficiente de variação.

A semelhança química existente entre o aminoácido e o aminoácido ligado ao mineral (quelato) permite com que o RNA transportador utilize o aminoácido ligado ao

mineral, o que, segundo Schrauzer (2003) resulta em maior eficiência de retenção dos MFO no organismo das aves quando comparados aos MFI.

Não houve variação ( $P > 0,05$ ) no padrão de excreção de zinco quando se comparou os tratamentos em que se utilizou os MFO e MFI em iguais concentrações (100%). Contudo, observou-se redução gradativa ( $P < 0,05$ ) da excreção dos minerais cobre, ferro, manganês e zinco à medida que se reduziu os níveis de suplementação dos mesmos na forma orgânica. Comportamento similar foi verificado em relação a excreção de cálcio, que reduziu ( $P < 0,05$ ) à medida que se reduziu os níveis de suplementação MFO em comparação aos MFI.

Quanto a retenção mineral, verificou-se que, embora de forma não significativa, a retenção dos minerais cobre, ferro, manganês e zinco aumentou, respectivamente em até 23,3; 18; 18,9 e 18,5% na forma orgânica em comparação a inorgânica (Tabela 8).

Com os resultados obtidos nesse estudo ficou evidenciado que os MFI podem ser substituídos por MFO em quantidade equivalente a até 40% de suas concentrações no premix. Segundo Spears (1996), essa maior eficiência de absorção atribuída aos MFO é justificada pelo fato de que no processo de quelatação os minerais se ligam às moléculas orgânicas como os aminoácidos e peptídeos formando um composto quimicamente inerte, evitando a formação de complexos insolúveis com íons metálicos livres no intestino. De acordo com Rutz et al. (2007) e Zhao et al. (2010), a formação desse composto possibilita que, os minerais sejam absorvidos mais eficientemente por utilizarem carreadores intestinais de aminoácidos e peptídeos e não apenas transportadores clássicos de minerais.

Com base nos resultados observados neste estudo, pode-se inferir que o fornecimento de MFO, pode ser adicionada à dieta em menores concentrações, comparativamente, aos MFI sem comprometer o desempenho das aves, além de contribuir para redução da carga poluente das excretas.

Em relação a retenção mineral, verificou-se maior retenção ( $P < 0,05$ ) de cobre e manganês nas aves alimentadas com MFO nos níveis, respectivamente, de 100, 60 e 40% e níveis de 100, 80 e 60% (Tabela 8). Quanto aos outros minerais, foi observado que não houve influência ( $P > 0,05$ ) da utilização dos MFO em comparação aos MFI sobre a retenção mineral em frangos de corte. Segundo Wedekind et al. (1992), estes resultados podem estar relacionados a presença da enzima fitase no premix mineral utilizado em cada tratamento, reduzindo os níveis de fitato das dietas. Dessa forma, as evidências comparativas dos MFO em relações aos MFI foram comprometidas.

Tabela 8. Coeficiente de retenção mineral de frangos de corte alimentados com rações em que os minerais de fonte inorgânica foram substituídos pelos minerais de fonte orgânica em diferentes concentrações.

	MFI	MFO				P-valor	CV
		100%	80%	60%	40%		
Cu	51,59b	63,62a	60,29b	61,00a	61,81a	0,016	11,42
Fe	31,69	34,31	33,29	34,42	37,39	0,555	22,09
Mn	54,55b	64,84a	62,41a	61,10a	59,91b	0,009	8,47
Zn	52,65	62,39	61,58	60,56	61,45	0,087	11,86
Ca	75,30	78,69	78,4	78,24	78,54	0,448	4,96
P	61,47	68,46	69,50	69,08	68,84	0,113	9,34

MFI: Minerais de fonte inorgânica.

MFO: Minerais de fonte orgânica.

CV(%): Coeficiente de variação.

A substituição dos MFO pelos MFI, não influenciou ( $P>0,05$ ) a capacidade antioxidante total (TAC) e a atividade enzimática da superóxido desmutase (SOD), catalase (CAT) e ceruloplasmina (CP) no sangue das aves (Tabela 9). Estes resultados estão de acordo com os verificados por Figueiredo (2016), que não observaram diferenças na atividade da SOD e CAT em frangos de corte mantidos em estresse por calor, quando alimentados com selênio de fonte orgânica comparativamente ao de fonte inorgânica. Rao et al. (2016), que também não observaram variação na atividade SOD em frangos de cortes mantidos em estresse por calor, quando alimentados com minerais orgânicos (40 ppm de zinco, 0,3 ppm de selênio e 2 ppm de cobre) em comparação aos de fonte inorgânica em diferentes concentrações.

