

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

**DESEMPENHO E MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DE BEM-ESTAR E  
QUALIDADE ÓSSEA DE FRANGOS DE CORTE ALIMENTADOS  
COM DUAS FONTES DE ZINCO**

IANÊ CORREIA DE LIMA ALMEIDA

Tese apresentada ao Programa de Pós - graduação em Zootecnia da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Câmpus de Botucatu. Área de concentração em Nutrição Animal, como parte das exigências para obtenção do título de Doutora em Zootecnia.

Botucatu - SP  
Março – 2019

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

**DESEMPENHO E MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DE BEM-ESTAR E  
QUALIDADE ÓSSEA DE FRANGOS DE CORTE ALIMENTADOS  
COM DUAS FONTES DE ZINCO**

IANÊ CORREIA DE LIMA ALMEIDA  
*Zootecnista*

Orientador: Prof. Ass. Dr. José Roberto Sartori

Coorientador: Prof. Ass. Dr. Marcos Livio Panhoza Tse

Tese apresentada ao Programa de Pós - graduação em Zootecnia da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Câmpus de Botucatu. Área de concentração em Nutrição Animal, como parte das exigências para obtenção do título de Doutora em Zootecnia.

Botucatu - SP

Março – 2019

A447d

Almeida, Ianê Correia de Lima

Desempenho e métodos de avaliação de bem-estar e qualidade óssea de frangos de corte alimentados com duas fontes de zinco / Ianê Correia de Lima Almeida. -- Botucatu, 2019

68 p. : tabs., fotos

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

Orientador: José Roberto Sartori

Coorientador: Marcos Livio Panhoza Tse

1. Frango de corte. 2. Bem-estar. 3. Locomoção animal. 4.  
Minerais. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Botucatu. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

## **BIOGRAFIA DO AUTOR**

Ianê Correia de Lima Almeida, nasceu em Tietê - SP, no dia 31 de agosto de 1988, na Santa Casa de Misericórdia de Tietê, filha de Luiz Carlos de Almeida (*in memorian*) e Marlene Belucci Correia de Almeida. Coursou escola pública estadual na mesma cidade onde nasceu e, 12 de fevereiro de 2007, ingressou no curso de Zootecnia na Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (FMVZ/UNESP), em Botucatu. Durante a graduação foi contemplada com bolsa de Iniciação Científica do CNPq no ano de 2007 e da FAPESP no ano de 2009. Graduou-se em 2 de dezembro de 2011. Iniciou seu curso de Mestrado em Ciência Animal e Pastagens pela Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” no ano de 2012, obtendo seu título de Mestre em Ciências em 2014, sendo contemplada com Bolsa de Mestrado pela FAPESP. Atualmente é aluna regularmente matriculada no Curso de Doutorado do Programa de Pós-graduação em Zootecnia da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da UNESP, Campus de Botucatu, ingressando neste programa no ano de 2016, sendo também contemplada com Bolsa de Doutorado pela Agência FAPESP. Jamais voltando para Tietê.

*“Insanidade é continuar fazendo sempre a mesma coisa e esperar resultados diferentes.”*

Albert Einstein

## OFEREÇO

Ao meu pai, Luiz Carlos de Almeida (*in memoriam*), que me amou e foi um grande exemplo de vida.

À minha avó, Pedrina Bellucci Correia (*in memoriam*), que me amou, incentivou e apoiou, além de ser um grande exemplo de vida.

Sei que se eles pudessem me abraçar, neste momento, o fariam.

## DEDICO

À minha mãe, Marlene, que esteve ao meu lado em todos os momentos, apoiando-me e dando-me forças para que eu concluísse mais esta etapa.

Obrigada pela ajuda e carinho.

Às minhas queridas filhas, Anita e Helena, que estão ao meu lado, com amor e paciência, e são a razão de tudo em minha vida.

Ao meu companheiro, Michel, que de alguma maneira me incentivou a realizar este trabalho.

Aos meus irmãos, Inaiá, Ibiara e Acauã, que me apoiam e me dão carinho, sempre.

Aos meus sobrinhos, Luiz Antonio, Mariah, João Carlos, Gabriel, Giulia, Joaquim, Alice, Bento e Marina, que me dão carinho e alegria.

## **AGRADECIMENTO ESPECIAL**

Ao meu orientador, Prof. Ass. Dr. José Roberto Sartori, pela oportunidade.

Ao Prof. Ass. Dr. Marcos Livio Panhoza Tse, pela orientação,  
ensinamentos, apoio e dedicação.

À Prof<sup>ª</sup>. Assoc. Dr<sup>ª</sup>. Ibiara Correia de Lima Almeida Paz, minha querida  
irmã, pela oportunidade, colaboração, ensinamentos, paciência, dedicação e  
companhia em todos os momentos desta trajetória.

Meus sinceros agradecimentos!

## **AGRADECIMENTOS**

À Deus, por me dar saúde, uma família linda e amigos sinceros.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP, pela concessão da bolsa de Doutorado (Processo 2016/04613-5).

Ao Programa de Pós-graduação em Zootecnia da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia – FMVZ da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP, Câmpus de Botucatu pela oportunidade de realização do curso de Doutorado.

À FMVZ/UNESP pela disponibilidade da infraestrutura necessária para condução do projeto de pesquisa.

Aos professores do Programa de Pós-graduação em Zootecnia da FMVZ/UNESP que muito contribuíram para meu aprendizado.

Aos professores Dr. Ricardo de Oliveira Orsi e Dra. Sílvia Regina Lucas de Souza, pelas valiosas contribuições, pelo apoio e incentivo.

Aos membros da banca pela disponibilidade em avaliar o trabalho e colaborar com sugestões para melhorias do mesmo.

Às funcionárias da Seção de Pós - graduação em Zootecnia da FMVZ/UNESP Cláudia Cristina Moreci e Ellen Cassemiro Guilhen pela colaboração.

Aos funcionários do setor experimental de avicultura Antonio Carlos Godoi, Gilson de Campos e Walter Jorge Júnior pelo trabalho, esforço e cuidado para realização da parte prática do experimento.

À todos os estagiários que me auxiliaram durante a condução deste trabalho.



Aos funcionários da Supervisão das Fazendas de Ensino, Pesquisa e Extensão, pela disponibilidade.

Aos funcionários da fábrica de ração, pela disponibilidade e competência na fabricação das rações experimentais.

Ao secretário do Departamento de Produção Animal (DPA), Renato Agostinho Arruda, pela disponibilidade, apoio e amizade.

Ao Assistente de Suporte Acadêmico II, José Antônio Dalanezi, pelo apoio, incentivo e amizade.

Aos colegas de Pós-graduação, Caio dos Ouros, Mariana Borges, Gustavo Chaves, Marconi Italo, Vinicius de Paula, Evelyn Brito, Patrícia Versuti, Bruno Lalla, Jéssica Cruvinel, Raimundo Netto e Grace Baldo, pela companhia nesta caminhada.

Aos meus cunhados, Robson, Flávio, Marcela e Mario, pelo apoio e pelos momentos de felicidade compartilhados.

Às minhas amigas-irmãs, Mazinha e Maísa, sempre estão ao meu lado.

À todos, que direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

Muito obrigada!

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

**SUMÁRIO**

	Página
RESUMO .....	1
ABSTRACT.....	2
<b>CAPÍTULO 1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS</b> .....	<b>3</b>
Introdução .....	4
Revisão de Literatura .....	5
Microminerais.....	5
Zinco.....	6
Bem-estar animal.....	7
Capacidade locomotora e bem-estar de frangos de corte.....	8
<i>Gait score</i> .....	14
<i>Latency to lie</i> .....	15
Síndrome do osso negro .....	16
Referências.....	19
<b>CAPÍTULO 2. DESEMPENHO E QUALIDADE ÓSSEA DE FRANGOS DE CORTE ALIMENTADOS COM ZINCO ORGÂNICO</b> .....	<b>26</b>
Resumo .....	27
Abstract .....	28
Introdução .....	29
Material e Métodos .....	30
Instalações e Manejo .....	31
Dieta experimental .....	32
Desempenho .....	33
Resistência de pele .....	34
Espondilolistese.....	34
Matéria seca, índice Seedor, resistência óssea, diâmetro ósseo e minerais no osso.....	35
Síndrome do osso negro .....	36

Análise estatística .....	36
Resultados .....	37
Desempenho .....	37
Resistência de pele .....	39
Qualidade óssea.....	39
Síndrome do osso negro e espondilolistese .....	41
Discussão.....	42
Desempenho.....	42
Resistência de pele .....	44
Qualidade óssea.....	44
Síndrome do osso negro e espondilolistese .....	45
Conclusão.....	46
Referências.....	47

<b>CAPÍTULO 3. LATENCY TO LIE EM FRANGOS DE CORTE ALIMENTADOS COM FONTES DE ZINCO: VALIDAÇÃO DA METODOLOGIA .....</b>	<b>51</b>
Resumo .....	52
Abstract .....	54
Introdução .....	54
Material e Métodos .....	55
Manejo das aves .....	56
Mensuração do bem-estar animal e problemas locomotores .....	57
<i>Gait score</i> .....	57
<i>Latency to lie</i> .....	58
Análise estatística.....	58
Resultados e Discussão .....	59
Experimento I.....	59
Experimento II.....	61
Conclusões .....	63
Referências .....	64