Contudo, verificou-se aumento ( $P<0,05$ ) da concentração da molécula de glutatona oxidada (GSSG) nas aves alimentadas com MFI quando comparado aos MFO. Estes resultados estão coerentes com os obtidos por Ma et al. (2011) e Ahmad et al. (2012), que em estudos conduzidos com frangos de corte, observaram que a suplementação, respectivamente, de zinco e de selênio de fonte inorgânica aumentaram a atividade da glutatona peroxidase, o que resultaria em aumento da GSSG. De acordo com Choct et al. (2004) estes resultados podem estar associados a ação pró-oxidante dos MFI, principalmente o selênio. Dessa forma, pode-se inferir que o aumento da atividade das enzimas antioxidantes ocorreu para amenizar os efeitos negativos dos radicais livres produzidos.

Com base nos fundamentos de Habibian et al. (2015), de que a molécula de GSSG é um biomarcador do estresse oxidativo por ser um produto gerado da neutralização do

peróxido de hidrogênio pela ação da glutathione peroxidase, pode-se inferir que utilização dos MFO favoreceu o status antioxidante nas aves no presente estudo.

Tabela 9. Avaliação da capacidade antioxidante total (TAC), superóxido desmutase (SOD), glutathione oxidada (GSSG), catalase (CAT) e ceruloplasmina (CP) no sangue de frangos de corte alimentados com rações em que os minerais de fonte inorgânica foram substituídos pelos minerais de fonte orgânica em diferentes concentrações.

	MFI	MFO				P-valor	CV
		100%	80%	60%	40%		
TAC ( $\mu\text{M}$ )	196,17	189,50	184,44	192,50	160,00	0,902	34,82
SOD (U/mL)	2,58	2,29	1,98	1,72	1,98	0,423	32,18
GSSG (pmoles)	11,83a	4,46b	4,44b	3,97b	5,80b	0,001	32,53
CAT ( $\mu\text{M}$ )	2625	2400	2488	2163	2181	0,823	33,06
CP (ng/mL)	19868	25920	43850	42847	36701	0,412	67,98

a,b: médias dos tratamentos seguidas por letras diferentes na mesma linha diferem da FMI pelo teste de Dunnett ( $P < 0,05$ ).

MFI: Minerais de fonte inorgânica.

MFO: Minerais de fonte orgânica.

CV(%): Coeficiente de variação.

Com relação as características morfométricas do intestino das aves, foi verificado que a utilização dos diferentes níveis de MFO em comparação aos MFI, influenciou ( $P < 0,05$ ) positivamente à altura de vilosidade do duodeno das aves que aumentou em até 28% (Tabela 10). Nesse mesmo sentido, a substituição dos MFI pelos MFO favoreceu a relação altura de vilosidade/profundidade de cripta (AV/PC) que aumentou de forma significativa ( $P < 0,05$ ) em até 58%. O aumento da altura de vilosidade de frangos de corte alimentados com zinco de fonte orgânica também foi verificado por Ma et al. (2011).

Quanto a região do jejuno, observou-se ( $P < 0,05$ ) maior relação AV/PC das aves alimentadas com 60% dos MFO. Contudo, não foi verificado ( $P > 0,05$ ) variação na altura de vilosidade, profundidade de cripta independente do tratamento. Em relação ao íleo, houve melhora significativa ( $P > 0,05$ ) na altura de vilosidade e na relação AV/PC, quando as aves foram alimentadas com 60% dos MFO.

Estes resultados estão condizentes com aqueles verificados para glutathione oxidada, e permitem inferir que os MFO desempenham um papel protetor no organismo, por favorecer a redução do status oxidativo nos frangos de corte mantidos em estresse por calor. Segundo Rutz & Murphy (2009) diferentemente dos MFO, os MFI possuem características pro-oxidantes como o selenito de sódio, que, quando combinado com ferro

e zinco pode potencialmente estimular a peroxidação lipídica e causar danos aos enterócitos e, comprometer a relação altura de vilosidade/profundidade de cripta.