<b>CAPÍTULO 4. IMPLICAÇÕES</b> .....	67
Implicações.....	68

## ÍNDICE DE FIGURAS

Página

<b>CAPÍTULO 3. LATENCY TO LIE EM FRANGOS DE CORTE ALIMENTADOS COM FONTES DE ZINCO: VALIDAÇÃO DA METODOLOGIA .....</b>	<b>51</b>
---	-----------

Figura 1. Avaliação de <i>latency to lie</i> . Ave saudável e que permaneceu em pé por mais de 370 segundos .....	61
---	----

Figura 2. Avaliação de <i>latency to lie</i> . Ave com grave problema locomotor e quando colocada na água permaneceu sentada .....	61
--	----

## ÍNDICE DE TABELAS

Página

<b>CAPÍTULO 2. DESEMPENHO E QUALIDADE ÓSSEA DE FRANGOS DE CORTE ALIMENTADOS COM ZINCO ORGÂNICO .....</b>	<b>26</b>
Tabela 1- Composições centesimal e nutricional calculada das dietas experimentais. .....	33
Tabela 2 - Desempenho de frangos de corte, no período de 1 a 21 dias, alimentados com zinco inorgânico (Controle), zinco orgânico (Zn O) e associação com zinco inorgânico (Zn I +Zn O). .....	37
Tabela 3 - Desempenho de frangos de corte, no período de 1 a 35 dias, alimentados com zinco inorgânico (Controle), zinco orgânico (Zn O) e associação com zinco inorgânico (Zn I +Zn O).....	38
Tabela 4 - Desempenho de frangos de corte, no período de 1 a 42 dias, com zinco inorgânico (Controle), zinco orgânico (Zn O) e associação com zinco inorgânico (Zn I +Zn O). .....	39
Tabela 5 - Resistência da pele de frangos de corte alimentados com zinco inorgânico (Controle), zinco orgânico (Zn O) e associação com zinco inorgânico (Zn I +Zn O). .....	39
Tabela 6 - Matéria seca, matéria mineral, índice Seedor, diâmetro, resistência e espessura na tíbia e no fêmur de frangos de corte alimentados com zinco inorgânico (Controle), zinco orgânico (Zn O) e associação com zinco inorgânico (Zn I +Zn O) .....	40
Tabela 7 - Teor de minerais na tíbia e fêmur de frangos de corte alimentados com zinco inorgânico (Controle), zinco orgânico (Zn O) e associação com zinco inorgânico (Zn I +Zn O).....	41

Tabela 8 - Frequência da Síndrome do osso negro em coxas e sobrecoxas e de espondilolistese em frangos de corte alimentados com zinco inorgânico (Controle), zinco orgânico (Zn O) e associação com zinco inorgânico (Zn I +Zn O).....	42
--	----

**CAPÍTULO 3. LATENCY TO LIE EM FRANGOS DE CORTE ALIMENTADOS COM FONTES DE ZINCO: VALIDAÇÃO DA METODOLOGIA**..... 53

Tabela 1. Descrição dos tratamentos experimentais – experimento II.....	57
Tabela 2. Frequência de <i>gait score</i> em frangos de corte (%).....	59
Tabela 3. Tempo de <i>latency to lie</i> em frangos de corte classificados em <i>gait score</i> (GS). .....	60
Tabela 4. Correlação entre <i>gait score</i> e <i>latency to lie</i> .....	60
Tabela 5. Frequência de <i>gait score</i> (GS) em frangos de corte alimentados com zinco inorgânico (Controle), zinco orgânico (Zn O) e associação com zinco inorgânico (Zn I +Zn O).....	62
Tabela 6. Valores de <i>latency to lie</i> (segundos) encontrados para cada <i>gait score</i> (GS) em frangos de corte alimentados com zinco inorgânico (Controle), zinco orgânico (Zn O) e associação com zinco inorgânico (Zn I +Zn O).....	62

## DESEMPENHO E MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DE BEM-ESTAR E QUALIDADE ÓSSEA DE FRANGOS DE CORTE ALIMENTADOS COM DUAS FONTES DE ZINCO

### RESUMO

A adequada suplementação mineral pode colaborar para a redução de distúrbios ósseos e locomotores. O objetivo foi descrever e explicar o efeito da substituição parcial ou total de fontes de zinco na dieta de frangos de corte sobre produtividade, capacidade de locomoção, qualidade óssea e bem-estar. Foram conduzidos dois experimentos, na Área de Ensino, Pesquisa e Extensão em Avicultura de corte da FMVZ/UNESP, câmpus de Botucatu. Para o Experimento I foram adquiridas 400 aves da linhagem Ross® 308, com 30 dias de idade, de um aviário comercial, e alocadas em 8 boxes com 50 aves cada. O bem-estar foi qualificado por dois métodos, o *gait score* e o *latency to lie*, que são, respectivamente, a maneira como as aves caminham e sua capacidade de manterem-se em pé e, posteriormente, estes métodos foram comparados e correlacionados. Essas avaliações foram realizadas quando as aves atingiram 2,8 kg ( $\pm 140$  g), aproximadamente aos 39 dias. Para o Experimento II foram utilizados 1.512 frangos de corte machos com um dia, da linhagem Ross®308 distribuídos entre os tratamentos. O delineamento experimental foi em blocos casualizados com três tratamentos (T1: Controle - 80ppm de zinco inorgânico; T2: 40ppm de zinco inorgânico acrescido de 40ppm de zinco orgânico; T3: 40ppm de zinco orgânico) e oito repetições de 63 aves cada. As fontes de zinco inorgânico e orgânico utilizadas foram, respectivamente, sulfato de zinco (35%) e zinco na forma de complexo aminoacídico. O desempenho das aves foi quantificado, e quando atingiram peso médio de 2,8 kg, foi realizado *gait score* e *latency to lie*. No 43º dia 144 aves, seis aves por repetição (48 aves/tratamento) dentro do peso médio da repetição ( $\pm 5\%$ ), foram abatidas e suas carcaças inteiras e cortes pesados para cálculo de rendimento. Nas mesmas amostras foram mensurados resistência de pele, espondilolistese, síndrome do osso negro, teor de matéria seca, índice Seedor, resistência e diâmetro ósseos e minerais no osso. Para análise dos dados utilizou-se o programa estatístico SAS 9.2. No Experimento I obteve-se correlação altamente significativa (-0,6408 –  $p < 0,0001$ ) entre os dois métodos de avaliação de bem-estar e a utilização do *latency to lie* em aviários comerciais é viável. No experimento II verificou-se que as diferentes associações de zinco inorgânico e zinco orgânico não influenciaram a capacidade de caminhar ou manter-se em pé das aves e, independentemente da fonte de zinco, o desempenho não foi afetado. O rendimento de gordura ( $P = 0,0002$ ) e de dorso ( $P < 0,0001$ ) foram maiores para o tratamento 3. O tratamento 1 aumentou a resistência da tibia ( $P = 0,0352$ ), o que pode ter ocorrido em função do maior teor de cálcio encontrado neste osso. Os fêmures do tratamento 3 apresentaram maior teor de zinco ( $P < 0,0001$ ). A fonte de zinco não é fator limitante para índices produtivos, qualidade óssea e capacidade locomotora de frangos de corte, o que pode demonstrar que este mineral na forma orgânica é mais biodisponível, visto que foi utilizado em níveis inferiores na dieta.

**Palavras-Chave:** bem-estar, complexo aminoacídico, produtividade, zinco



## PERFORMANCE AND WELFARE ASSESSMENTS AND BONE QUALITY OF BROILERS CHICKENS FED WITH TWO SOURCES OF ZINC

### ABSTRACT

This study was carried out aimed evaluated the productivity, walking ability, bone quality and welfare of broilers fed with different sources of zinc (partial or total replacement of inorganic sources of zinc). For this, two experiments were conducted at FMVZ / UNESP, Campus Botucatu. In the first experiment 400 birds of Ross® 308 strain, with 30 days post hatching were purchased from commercial husbandry and placed in eight pens with 50 birds each and submitted to a five day adaptation period. Th welfare was assessed by two distinct methods, *gait score* and *latency to lie*, which are, respectively, the birds walking ability and their ability to keep stand up and subsequently these methods were compared and correlated. These evaluations were performed when the birds reached 2.8 kg ( $\pm$  140 g), approximately 39 days post hatching. In the second experimente , 1,512 males broilers of the Ross®308 strain were distributed equally in the treatments. The experimental design was randomized blocks with three treatments (T1: Control - 80ppm of inorganic zinc in the period from 1 to 42 days T2: 40ppm of inorganic zinc plus 40ppm of organic zinc in the period from 1 to 42 days, T3: 40ppm of zinc organic in the period from 1 to 42 days) and eight replicates of 63 birds each. The sources of inorganic and organic zinc used were, respectively, zinc sulfate (35%) and zinc in the form of amino acid complex. The birds performance was evaluated and when they reached 2.8 kg, *gait score* and *latency to lie* were assessed. At 43 days post hatching, 144 birds (48 birds / treatment) within the mean weight of the replicate ( $\pm$  5%) were slaughtered and the carcasses and parts (breast with skin and bone, fillet of breast, back, legs, wings) and abdominal fat were weighed to calculate yield. These birds were also evaluated for skin resistance and spondylolisthesis, dry matter content, Seedor index, bone resistance and diameter, bone minerals and black bone syndrome. The data were analyzed using the statistical program SAS 9.2. In Experiment I a correlation (-0,6408) between the two methods of welfare evaluations was observed and the use of *latency to lie* is feasible. In experiment II was verified that the different associations of inorganic zinc and organic zinc did not influence the ability to walk or to keep stand up, and regardless of zinc source, performance was not affected by zinc supplementation. For the treatment 3 there was increase in fat yield ( $P = 0.0002$ ) and back yield ( $P < 0.0001$ ). For the bone quality characteristics the treatment 1 increased tibial resistance ( $P = 0.0352$ ), which may have occurred due to the higher calcium content found in this bone. The femurs of treatment 3 showed higher zinc content ( $P < 0.0001$ ). In conclusion, the source of zinc is not a limiting factor for productive indexes, bone quality and locomotor ability of broilers, this can prove that this mineral in the organic form is more bioavailable, since it was used in levels lower in the diet.