Tabela 10. Avaliação da altura de vilosidade (AV), profundidade de cripta (PC) e relação altura de vilosidade/profundidade de cripta (AV/PC) dos segmentos intestinais de frangos de corte alimentados com rações em que os minerais de fonte inorgânica foram substituídos pelos minerais de fonte orgânica em diferentes concentrações.

	MFI	MFO				P-valor	CV
		100%	80%	60%	40%		
Duodeno ( $\mu\text{m}$ )							
AV	1067a	1256b	1234b	1284b	1370b	0,001	7,17
PC	255,01a	197,66b	230,54a	221,8a	207,54b	0,011	12,07
AV/PC	4,21b	6,46a	5,51a	5,55a	6,69a	0,001	14,75
Jejuno ( $\mu\text{m}$ )							
AV	903,79	834,75	885,45	919,45	888,75	0,117	5,83
PC	130,13	117,58	127,88	114,57	140,30	0,182	15,40
AV/PC	6,96b	7,15b	7,19b	8,95a	6,20b	0,007	14,58
Íleo ( $\mu\text{m}$ )							
AV	630,36a	589,41a	681,57a	721,82b	574,52a	0,001	7,41
PC	198,84a	127,78b	184,32a	141,71b	166,15a	0,008	21,08
AV/PC	3,22b	4,93a	3,78b	5,39a	3,67b	0,003	21,94

a,b: médias dos tratamentos seguidas por letras diferentes na mesma linha diferem da FMI pelo teste de Dunnett ( $P < 0,05$ ).

MFI: Minerais de fonte inorgânica.

MFO: Minerais de fonte orgânica.

CV(%): Coeficiente de variação.

A suplementação dos MFO em substituição aos MFI não influenciou ( $P > 0,05$ ) a concentração de malonaldeído (MDA) no músculo do peito de frangos de corte nos dias 0 e 7 de armazenamento (Tabela 11). No entanto, aos 14 dias de armazenamento verificou-se menor ( $P < 0,05$ ) concentração de MDA no peito das aves alimentadas com rações contendo MFO, quando comparado aos MFI. De forma consistente com estes resultados, Rao et al. (2016) também verificaram redução na concentração de MDA em frangos de corte submetidos ao estresse por calor em função da utilização dos MFO em diferentes concentrações. O MDA, de acordo com Silva et al. (2015) é um produto da peroxidação lipídica, a qual se inicia pela ação de radicais livres produzidos em condições de estresse. Segundo Halliwell & Gutteridge (1989) e Reiter et al. (1997) o estresse por calor pode aumentar a produção de radicais livres acima da capacidade antioxidante das células, resultando em danos nos tecidos que são evidenciados pela maior concentração

de MDA. Assim, a menor concentração de MDA no músculo do peito das aves observada neste estudo, é um indicativo de que os MFO podem minimizar os efeitos deletérios do estresse por calor que comprometeria a qualidade da carne armazenada.

Tabela 11. Concentrações de malonaldeído (MDA) na carne de peito de frangos de corte alimentados com rações em que os minerais de fonte inorgânica foram substituídos pelos minerais de fonte orgânica em diferentes concentrações.

	MFI	MFO				P-valor	CV
		100%	80%	60%	40%		
0 dia	0,722	0,557	0,542	0,601	0,586	0,165	21,81
7 dias	1,175	1,026	0,993	0,993	0,944	0,406	20,62
14 dias	2,469a	1,832b	1,899b	1,892b	1,946b	0,004	14,40

a,b: médias dos tratamentos seguidas por letras diferentes na mesma linha diferem da FMI pelo teste de Dunnett ( $P < 0,05$ ).

MFI: Minerais de fonte inorgânica.

MFO: Minerais de fonte orgânica.

CV(%): Coeficiente de variação.

Em relação a integridade tecidual do coxim plantar dos frangos de corte, foi observado redução ( $P < 0,05$ ) na incidência de lesões severas nas aves em até 100%, com a utilização dos MFO em substituição aos MFI nas rações (Tabela 12). Estes resultados corroboram os verificados por Zhao et al. (2010) e Manangi et al. (2012), que observaram que frangos de corte alimentados com rações contendo MFO, apresentaram menor incidência de lesões severas no coxim plantar.

Tabela 12. Avaliação de escore de coxim plantar de frangos de corte alimentados com rações em que os minerais de fonte inorgânica foram substituídos pelos minerais de fonte orgânica em diferentes concentrações.