Key-words: amino acid complex, performance, welfare, zinc

## **CAPÍTULO 1**

### **CONSIDERAÇÕES INICIAIS**

## INTRODUÇÃO

A alta produtividade dos frangos de corte se deve, principalmente, às pesquisas em melhoramento genético, nutrição e manejo, que levaram ao rápido crescimento dessas aves, quando comparadas a outros animais. No entanto, o rápido crescimento pode resultar em distúrbios na composição mineral dos ossos e cartilagens, favorecendo o aparecimento de alterações locomotoras (GONZALES et al., 2009; BERNARDI, 2011).

A adequada suplementação de minerais é uma das maneiras de se contornar esse problema e é essencial para os animais, mesmo que em pequenas concentrações, pois estão associados ao crescimento e desenvolvimento de tecidos musculares e ósseos, como é o caso do micromineral zinco. Nos ossos o zinco exerce funções importantes no crescimento e desenvolvimento, atuando na diferenciação de condrócitos, osteoblastos e fibroblastos (BRANDÃO NETO, 1995). É um dos constituintes da metaloenzima anidrase carbônica e atua no equilíbrio ácido-base do organismo e na calcificação óssea, sua deficiência pode gerar distúrbios e alterações neste tecido (LEESON & SUMMERS, 1997).

Algumas afecções do tecido ósseo acometem o sistema locomotor das aves e são de grande importância econômica na produção animal, pois resultam em queda na produtividade em função do aumento de condenações de carcaças nos abatedouros, redução do consumo de alimento e água, por dificuldade de locomoção, e piora no bem-estar (BERNARDI, 2011; ALMEIDA PAZ et al., 2019).

A preocupação com bem-estar dos animais de produção, é caracterizada como uma das principais demandas do consumidor, cada vez mais consciente e exigente, o que demonstra uma evolução na conscientização da população. Segundo Mendes et al. (2012)

o bem-estar animal se tornou *marketing* para a conquista de novos mercados pela indústria alimentar.

Desta forma, os padrões de produção tem se alterado na tentativa de ajustar-se às necessidades da ave e enquadrar-se as expectativas do consumidor. Há um movimento da indústria em reconhecer que os propósitos da criação e produção animal são legítimos e implicam em responsabilidade ética, não apenas produtiva; contudo, do ponto de vista econômico, a vantagem é que animais saudáveis, bem nutridos e em condições de expressar seu comportamento sem nenhuma limitação, o que compreende a facilidade de locomover-se, serão animais mais produtivos.

Portanto, o *status* de “bem-estar bom” promoverá incrementos de produtividade à partir de aumentos no ganho de peso, melhora na homogeneidade dos lotes e diminuição das perdas em granjas e abatedouros, tornando este sistema de produção ainda mais sustentável.

## **REVISÃO DE LITERATURA**

### **Microminerais**

Os minerais são a parte inorgânica dos tecidos corporais e alimentos. São classificados de acordo com a quantidade exigida em macro e microminerais (ou minerais traço). Os macrominerais são exigidos em concentrações maiores que 100 ppm e frequentemente são expressos como porcentagem da dieta, enquanto os microminerais são exigidos em concentrações menores que 100 ppm e são expressos em ppm ou ppb (LEESON & SUMMERS, 2001).

Dentre os macrominerais essenciais a formação e mineralização óssea estão o

cálcio, e fósforo e o magnésio. A rigidez do tecido ósseo é resultante da deposição de cálcio e o fósforo e estes minerais têm interações dietéticas muito estreitas. Já os microminerais envolvidos no processo de formação e mineralização do tecido esquelético são, cobre, manganês e zinco.

### **Zinco**

O zinco é um microelemento essencial, que está envolvido na atividade de mais de 300 enzimas (MCCALL et al., 2000). Apresenta várias funções catalíticas, estruturais e reguladoras, apesar das baixas concentrações na maioria dos órgãos (FERNANDES, 2012). Os tecidos, muscular e ósseo são as principais reservas de zinco e possuem capacidade de liberar possíveis excedentes em condições de deficiência na dieta (UNDERWOOD & SUTTLE, 1999).

A absorção de zinco ocorre principalmente no intestino delgado (COUSINS, 1985), sendo transportada para o interior da membrana celular através de carreadores (UNDERWOOD & SUTTLE, 1999). Dentro da célula da mucosa, a transferência do zinco é realizada através da metalotioneína, proteína produzida no fígado, cuja síntese é influenciada pelos níveis dietéticos e plasmáticos de zinco (MCDOWELL, 1992). Alguns componentes da dieta podem reduzir a absorção deste micromineral, incluindo fitatos, gorduras saturadas, cálcio, fósforo, sódio, potássio e cobre (FERNANDES, 2012). De maneira geral, os fatores que mais afetam a digestibilidade e disponibilidade do zinco são sua forma química e física.

Conforme citado anteriormente, o zinco é um elemento traço necessário para o crescimento normal, e entre outras funções, desenvolvimento ósseo, empenamento, processos enzimáticos, e regulação do apetite em aves (BATALL et al., 2001).

Normalmente, a suplementação deste e de outros microminerais em dietas para aves é feita com uma ampla margem de segurança, o que pode representar desperdício e aumento do custo de produção (FERNANDES, 2012). Trabalhos que abordem este tema são escassos e, muitas vezes, baseado em informações obtidas em pesquisas realizadas em décadas passadas.

De modo geral, a suplementação de microminerais aos animais é feita utilizando formas salinas inorgânicas simples com biodisponibilidades diferentes (FERNANDES, 2012). Atualmente, têm-se utilizado o zinco na forma orgânica ou zinco quelatado na suplementação, buscando-se uma maior biodisponibilidade. Segundo Leeson & Summers (2001), os minerais quelatados são definidos como sendo uma mistura de elementos minerais ligados a algum tipo de carregador, podendo ser um aminoácido ou polissacarídeo capaz de ligar-se covalentemente com aminos ou oxigênio formando estruturas cíclicas. O termo “mineral orgânico” refere-se a uma variedade de compostos, incluindo complexos metal-aminoácido, quelatos de metais aminados, proteínatos de metal, complexos de metalpolissacarídeos, complexos de metal-levedura e complexos de ácido metal-orgânico (PATTON, 1990).

### **Bem-estar animal**

O bem-estar animal é a ciência de conhecimento indispensável aos profissionais que trabalham e avaliam o resultado da interação entre humanos e animais e está relacionado a conceitos como, necessidades, liberdades, capacidade de adaptação, previsão, controle e sentimentos. Os efeitos negativos sobre o bem-estar podem ser oriundos de situações como, doenças, traumatismos, fome, interações sociais mal resolvidas, condições de alojamento e manejo inadequadas, transporte, mutilações

variadas, entre outras (BROOM e MOLENTO, 2004). Sendo assim, está relacionado com a qualidade de vida do animal e pode afetar a viabilidade econômica e rentabilidade do negócio (NÄÄS, 2008).

Encontram-se inúmeras descrições sobre este tema, no entanto, o conceito com melhor aceitação é “bem-estar de um indivíduo é seu estado em relação às suas tentativas de se adaptar ao seu ambiente”, ou seja, o bem-estar é uma característica presente no animal, e não algo que se fornece a ele (BROOM, 1986; BROOM, 1988; BROOM, 1993; BROOM, 2001; BROOM e MOLENTO, 2004; NÄÄS et al., 2008). Este estado pode variar de muito bom até muito ruim (BRADSHAW et al., 2002).

Este é um assunto que tem atraído cada vez mais a opinião pública, o que é determinante à aplicação dessas condutas na produção, tornando crescentes as exigências por melhorias nas condições de criação em todos os sistemas de produção animal, fazendo-se necessários mais estudos nesta área e o uso de métodos que estimem objetivamente o conforto de frangos de corte (NÄÄS, 2008; MENDES et al. 2012).

Contudo, o bem-estar é bastante amplo e permite interpretações distintas, dependendo do grau de instrução, religião, experiências individuais anteriores e hábitos culturais; sendo assim, inicialmente, a implantação de metodologias para melhorias no bem-estar de frangos de corte teve difícil aprovação pelos países produtores, pois algumas avaliações para verificar o *status* de conforto animal são de caráter subjetivo (NÄÄS et al., 2009).

### **Capacidade locomotora e bem-estar de frangos de corte**

Aves que durante a criação passam por estresses decorrentes de patologias ou dificuldade prolongada para adaptar-se a dada situação, apresentam baixo ganho de peso

e desenvolvimento, o que pode culminar em morte (KNOWLES e BROOM, 1990). Em meio a diversos fatores que podem influenciar negativamente o conforto animal, pode-se destacar a incidência de problemas locomotores, principalmente em animais confinados como os frangos de corte (ALMEIDA PAZ, 2008; ALVES et al., 2016; ALMEIDA PAZ et al., 2019). Em seus estudos, Nääs et al. (2009) relatam que o bem-estar em frangos de corte com dificuldades locomotoras é comprometido pela impossibilidade dessas aves afetadas se alimentarem adequadamente, devido à diminuição da mobilidade. Além de sentirem dor por consequência das patologias locomotoras (McGEOWN et al., 1999; COOK, 2000; MANNING et al., 2007; ALMEIDA PAZ et al., 2019). Nestas condições, o bem-estar e o comportamento natural dos frangos de corte são afetados (KESTIN et al., 1992; BESSI, 2006; NÄÄS, 2008;).

Essas aves sobrecarregam seus sistemas locomotores por consequência de seus elevados pesos corporais, tendendo assim a desenvolver claudicações (BRADSHAW et al., 2002; FERNANDES et al., 2012). O que sugere que eles não conseguem adaptar o sistema esquelético tão rápido quanto o peso corporal aumenta, com consequências negativas a habilidade para responder a cargas mecânicas imposta por sua conformação e peso (PITSILLIDES et al., 1999; ANGEL, 2007).

Além disso, a locomoção do frango de corte das linhagens atuais é muito diferente daquela relatada antigamente, em função de alterações no centro de gravidade, centro de massa e angulação do corpo em relação à sua base e estão intimamente ligados ao equilíbrio durante seu deslocamento (ALVES et al, 2016a; Alves et al., 2016b). As oscilações corporais são correções compensatórias que o corpo faz para não afastar-se do limite do centro de gravidade e permanecer dentro do equilíbrio corporal esperado, a fim



de manter a linha do centro de gravidade dentro da base de sustentação (BANKOFF et al., 2006a; BANKOFF et al., 2006b; DUARTE, 1999; DUARTE, 2000).

Aves com melhor conformação corporal e elevados índices de desenvolvimento do músculo *Pectoralis major* podem apresentar sua oscilação corporal deficiente, ou seja, o corpo desse animal se encontra no limite compensatório do centro de gravidade, afetando também o equilíbrio (CORR et al., 2003).

Com o passar da idade os animais apresentam acúmulo de massa na área superior do corpo (peito) e, no gênero masculino isso é mais acentuado, assim sua distribuição muscular não é tão proporcional quanto nas fêmeas. Com o aumento da massa corporal que dificulta a estabilidade do animal, verifica-se alteração em seu equilíbrio, uma vez que a altura do centro de gravidade tem relação com a capacidade física (CHANDLER et al., 1990).

Alguns estudos apontam que a condição de equilíbrio de frangos de corte industriais é diferente daquela encontrada para frangos caipiras, ou seja, de linhagem de crescimento lento, provavelmente porque a deposição de peito nestes animais é menor (ALVES et al., 2016b). Conforme mencionado anteriormente, a seleção para melhor rendimento de carcaça e partes, em especial o peito, alterou a conformação corporal dos frangos industriais, tornando-os mais compactos. Decorrente deste progresso as aves atuais apresentam rápida taxa de crescimento muscular em relação à taxa de crescimento ósseo, principalmente das pernas, aumentando a probabilidade de distúrbios de locomoção nestes animais (APPLEGATE e LILBURN, 2002).

Alguns problemas de formação óssea como a espondilolistese também são relatados com bastante frequência e associados à dificuldades de locomoção em frangos de corte (RIDDELL, 1992). A espondilolistese é uma deformidade que afeta as vértebras

torácicas de muitos animais, incluindo os frangos de corte. A primeira vez que foi descrita em frangos de corte foi em 1972, em um estudo de Riddell e seus colaboradores. Esta condição ocorre pelo deslizamento ventral da quarta ou quinta vértebra resultando na compressão da medula espinhal e, conseqüentemente, paralisia parcial ou total dos membros pélvicos (WISE, 1973; JULIAN, 2004; PAIXÃO et al., 2007; MENDONÇA Jr, 2009). As aves que são afetadas, geralmente, são claudicantes e apresentam comportamento de sentar-se com os pés estendidos ou cair de lado (JULIAN, 2004). Esses animais podem apresentar postura mais prostrada e o centro de equilíbrio afetado.

Sabe-se também, que algumas anomalias, já extensamente descritas, como a degeneração femoral, a discondroplasia tibial e desvio de articulações como *valgus* e *varus*, em conjunto trazem muitos prejuízos econômicos e de bem-estar aos frangos de corte (JULIAN, 1985; KEALY, 1987; LILBURN et al., 1989; RIDDELL, 1992; THORP et al., 1993; TARDIN, 1995; THORP et al., 1997; BAINS et al., 1998; MURAKAMI, 2000; PIZAURO Jr et al., 2002; ALMEIDA PAZ et al., 2007; MENDONÇA Jr, 2009; CAPONI, 2009; GONZALES et al., 2009; MELLO et al., 2011; SARICA e YAMAK, 2010; FERNANDES et al., 2012).

Apesar da grande associação entre o ganho de peso das linhagens atuais com os distúrbios locomotores, sabe-se que esses problemas podem ser reduzidos com manejos adequados no início da criação. Tais manejos devem buscar taxas de crescimento inicial mais lentas ou melhor aporte nutricional, que garanta desenvolvimento adequado de estruturas como esqueleto e aparelho digestório. No entanto, alguns trabalhos demonstram que a maioria dos animais com crescimento elevado não é necessariamente acometida por distúrbios locomotores, pois as perturbações da perna estão mais relacionadas com a interação de fatores e não somente com o crescimento

(WALDENSTEDT, 2006). Diversos elementos ambientais como a qualidade e o material utilizado para cama aviária, densidade dos animais no aviário, utilização de poleiros (PETTIT-RILEY e ESTEVEZ, 2001) e a temperatura inicial de criação (ALMEIDA PAZ e BRUNO, 2006) também afetam negativamente no desenvolvimento ósseo desses animais.

As alterações do tecido ósseo que acometem a locomoção são de grande importância econômica, pois podem piorar a produtividade do lote, uma vez que impactarão diretamente no ganho de peso e na mortalidade das aves, além de refletir em condenações de carcaças e partes em abatedouros, condenações advindas de contusões, fraturas, calos de peito e patas, miopatias, dermatites de contato, entre outras (BERNARDI, 2011; ALMEIDA PAZ et al., 2019). A disponibilidade de minerais na alimentação pode ter efeito sobre essas alterações tornando necessária a complementação destes elementos para permitir que a ave atinja o seu potencial genético sem comprometimento do sistema esquelético. Portanto, a suplementação correta de minerais pode resultar em melhora no bem-estar, por diminuir a incidência de distúrbios locomotores, melhorando a habilidade de caminhar.

Outro fator que possui grande impacto na formação óssea e aparecimento de problemas locomotores é o equilíbrio eletrolítico da dieta (FRANCO et al., 2004). Este é determinado por elementos químicos como sódio, potássio e cloro, que possuem efeito no balanço ácido-básico dos fluidos corporais (BORGES et al., 2003; HOOGE, 2003; WALDENSTEDT, 2006). Em ambiente de altas temperaturas os animais sofrem estresse térmico comprometendo sua homeostase e piorando os índices de produção. Essas aves apresentam aumento na taxa respiratória, com aumento nos índices de ácido carbônico circulante, acarretando em alteração no pH sanguíneo. Com o intuito de manter o

equilíbrio, o animal libera bicarbonato associado a um íon positivo pela urina ( $\text{Na}^+$  ou  $\text{K}^+$ ), fazendo com que estes minerais se tornem deficientes nas aves (BORGES et al., 2003; MUSHTAQ et al., 2005). Animais com deficiência de  $\text{Na}^+$  e  $\text{K}^+$  apresentam crescimento e desenvolvimento ósseo comprometido, pois necessitam destes minerais tamponantes (BROWN e JAFFE, 2000). Ocorre ainda sobrecarga dos rins, dificultando a hidroxilação da vitamina D, que está ligada a qualidade dos ossos (RUTZ, 2002).

Há também fatores que influenciam indiretamente os distúrbios como infecções bacterianas, virais e parasitárias, e fatores antinutricionais dos ingredientes da dieta, que afetam o epitélio intestinal, diminuindo a absorção de nutrientes, acarretando desequilíbrio nutricional e facilitando o aparecimento de problemas locomotores (WALDENSTEDT, 2006). Ou seja, fatores dietéticos, como o excesso ou deficiência de nutrientes, as relações de vitaminas (vitamina D e C) e minerais (Ca, P, Cl, Na e K), bem como ingredientes da dieta contaminados com micotoxinas, podem interferir no aparecimento de problemas ósseos, entre eles a discondroplasia tibial agravando essa patologia (WALDENSTEDT, 2006; MENDONÇA Jr, 2009;).