Escore (%)	MFI	MFO				P-valor	CV
		100%	80%	60%	40%		
0	72b	100a	89a	89a	89a	0,001	1,61
1	6b	0a	11a	11a	11a	0,001	16,21
2	22b	0a	0a	0a	0a	0,001	14,37

a,b: médias dos tratamentos seguidas por letras diferentes na mesma linha diferem da FMI pelo teste de Dunnett ( $P < 0,05$ ).

MFI: Minerais de fonte inorgânica.

MFO: Minerais de fonte orgânica.

CV(%): Coeficiente de variação.

Escore 0: Coxim plantar sem lesões aparentes.

Escore 1: Coxim plantar com lesões brandas.

Escore 2: Coxim plantar com lesões severas.

Segundo estudos realizados por Mello (2012), os frangos de corte submetidas ao estresse por calor apresentam maior incidência de lesões no coxim plantar, devido a redução da qualidade da cama em que estão alojados. De acordo com Medeiros et al. (2005), este fato se deve porque em condições de estresse por calor as aves aumentam o consumo de água e conseqüentemente, as excretas por elas produzidas são mais líquidas o que contribui para o aumento da umidade da cama. A permanência das aves nessas condições é o que, segundo Medeiros et al. (2008), favorece o aparecimento de dermatites ou pododermatites. Contudo, tendo como base os relatos de Pardo et al. (2004) e Rutz et al. (2007), de que o zinco atua como cofator enzimático na síntese de queratina e colágeno e de McDowell (1992) de que o cobre é um importante cofator da enzima lisil-oxidase, que confere rigidez estrutural e elasticidade ao tecido, pode-se afirmar que a fonte orgânica desses minerais favoreceu a integridade do coxim plantar das aves, mesmo elas submetidas ao estresse por calor.

## **CONCLUSÃO**

O fornecimento de minerais de fonte orgânica em substituição aos de fonte inorgânica equivalente a 40% promove adequado desempenho produtivo, características de carcaça e status antioxidante de frangos de corte mantidos em ambiente de estresse por calor no período de 1 a 42 dias de idade.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AHMAD, H.; TIAN, J.; WANG, J. et al. 2012: Effects of dietary sodium selenite and selenium yeast on antioxidant enzyme activities and oxidative stability of chicken breast meat. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 60, n. 29, p. 7111-7120.

ANADÓN, H. L. S. Biological, nutritional and processing factors affecting breast meat quality of broilers. 2002. 171f. Thesis (Doctor of Philosophy in Animal and Poultry Sciences) – Faculty of Virginia Polytechnic Institute and State University.

BAO, Y.; CHOCT, M.; IJI, P.A.. 2007. Effect of organically complexed copper, iron, manganese, and zinc on broiler performance, mineral excretion, and accumulation in tissues. **J. Appl. Poult. Res.** 16:448–455, 2007.

BUFFINGTON, D. E.; COLAZZO-AROCHO, A.; CANTON, G. H.; PITT, D.; THATCHER, W. W.; E COLLIER, R. J. 1981: Black globe-humidity index (BGHI) as comfort equation for dairy cows. **American Society of Agricultural Engineers** v. 24, p. 711–714.

COBB-VANSTRESS. Manual de manejo de frangos de corte cobb. Guapiaçu, SP: Cobb-Vantress Brasil, 2012. 66p.

COLÉGIO BRASILEIRO DE EXPERIMENTAÇÃO ANIMAL (COBEA). 1991: **Princípios Éticos na Experimentação Animal**, julho, São Paulo, p. 1.

CONY, A.V.; ZOCCHÉ, A.T. Manejo de Frangos de Corte. In: MENDES, A.A.; NAAS, I.A.; MACARI, M. Produção de frangos de corte. Campinas: FACTA, 2004, p.117-136.

CHOCT, M.; NAYLOR, A. J.; REINKE, N. 2004: Selenium supplementation affects broiler growth performance, meat yield and feather coverage. **British Poultry Science**, v. 45, n. 5, p. 677-683.

DAHLKE, F.; LOYAU, T.; BEDRANI, L.; BERRI, C.. Empenamento, níveis hormonais de triiodotironina e tiroxina e temperatura corporal de frangos de corte de diferentes genótipos criados em diferentes condições de temperatura. **Ciência Rural**, v. 35, n. 3, p. 664-670, 2005.