A redução da locomoção, na fase final de criação de frangos, também contribui para o aumento do índice destas patologias (BIZERAY et al., 2000), neste período a atividade locomotora das aves é drasticamente diminuída em sistemas industriais de criação, nos quais as aves sofreram alterações genéticas para ganho de peso (OLIVEIRA, 2006).

Desta forma, manejo nutricional, garantia de ambiência adequada, qualidade de cama do aviário, densidade de criação compatível com os equipamentos existentes no aviário e adequação destes fatores à linhagem, sexo, peso e idade dos animais é essencial

para diminuir problemas de locomoção. Garantindo melhoria do bem-estar e possível aumento na produtividade de frangos de corte.

### ***Gait score***

A observação dos problemas locomotores frente às novas linhagens de alta conformação é um tema atual e relevante para indústria avícola. O *gait score*, metodologia que avalia a capacidade locomotora das aves, atribuindo uma nota relacionada à sua habilidade de caminhar em um metro sobre superfície plana, também vem sendo empregado para determinar o bem-estar desses animais. Aves consideradas normais se locomovem com mais agilidade em comparação às aves com claudicações que, em casos severos, não conseguem se locomover ou ficar em pé. Sua vantagem é que pode ser empregado ainda no aviário (KESTIN et al., 1992; ALMEIDA PAZ et al., 2010; FERNANDES et al., 2012), além de constituir-se numa avaliação não-invasiva de grande número de aves num curto espaço de tempo (MENDES et al., 2012).

A metodologia consiste em observações subjetivas e, por ser individual, é de difícil comparação entre observadores, requerendo cuidado especial principalmente nas medidas intermediárias, uma vez que, tanto o frango normal, como aquele que não consegue andar (extremos) são de fácil detecção (NÄÄS, 2008; WEBSTER et al., 2008).

A indústria avícola utiliza o *gait score* como indicativo de bem-estar para frangos de corte, no entanto, alguns fatores podem influenciar a forma como os frangos caminham, entre eles pode-se citar o medo de algo novo no ambiente, o material de cama do aviário, fome e sede (KESTIN et al., 1992; KESTIN et al., 1994; ANGEL, 2007; ALMEIDA PAZ et al., 2010; FERNANDES et al., 2012). O medo ou a novidade podem levar o frango a ignorar a condição de dor e, andar ou correr normalmente

comprometendo a avaliação do *gait score*. Portanto, quando a ave é estimulada a andar, ela pode estar esforçando-se demais para a execução da tarefa e andar a uma distância maior do que andaria se não houvesse o estímulo, mesmo em condição de dor (WEBSTER et al., 2008).

Nas últimas décadas observou-se agravamento de índices de *gait score* em decorrência da seleção para alta deposição de peito em frangos de corte modernos, que resultou em mudanças no centro de gravidade das aves com alterações na postura e angulação, e conseqüentemente, no comportamento prostrado, que por sua vez é provavelmente o comportamento mais confortável e com menor demanda energética para aves com patologias locomotoras (WEEKS et al., 2000; ALVES et al., 2016a). Sendo assim, o comportamento dos frangos de corte atuais é de caminhar pouco quando comparados aos frangos caipira. A busca por alimento e água parece ser o maior estímulo para que as aves caminhem (BOKKERS et al., 2006; MENDONÇA Jr, 2009;).

Em alguns países, principalmente da União Europeia, o *gait score* vem sendo usado como critério para medir os índices de aceitabilidade dos sistemas de produção dos próprios países, e como critério de importação de carne de frango de países produtores. Desta maneira, os níveis de *gait score* das aves em processo produtivo devem permanecer em uma margem aceitável, garantindo assim o bem-estar destes animais (SKINNER-NOBLE e TEETER, 2009).

### ***Latency to lie***

Tentando diminuir o efeito do avaliador, portanto a subjetividade da avaliação do método *gait score*, pesquisadores desenvolveram outra metodologia para mensurar o bem-estar por meio do comportamento animal, está metodologia denomina-se *latency to*

*lie*, nele registra-se o tempo levado por cada ave para sentar-se em local inundado com água, considerando que as aves com pernas mais saudáveis levarão o maior tempo para sentar-se, evitando o contato com a água. (WEEKS et al., 2000). Considera-se que o contato corporal com a água é uma experiência aversiva para frangos.

O *latency to lie* foi proposto inicialmente por Weeks et al. (2000) para ser utilizado em aviários comerciais avaliando-se cerca de 50 a 100 aves por vez, utilizando uma piscina plástica com água em temperatura ambiente cobrindo os pés das aves. Entretanto esta metodologia tornou-se de difícil execução, já que manusear a piscina não é uma tarefa fácil. Posteriormente, Berg e Sanotra (2003) adaptaram tal metodologia e utilizaram um balde individuais para realizar a avaliação de *latency to lie*. Neste caso, o teste tornou-se mais factível, porém, os autores relataram que a falta de contato visual entre as aves e o fato dos animais poderem apoiar-se nas laterais do balde poderiam ser fatores interferentes na avaliação. Em ambos os testes as avaliações eram conduzidas até 600 segundos.

### **Síndrome do osso negro**

A síndrome do osso negro (*black bone syndrome*) um problema de qualidade óssea caracterizado pelo extravasamento de sangue da medula óssea para a carne, causando seu escurecimento (KORVER, 2010).

O extravasamento de sangue da medula óssea ocorre principalmente pela região proximal na tíbia e no fêmur quando o osso está frágil ou poroso e é agravado após o congelamento (WHITEHEAD, 2009; KORVER, 2010), devido à formação de cristais de gelo que rompem as células da medula óssea. Segundo Korver (2010) para eliminar este fator deve-se desossar a carne antes do congelamento.

Quando as coxas e sobrecoxas são submetidas à alta temperatura para seu preparo há dilatação de tecidos, com conseqüente aumento do volume e da pressão no interior da medula óssea. Quando o osso está poroso, por mineralização deficiente, o sangue da medula óssea extravasa para a carne, mudando sua coloração (WHITEHEAD, 2010; KORVER, 2010). Conforme mencionado, esta síndrome está ligada a difusão da medula através da estrutura óssea e pode ser observada ainda durante o abate das aves, com maior frequência em tíbias e fêmures. De forma geral, a área mineralizada na região da epífise de tíbias e fêmures é escassa e é composta de filamentos ósseos mal conectados, com aspecto poroso. Isto ocorre pelo rápido crescimento e desenvolvimento dos frangos de corte modernos (WHITEHEAD, 2009).

As peças acometidas pela síndrome do osso negro são menos aceitas pelo consumidor, pois segundo Fletcher (1999) a cor é uma característica que influencia tanto a escolha inicial do produto pelo consumidor como a aceitação no momento do consumo. Além disso, a qualidade da carne pode ser comprometida já que as proteínas da medula óssea que contém ferro podem reduzir a estabilidade oxidativa, aumentando agentes pró-oxidantes nos tecidos (KORVER, 2010).



Diante do exposto, este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de descrever e explicar o efeito da substituição parcial ou total de fontes de zinco (orgânica ou inorgânica) na dieta de frangos de corte sobre produtividade, capacidade de locomoção e qualidade óssea. A tese encontra-se dividida em quatro capítulos.

No Capítulo 1 é apresentada uma revisão de literatura sobre os assuntos abordados na pesquisa e o mesmo foi redigido seguindo as normas para elaboração de dissertações e teses do Programa de Pós-graduação em Zootecnia – FMVZ/UNESP.

O Capítulo 2, intitulado “DESEMPENHO E QUALIDADE ÓSSEA DE FRANGOS DE CORTE ALIMENTADOS COM ZINCO ORGÂNICO” foi elaborado de acordo com as normas do periódico *Annals of the Brazilian Academy of Sciences*, sob responsabilidade editorial da Academia Brasileira de Ciências; e teve como objetivo avaliar o efeito de fontes de zinco no desempenho e qualidade óssea de frangos de corte.

O Capítulo 3, intitulado “*GAIT SCORE* E *LATENCY TO LIE* EM FRANGOS DE CORTE: VALIDAÇÃO DA METODOLOGIA” foi elaborado de acordo com as normas do periódico *Plos One*; e teve como objetivo mensurar a capacidade locomotora de frangos de corte alimentados com diferentes fontes de zinco e correlacionar as metodologias de avaliação de locomoção e bem-estar em frangos de corte.

No Capítulo 4 estão apresentadas as implicações, retratando as aplicações e inferências da pesquisa desenvolvida e foi elaborado seguindo as normas para elaboração de dissertações e teses do Programa de Pós-graduação em Zootecnia – FMVZ/UNESP.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA PAZ, I.C.L.; BRUNO, L.D.G. Bone mineral density: review. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v. 8, p. 69-73, 2006.

ALMEIDA PAZ, I.C.L.; MENDES, A.A.; BALOG, A.; ALMEIDA, I.C.L.; VULCANO, L.C.; KOMIYAMA, C.M. Caracterização da degeneração femoral em frangos de corte por meio da densidade mineral óssea. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v. 9, p.1-9, 2007.

ALMEIDA PAZ, I.C.L. Problemas locomotores e técnicas de mensuração. Conferência FACTA 2008 de Ciência e Tecnologia Avícolas; 2008; Santos. **Anais...Santos, SP. Brasil**. p. 128-137, 2008.