HABIBIAN, M.; SADEGHI, G.; GHAZI, S.; MOEINI, M. M. 2015: Selenium as a feed supplement for heat-stressed poultry: a review. **Biological trace element research**, v. 165, n. 2, p. 183-193.

HALLIWELL, B.E; GUTTERIDGE, J.M.C. Free radicals in biology and medicine, 2nd edn. Oxford University Press, New York, NY, 1989.

LAGANÁ, C.; RIBEIRO, A.M.L.; KESSLER, A.M.; KRATZ, L.R.; PINHEIRO, C.C. Effect of the supplementation of vitamins and organic Minerals on the performance of broilers under heat stress. **Brazilian Journal of Poultry Science**, v.9, n.1, p.39-43, 2007.

LAWRENCE, T.L.J.; FOWLER, V.R. Hormonal, genetic and immunological influences on growth. In: LAWRENCE, T.L.J.; FOWLER, V.R. (ed). **Growth of farm animals**. New York: CAB INTERNATIONAL, 1997. p.102-149.

MA, W.; NIU, H.; WANG, Y. et al. Effects of zinc glycine chelate on oxidative stress, contents of trace elements, and intestinal morphology in broilers. **Biol. Trace Elem. Res.** 142:546–556. 2011.

MANANGI, M.K.; VAZQUEZ-AÑÓN, M.; RICHARDS, J.D. 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. **J. Appl. Poult. Res.**, 21, 881-890, 2012.

MCDOWELL, L.R. Minerals in animal and human nutrition. San Diego: Academic Press, 1992. 524p.

MEDEIROS, C.M.; BAÊTA, F.C.; OLIVEIRA, R.F.M. et al. Efeito da temperatura, umidade relativa e velocidade do ar em frangos de corte. **Engenharia na Agricultura**, v.13, p.277-286, 2005.

MEDEIROS, R. et al. A adição de diferentes produtos químicos e o efeito da umidade na volatilização de amônia em cama de frango. **Ciência Rural**, v. 38, p. 2321-2326, 2008.

MELLO, J.L.M. **Parâmetros fisiológicos e desempenho de frangos de corte criados sob condições simuladas de ondas de calor**. 2012. 89f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Curso de Pós-graduação em Zootecnia, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, UNESP, Botucatu, SP, 2012.

NAVARRO, J.; OBRADOR, E.; CARRETERO, J.; et al. *Biol. Med.* 1999, 26, 410.

NOLLET, L., VAN DER KLIS, J. LENSING, M. The effect of replacing inorganic with organic trace minerals in broiler diets on productive performance and mineral excretion. **J. Appl. Poult. Res.** 16:592–597, 2007.

OLIVEIRA, R.F.M.; DONZELE, J.L.; ABREU, M.L.T. et al. Efeito da temperatura e da umidade relativa sobre o desempenho de frangos de corte de 1 a 49 dias de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, p.797-803, 2006.

PARDO, P.E.; NETO, H.B.; CHIACCHIO, S.B. et al. Determinação de zinco da sola do casco de bovinos leiteiros com ou sem lesões podais, suplementados ou não com levedura seca de cana-deaçúcar. **Ciência Rural**. p.1501-1504, 2004.

RAO, S.V.; B. PRAKASH; RAJU, M.V.L.N.; PANDA, A.K.; KUMARI, R.K.; REDDY, E. E.P.K. Effect of Supplementing Organic Forms of Zinc, Selenium and Chromium on Performance, Anti-Oxidant and Immune Responses in Broiler Chicken Reared in Tropical Summer. **Biol Trace Elem Res.** v. 12, p. 794-798, 2016.

- REITER, R.J.; CARNEIRO, N.S.; OH, C.S. Melatonin in relation to cellular anti-oxidative defence mechanisms. **Horm Metab Res** 29: 363–372, 1997.
- ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2011.
- RUTZ, F.; ANCIUTI, M.A.; XAVIER, E.G.; ROLL, V.F.B.R.; ROSSI, P. Avanços na fisiologia e desempenho reprodutivo de aves domésticas. **Revista Brasileira Reprodução Animal**, Belo Horizonte, v.31, n.3, p.307- 317. 2007.
- RUTZ, F.; MURPHY, R. Minerais orgânicos para aves e suínos. In: CONGRESSO INTERNACIONAL SOBRE USO DA LEVEDURA NA ALIMENTAÇÃO ANIMAL, 1., 2009, Campinas, SP. **Anais ...** Campinas: CBNA, 2009. p.21-36.
- SAKOMURA, N.K.; ROSTAGNO, H.S. Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos. Jaboticabal: Funep, 2007, 283p.
- SAS. **SAS Software**. Version 9.1. Cary, North Carolina: SAS Institute Inc., 1999.
- SCHRAUZER, G.N. The nutritional significance, metabolism and toxicology of selenomethionine. *Adv Food Nutr Res*. 2003;47:73-112, 2003.
- SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos. 2. ed. Viçosa, MG: UFV. 2002. 178 p.
- SILVA, G.C.; NASCIMENTO, M.R.B.M.; PENHA-SILVA, N.; FERNANDES, A.F.; VILELA, D.R.; SOUTO, M.M. Suplementação com zinco e selênio em frangos de corte submetidos a estresse cíclico de calor. **Revista Ceres**, v.62, p.372-378, 2015.
- 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.
- VENTURINI, K. S.; SARCINELLI, M. F.; SILVA, L. C. Características da carne de frango. 2007. Vitória: Universidade Federal do Espírito Santo – UFES, 2007. p.7. (Boletim Técnico: 01307 PIE).
- YAHAV, S.; STRASCHNOW, A.; PLAVNIK, I.; HURWITZ, S. Effects of diurnally cycling versus constant temperatures on chicken growth and food intake. **British Poultry Science**, London, v.37, p.43-54, 1996.
- WEDEKIND, K.J., HORTIN, A.E., BAKER, D.H. Methodology for assessing zinc bioavailability: Efficacy estimates for zinc methionine, zinc sulfate, and zinc oxide. **Journal of Animal Science**, v.70, p.178-187. 1992.
- WOELFEL, R.L.; OWENS, C.M.; HIRSCHLER, E.M. et al. The characterization and incidence of pale, soft and exudative broiler meat in a commercial processing plant. **Poultry Science**, 81:579-584, 2002.

ZHAO, J.; SHIRLEY, R.B.; VAZQUEZ-AÑON, M. et al. Effects of chelated trace minerals on growth performance, breast meat yield, and footpad health in commercial meat broilers. **J. Appl. Poult. Res.**, 19, 365-372, 2010.

## **ANEXO 1**



UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA  
COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS DE PRODUÇÃO  
CEUAP/UFV

*Campus Universitário – Viçosa, MG – 36370-900 – Telefone: (31) 3899.3275 – e-mail: [ceuap@ufv.br](mailto:ceuap@ufv.br) – site: [www.ceuap.ufv.br](http://www.ceuap.ufv.br)*

Viçosa, 09/02/15

## CERTIFICADO

A comissão de ética no uso de animais de produção da universidade federal de viçosa certifica que o **processo nº 116/2014**, intitulado **“Suplementação de premix mineral inorgânico e premix mineral quelatado com selênio levedura para frangos de corte de 1 a 42 dias de idade mantidos em diferentes ambientes térmicos”**, coordenado pelo **prof(a). Rita Flávia de Miranda de Oliveira Donzele**, está de acordo com os princípios éticos da experimentação animal, estabelecido pelo Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal - CONCEA e com a legislação vigente, tendo sido aprovado por esta Comissão em **09/Fev/2015**.



UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA  
COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS DE PRODUÇÃO  
CEUAP/UFV

*Campus Universitário – Viçosa, MG – 36370-900 – Telefone: (31) 3899.3275 – e-mail: [ceuap@ufv.br](mailto:ceuap@ufv.br) – site: [www.ceuap.ufv.br](http://www.ceuap.ufv.br)*

Viçosa, 09/02/15

## CERTIFICATE

The ethic commission in use of production animals of universidade federal de viçosa certifies that the **process number 116/2014**, named **“Supplementation of inorganic mineral premix and chelated mineral premix with selenium yeast for broilers from 1 to 42 days of age under different thermal environments”**, coordinated by **prof(a). Rita Flávia de Miranda de Oliveira Donzele**, is in agreement with the Ethical Principles for Animal Research established by the National Council of Animal Experimentation Control (CONCEA) and with actual Brazilian legislation, and was approved by this commission on **Feb, 09th, 2015**.

---

Mário Luiz Chizzotti  
Coordenador da CEUAP/UFV