ALMEIDA PAZ, I.C.L.; GARCIA, R.G.; BERNARDI, R.; NÄÄS, I.A.; CALDARA, F.R.; FREITAS, L.W.; SENO, L.O.; FERREIRA, V.M.O.S.; PEREIRA, D.F.; CAVICHIOLO, F. Selecting appropriate bedding to reduce locomotion problems in broilers. **Brazilian Journal of Poultry Science**, v. 12, p. 189-195, 2010.

ALMEIDA PAZ, I.C.L.; ALMEIDA, I.C.L.; MILBRADT, E.L.; CALDARA, F.R.; TSE, M.L.P. Effects of analgesic and noise stimulus in *gait score* assessment. **Plos One**, v.14, p.e0208827, 2019.

ALVES, M.C.F.; ALMEIDA PAZ, I.C.L.; NÄÄS, I.A.; GARCIA, R. G.; CALDARA, F.R.; BALDO, G.A.A.; GARCIA, E.A.; MOLINO, A.B. Locomotion of commercial broilers and indigenous chickens. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.45, p.372-379, 2016a.

ALVES, M.C.F.; ALMEIDA PAZ, I.C.L.; NÄÄS, I.A., GARCIA, R.G.; CALDARA, F.R.; BALDO, G.A.A.; NASCIMENTO, G.R.; AMADORI, M.S.; FELIX, G.A.; GARCIA, E.A.; MOLINO, A.R. Equilibrium Condition during Locomotion and Gait in Broiler Chickens. **Brazilian Journal of Poultry Science**, v.18, p.419-426, 2016b.

ANGEL, R. Metabolic Disorders: Limitations to Growth of and Mineral Deposition into the Broiler Skeleton after Hatch and Potential Implications for Leg Problems. **The Journal of Applied Poultry Research**, v. 16, p. 138–149, 2007.

APPLEGATE, T.J.; LILBURN, M.S. Growth of the femur and tibia of a commercial broiler line. **Poultry Science**, v.81, p. 1289-1294, 2002.

BAINS, B.S.; BRAKE, J.T.; PARDUE, S.L. Reducing leg weakness in commercial broilers. **World Poultry Science**, v. 14, p. 24-27, 1998.

BANKOFF, A.D.P.; SCHMIDT, A.; CIOL, P.; ZAMAI, C.A. Análise do equilíbrio corporal estático através de um baropodômetro eletrônico. **Revista Conexões**, v. 4, p. 19-30, 2006a.

- BANKOFF, A.D.P.; CAMPELO, T.S.; CIOL, P.; ZAMAI, C.A. Postura e equilíbrio corporal: um estudo das relações existentes. **Movimento & Percepção**, v. 6, p. 55-69, 2006b.
- BATAL, A.B.; PARR, T.M.; BAKER, D.H. Zinc bioavailability in tetrabasic zinc chloride and the dietary zinc requirement of young chicks fed a soy concentrate diet. **Poultry Science**, v.80, p. 87-90, 2001.
- BERG, C.; SANOTRA, G.S. Can a modified Latency-to-lie test be used to validate gait-scoring results in comercial broilers flocks?. **Animal Welfare**, v. 12, 655-659, 2003.
- BERNARDI, R. **Problemas locomotores em frangos de corte**. [Dissertação]. Dourados (MS): Universidade Federal da Grande Dourados, 2011.
- BESSI, W. Welfare of broilers: A review. **World's Poultry Science Journal**, v. 62, p. 455-466, 2006.
- BIZERAY, D.; LETERRIER, C.; CONSTANTIN, P.; PICARD, M.; FAURE, J.M. **Early locomotor behaviour in genetic stocks of chickens with different growth rates** D. Station de Recherches Aícoles, Centre I.N.R.A. de Tours, 37380 Nouzilly, France, 2000.
- BOKKERS, E.A.M.; ZIMMERMAN, P.H.; RODENBURG, T.B.; KOENE, P. Walking behaviour of heavy and light broilers in an operant runway test with varying durations of feed deprivation and feed access. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 108, p. 129-142, 2006.
- BORGES, S.A.; FISCHER, D.A.; SILVA, A.V.; ARIKI, J.; HOOGE, D.M. Dietary electrolyte balance for broiler chickens exposed to thermoneutral or heat-stress environments. **Poultry Science**, v. 82, p. 428-435, 2003.
- BRADSHAW, R.H.; KIRKDEN, R.D.; BROOM, D.M. A Review of the etiology and pathology of leg weakness in broilers in relation to welfare. **Avian and Poultry Biology Reviews**, v. 13, p. 45-103, 2002.
- BRANDÃO-NETO, J.; STEFAN, V.; MENDONÇA, B.B.; BLOISE, W.; CASTRO, A.V.B. The essential role of zinc in growth. **Nutrition Research**, v.15, p.335, 1995.
- BROOM, D.M. Indicators of poor welfare. **British Veterinary Journal**, v. 142, p. 524-526, 1986.
- BROOM, D.M. The scientific assessment of animal welfare. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 20, p. 5-19, 1988.
- BROOM, D.M. Veterinary medicine and animal welfare. **Veterinary Medicine Beyond 2000**, p. 209-217, 1993.

BROOM, D.M. **Assessing the welfare of hens and broilers**. Australian Poultry Science Symposium, v. 13, p. 61-70, 2001.

BROOM, D.M.; MOLENTO, C.F.M. Bem-estar animal: conceitos e questões relacionadas – revisão. **Archives of Veterinary Science**. Curitiba, v. 9, p.1-11. 2004.

BROWN, S.E.; JAFFE, R. Acid-alkaline balance and its effect on bone health. **International Journal of Integrative Medicine**, v. 2, p. 7-15, 2000.

CAPONI, S. Biopolítica e medicalização dos anormais. **Physis** [online], v. 19, p. 529-549, 2009.

CHANDLER, J.M.; DUNCAN, P.W.; STUDENSKI, S.A. Balance performance on the postural stress test: comparison of young adults, healthy, elderly, and fallers. **Physical Therapy**, v. 70, p. 410-415, 1990.

CONSINS, R.J. Absorption, transport and hepatic metabolism of copper and zinc: special reference to metallothionein and ceruloplasmin. **Physiological Reviews**, v. 65, p. 238-309, 1985.

COOK, M.E. Skeletal deformities and their causes. Introduction. **Poultry Science**, v. 79, p. 982–984, 2000.

CORR, S.A.; GENTLE, M.J.; CORQUODALE, M.C.; BENNET D. The effect of morphology on walking ability in the modern broiler: A gait analysis study. **Animal Welfare** 12:159-171. 2003.

DUARTE, M.; ZATSIORSKY, V.M. Patterns of center of pressure migration during prolonged unconstrained standing. **Motor Control**, v. 3, p.12-27, 1999.

DUARTE, M. **Análise estabilográfica da postura ereta humana quasi-estática**. [Tese de livre docência na área de biomecânica]. São Paulo: Universidade de São Paulo; 2000.

EUROPEAN COMMISSION. The welfare of chickens kept for meat production. 568 **Report of the Scientific Committee on Animal Health and Animal Welfare**. 2000.

FERNANDES, M. N. S. Metabolismo do zinco na nutrição de frangos de corte e suas respostas no desempenho e resposta imune. **Revista Eletrônica Nutrime**. v.9, p. 2104 – 2115, 2012.

FERNANDES, B. C. S.; MARTINS, M. R. F. B.; MENDES, A. A.; ALMEIDA PAZ, I. C. L.; KOMIYAMA, C. M.; MILBRADT, E. L. Locomotion problems of broiler chickens and its relationship with the *gait score*. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 41, p. 1951-1955, 2012.

FLETCHER, D.L. Broiler breast meat color variation, pH and texture. **Poultry Science**, v. 78, p.1323-1327, 1999.

FRANCO, J.R.G.; MURAKAMI, A.; SAKAMOTO, M.I.; MARTINS, E.M.; MOREIRA, I.; PEREIRA, M.A.S. Efeito dos ionóforos e do balanço eletrolítico da dieta sobre o desempenho e a incidência de discondroplasia tibial em frangos de corte na fase inicial. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, p. 135-145, 2004.

GONZALES, E.; MACARI, M.; ALMEIDA PAZ, I.C.L. Enfermidades metabólicas em frangos de corte. In: Berchieri Júnior A, Silva EM, Fábio J, Sesti L, Marcelo A, Zuanze F. **Doenças das Aves**. Campinas: FACTA, p. 977-998, 2009.

HOOGE, D.M. **Practicabilities of using dietary sodium and potassium supplements to improve poultry performance**. Proceedings of Arkansas Nutrition Conference, Fayetteville, USA, p. 19. 2003.

JULIAN, R.J. Osteochondrosis, dyschondroplasia, and osteomyelitis causing femoral head necrosis in turkeys. **Avian Diseases**, v. 29, p. 854-866, 1985.

JULIAN, R. Evaluating the impact of metabolic disorders on the welfare of broilers. In: Weeks CA, Butter AW. **Measuring and Auditing Broiler Welfare**, 2004.

KEALY, J.K. **Diagnostic radiology of the dog and cat**. 1.ed. Philadelphia: W.S. Saunders Company, 1987. 547p

KESTIN, S.C.; KNOWLES, T.G.; TINCH, A.E.; GREGORY, N.G. Prevalence of leg weakness in broiler chickens and its relationship with genotype. **Veterinary Record**, v. 131, p. 190-194, 1992.

KESTIN, S.C.; ADAMS, S.J.M.; GREGORY, N.G. **Leg weakness in broiler chickens, a review of studies using gait scoring**. In: Proc. 9th European Poultry Conference. Glasgow, p. 203-206. 1994.

KNOWLES, T.G.; BROOM, D.M. Limb bone strength and movement in laying hens in different housing systems. **Veterinary Record**, p. 126-354, 1990.

KORVER, D. Reducing the incidence of black bone. **World Poultry**, v. 26, p. 36-38, 2010.

LEESON, S.; SUMMERS, J.D. **Commercial Poultry Nutrition**. 2ª ed. Guelph, Ontario: University Books, 1997.

LEESON, S.; SUMMERS, J.D. **Nutrition of the chickens**. 4ª ed. Guelph: University Books, p. 591, 2001.

LILBURN, M.S.; LAUTERIO, T.J.; NGIAM-RILLING, K.; SMITH, J.H. Relationships among mineral balance in the diet, early growth manipulation, and incidence of tibial dyschondroplasia in different strains of meat type chickens. **Poultry Science**, v. 68, p. 1263-1273, 1989.

- MANNING, L.; CHADD, S. A.; BAINES, R. N. Key health and welfare indicators for broiler production. **Worlds Poultry Science Journal**, v. 63, p. 46–62. 2007.
- MCCALL, K.A.; HUANG, C.C.; FIERKE, C.A. Function and mechanism of zinc metalloenzymes. **Journal of Nutrition**, v. 130 (5): 1437S-46, 2000.
- MCDOWELL, L.R. **Minerals in animal and human nutrition**. San Diego: Academy Press, p.524,1992.
- MCGEOWN, D.; DANBURY, T. C.; WATERMAN-PEARSON, A. E.; KESTIN, S. C. Effect of carprofen on lameness in broiler chickens. **Veterinary Record**, v. 144, p. 668–671. 1999.
- MELLO, J.L.M. **Incidência de pododermatite de contato em frangos de corte submetidos a estresse térmico**. Dissertação (Mestrado)- Universidade Estadual Paulista – Unesp, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias / Jaboticabal – São Paulo – Brasil; 2011.
- MENDES, A. S.; PAIXÃO, S. J.; MAROSTEGA, J.; RESTELATTO, R.; OLIVEIRA, P. A. V.; POSSENTI, J. C. Mensuração de problemas locomotores e de lesões no coxim plantar em frangos de corte. **Archivos de Zootecnia**, v. 61, p. 217-228, 2012.
- MENDONÇA Jr, C. X. Fisiopatologia do sistema locomotor. (2 Ed). **Doenças das Aves**. Campinas: FACTA: p.175-190. 2009.
- MURAKAMI, A.E. Balanço eletrolítico da dieta e sua influência sobre o desenvolvimento 627 dos ossos de frangos. In: Conferência apinco de ciência e tecnologia avícolas, 2000, 628 Campinas. **Anais...Campinas**, p.33-61. 2000.
- MUSHTAQ, T.; SARWAR, M.; NAWAZ, H.; MIRZA, M.A.; AHAMD.T. Effect and interactions of dietary sodium and chloride on broiler starter performance (hatching to twenty-eight days of age) under subtropical summer conditions. **Poultry Science**, v. 84, p.1716-1722, 2005.
- NÄÄS, I. A. Princípios de bem-estar animal e sua aplicação na cadeia avícola. **Biológico**. v. 70, p.105-106, 2008.
- NÄÄS, I. A.; ALMEIDA PAZ, I. C. L.; BARACHO, M. S.; MENEZES, A. G.; BUENO, L. G. F.; ALMEIDA, I. C. L. MOURA, D. J. Impact of lameness on broiler well-being. **Journal Applied Poultry Research**, v. 18, p. 432–439, 2009.
- OLIVEIRA, A.F.G. Estudo do padrão de crescimento ósseo em frangos de corte de diferentes grupos genéticos criados em duas densidades populacionais. 73f. **Dissertação** (Mestrado) - Universidade Estadual de Maringá, Maringá. 2006
- PAIXÃO, T.A.; RIBEIRO, B.R.C.; HOERR, F.J.; SANTOS, R.L. Espondilolistese em frango de corte no Brasil. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 59, p. 523-526, 2007.

PATTON, R. S. Chelated minerals: what are they, do they work?. **Feedstuffs**. v. 62, p. 14-17, 1990.

PITSILLIDES, A.A.; RAWLINSON, S.C.; MOSLEY, J.R.; LANYON, L.E. Bone's early response to mechanical loading differs in distinct genetic strains of chicks: Selection for enhanced growth reduces skeletal adaptability. **Journal of Bone Minerals**. Research, v. 14, p. 980–987. 1999.

PETTIT-RILEY, R.; ESTEVEZ, I. Effects of density on perching behavior of broiler chickens. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 71, p. 127-140, 2001.

PIZAURO Jr, J.M.; CIANCAGLINI, P.; MACARI, M. Discondroplasia tibial: mecanismos de lesão e controle. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v. 4, p.169-186, 2002.

RIDDELL, C.; HOWELL, J. Spondylolisthesis ("kinky back") in broiler chickens in Western Canada. **Avian Disease**, v. 16, p. 444- 452, 1972.

RIDDELL C. **Non-infectious skeletal disorders of poultry: an overview**. In: Whitehead, C.C. (Ed.), *Bone Biology and Skeletal Disorders in Poultry*, Poultry Science Symposium Series, v. 23. Carfax Publishing Co., Abingdon, England, 1992.

RUTZ, F. **Absorção de vitaminas**. In: Macari M, Furlan RL, Gonzales E. *Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte*. 2ed. Jaboticabal: FUNEP, 2002.

SARICA, M.; YAMAK, U.S. The effects of production systems (Barn and Free-Range) on Foot Pad Dermatitis and Body Defects of White Toker. **Journal of Animal and Veterinary Advances**, v. 9, p. 958-965, 2010.

SKINNER-NOBLE, D.O.; TEETER, R.G. An examination of anatomic, physiologic, and metabolic factors associated with well-being of broilers differing in field *gait score*. **Poultry Science**, v. 88, p. 2-9, 2009.

TARDIN, A.C. Visão nutricional dos problemas locomotores em frangos de corte. In: Conferência Apinco de Ciência e Tecnologia Avícolas, 1995, Santos. **Anais...** Santos: Fundação Apinco de Ciência e Tecnologia Avícolas, p. 71-85, 1995.

THORP, B.H.; WHITEHEAD, C.C.; DICK, L.; BRADBURY, J.M.; JONES, R.C.; WOOD, A. Proximal femoral degeneration in growing broiler fowl. **Avian Pathology**, p. 325-342, 1993.

THORP, B.H.; DICK, L.; ZEFFERIES, D.; HOUSTON, B.; WILSON, J. An assessment of the efficacy of the lixoscope for the detection of tibial dyschondroplasia. **Avian Pathology**, v. 26, p. 97-104, 1997.

UNDERWOOD, E.J.; SUTTLE, N.F. **The mineral nutrition of livestock**. 3ª ed. Wallingford: CABI, p.614, 1999.

WALDENSTEDT, L. Nutritional factors of importance for optimal leg health in broilers: A review. **Animal Feed Science and Technology**, v. 126, p. 291–307, 2006.

WEBSTER, A.B.; FAIRCHILD, B.D.; CUMMINGS, T.S.; STAYER, P.A. Validation of a Three-Point Gait-Scoring System for Field Assessment of Walking Ability of Commercial Broilers. **The Journal of Applied Poultry Research**, v. 17, p. 529–539, 2008.

WEEKS, C.A.; DANBURY, T.D.; DAVIES, H.C.; HUNT, P.; KESTIN, S.C. The behaviour of broiler chickens and its modification by lameness. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 67, p.111–125. 2000.

WHITEHEAD, C.C. **Factores nutricionales que influyen em los problemas óseos actuales de los broilers**. XLVI Symposium Científico de Avicultura, Zaragoza. 2009.

WHITEHEAD, C. C. **Update on current European broiler bone problems**. 21st Annual Australian Poultry Science Symposium, Sydney, New South Wales. 2010.

WISE, D. R. The incidence and aetiology of avian spondylolisthesis (“Kinky back”). **Research in Veterinary Science**, v. 14, p.1-10. 1973.



## **CAPÍTULO 2**

### **DESEMPENHO E QUALIDADE ÓSSEA DE FRANGOS DE CORTE ALIMENTADOS COM ZINCO ORGÂNICO**

## DESEMPENHO E QUALIDADE ÓSSEA DE FRANGOS DE CORTE ALIMENTADOS COM ZINCO ORGÂNICO

### RESUMO

Este trabalho foi conduzido objetivando avaliar o efeito da suplementação de zinco no desempenho e qualidade óssea de frangos de corte. Foram utilizados 1.512 frangos de corte, com delineamento experimental de blocos casualizados com três tratamentos (Control: 80ppm zinco inorgânico; Zn I + Zn O: 40ppm zinco inorgânico e 40ppm zinco orgânico; Zn O: 40ppm zinco orgânico) e oito repetições de 63 aves. Foram utilizados sulfato de zinco e zinco na forma de complexo aminoacídico. Para avaliação de desempenho, aves e sobras de rações foram pesadas. Aos 43 dias, 144 aves foram abatidas. Avaliaram-se resistência de pele e espondilolistese, teor de matéria seca, índice Seedor, resistência e diâmetro ósseos, porcentagem de cinzas e minerais do osso e síndrome do osso negro. As fontes de zinco não afetaram o desempenho final. Houve diferença para rendimento de gordura para a forma orgânica ( $P = 0,002$ ) e dorso para a forma inorgânica ( $P < 0,001$ ). A forma inorgânica aumentou a resistência da tíbia ( $P=0,0352$ ). A forma orgânica aumentou o teor de zinco no fêmur ( $P < 0,0001$ ). Concluiu-se que a fonte de zinco não é fator limitante para índices produtivos e de qualidade óssea.

**Palavras-Chave:** avicultura de corte, desempenho, rendimento de carcaça, minerais.

## **ABSTRACT**

This study was carried out aimed evaluated the effect of zinc sources on performance and bone quality of broilers. Were used 1,512 broilers distributed equally in the treatments. Experimental design was in randomized blocks with three treatments (Control: 80ppm of inorganic zinc in the period; Zn I + Zn O: 40ppm of inorganic zinc plus 40ppm of organic zinc; Zn O: 40ppm of zinc organic) and eight replicates of 63 birds. Were used zinc sulfate and zinc in the form of amino acid complex. For performance evaluation, birds and leftover feed were weighed at change of each phase. At 43 days, 144 birds were slaughtered. Were evaluated skin resistance and spondylolisthesis, dry matter content, Seedor index, bone resistance and diameter, bone minerals and black bone syndrome. Performance was not affected by zinc supplementation, regardless of zinc source. There was difference in fat yield for treatment 3 ( $p = 0.002$ ) and back yield for treatment 1 ( $p < 0.001$ ). Treatment 1 increased tibial resistance ( $p = 0.0352$ ). Femurs of treatment 3 showed higher zinc content ( $p < 0.0001$ ). In conclusion, the zinc source is not a limiting factor for productive indexes and bone quality.

**Key-words: carcass yield, minerals, performance, poultry.**

## INTRODUÇÃO

Na avicultura, as fontes de microminerais mais usadas são as inorgânicas, os quais nesta forma chegam ao intestino e são, em grande parte, excretados na forma de íons (Herrick, 1993). Uma alternativa é utilizar dietas que incluam minerais com melhor biodisponibilidade, como os minerais orgânicos. Estes minerais podem ser adicionados em concentração mais baixa na dieta, sem qualquer efeito negativo sobre o desempenho produtivo (Star et al. 2012). Além disso, tais minerais são mais estáveis e protegidos bioquimicamente de reações adversas com outros nutrientes da dieta, que poderiam reduzir sua taxa de absorção (Close, 1998; Aksu et al., 2010), garantindo o desenvolvimento ósseo, desempenho e qualidade de carcaça, e diminuindo a excreção de poluentes para o ambiente.

Sabe-se que o zinco está envolvido numa ampla variedade de processos fisiológicos, o que o torna essencial para o crescimento ótimo de aves (Richards et al. 2010). Ele atua como catalisador em muitos sistemas de enzimas e hormônios (Suttle, 2010) e, como resultado, influencia o crescimento, desenvolvimento ósseo e função das enzimas (Nollet et al. 2007). Portanto, quando a dieta de frangos de corte é deficiente neste mineral ou sua absorção é prejudicada, as aves diminuem a ingestão de alimentos, resultando em crescimento deficiente e distúrbios ósseos.

Entre as afecções ósseas que podem acometer frangos de corte, estão a espondilolistese e a síndrome de osso negro ou “black bone syndrome”. A espondilolistese é caracterizada pelo deslizamento ventral da quarta vértebra, o que resulta na compressão da medula espinhal e, conseqüentemente, paralisia parcial ou total dos membros pélvicos (Paixão et al. 2007; Mendonça Junior, 2009). Já a síndrome de

osso negro é caracterizada pelo escurecimento da carne adjacente ao osso devido ao extravasamento de sangue de medula óssea para a carne quando o osso é frágil ou poroso (Korver, 2010) e ocorre em coxas e sobrecoxas de frango (Whitehead, 2009).

Problemas ósseos são muito influenciados pela deficiência mineral e podem desencadear dificuldades locomotoras, resultando em grandes perdas produtivas, portanto a correta suplementação e a utilização de minerais com maior biodisponibilidade relativa, sejam de forma parcial ou total na dieta, podem evitar esses prejuízos. No entanto, o uso de zinco orgânico ainda é restrito e são escassas na literatura informações sobre sua recomendação e a eficácia de utilização, quando comparado ao mesmo mineral na forma inorgânica. Sendo assim, fica evidente a necessidade de estudos que determinem a melhor forma de disponibilização do zinco para as aves.

Desta forma, o objetivo do experimento foi avaliar o efeito da substituição total e parcial do zinco inorgânico pela fonte de zinco orgânico na dieta de frangos de corte sobre o desempenho e qualidade óssea.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

Os procedimentos adotados neste trabalho foram aprovados pela Comissão de Ética no Uso de Animais e sob Protocolo nº 156/2015 – CEUA. O experimento foi conduzido na instalação da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP / Câmpus de Botucatu, na Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia – FMVZ, na Área de Ensino, Pesquisa e Extensão em Avicultura de Corte, localizada na latitude 22° 49’ 07” S e longitude 48° 24’ 40” W.

### **Instalações e manejo**

Para o experimento foram utilizados 1.512 frangos de corte, machos, da linhagem Ross®308 adquiridos com um dia de idade, de um incubatório comercial e distribuídos igualmente entre os tratamentos: Controle - Controle (utilização de 80ppm de zinco inorgânico); Zn I + Zn O - Utilização 40ppm de zinco inorgânico acrescido de 40ppm de zinco orgânico; Zn O - Utilização de 40ppm de zinco orgânico. Os níveis de zinco utilizados nas dietas experimentais estão de acordo com Salim et al. 2010 e Star et al. 2012. Para todos os tratamentos o mineral foi adicionado à dieta no período de 1 a 42 dias. As fontes de zinco inorgânico e orgânico utilizadas foram, respectivamente, sulfato de zinco e zinco na forma de complexo aminiacídico. O delineamento experimental adotado foi em blocos casualizados com três tratamentos e oito repetições de 63 aves cada, com densidade de criação de 14 aves/m<sup>2</sup>.

O aviário experimental onde estas aves foram alojadas, foi construído no sentido leste-oeste, com 40 m de comprimento, 8 m de largura e 3,5 m de pé direito. A área interna desta instalação foi dividida em 48 boxes de 3,0 x 1,5 m totalizando 4,5 m<sup>2</sup>. As paredes e as divisórias dos boxes são de alvenaria com altura de 40 cm e com tela de fios de arame trançados (alambrado) de 0,5 polegadas. A cobertura é com telhas de fibrocimento e para controle da temperatura interna do ambiente o aviário possui cortinas laterais, aspersores e ventiladores. A preparação para a chegada dos pintinhos consistiu em vazio sanitário mínimo de 21 dias, limpeza e desinfecção das instalações, bem como de todos os equipamentos utilizados no experimento. Os boxes foram providos de 8 cm de cama de maravalha nova, comedouros tubulares, bebedouros pendulares semiautomáticos, círculos de proteção utilizados até o final da primeira semana de criação e campânulas elétricas utilizadas até o final da segunda semana de criação para manutenção da

temperatura de conforto das aves. O programa de iluminação seguiu o recomendado pelo Protocolo de Bem-estar para frangos e perus da União Brasileira de Avicultura (2008), sendo que do primeiro ao terceiro dia de vida as aves receberam 24 horas de luz e daí em diante 20 horas de luz, este período foi a somatória da luz natural e da luz artificial, a qual foi fornecida por lâmpadas de led, com intensidade luminosa de aproximadamente 500 lux.

### **Dieta experimental**

As rações foram formuladas à base de milho e farelo de soja seguindo as exigências nutricionais para cada fase de criação (adaptado de Rostagno et al. 2017) e o arraçamento foi dividido em três fases, sendo inicial de 1 a 21 dias de criação, crescimento de 22 a 33 dias de criação e final de 34 a 42 dias de criação. A ração e água foram fornecidas *ad libitum*. Os níveis de umidade, proteína bruta, fibra bruta e níveis minerais (cálcio, fósforo e zinco) na ração foram feitos em laboratório comercial e os resultados calculados para as dietas estão na Tabelas 1.

Tabela 1. Composições centesimal e nutricional calculada das dietas experimentais

Ingredientes (%)	Inicial (1-21d)	Crescimento (22-35d)	Final (36-42d)
Milho, grão	58,34	61,31	65,04
Farelo de soja (45%)	35,72	32,18	28,65
Óleo de soja	2,85	3,76	3,78
Calcário calcítico	0,98	0,93	0,82
Fosfato bicálcico	0,79	0,55	0,38
Sal comum	0,39	0,39	0,38
DL-metionina	0,31	0,29	0,27
L-Lisina HCl	0,25	0,24	0,25
L-Treonina	0,08	0,06	0,06
Bicarbonato de Sódio	0,09	0,10	0,17
Premix vitamínico	0,10	0,10	0,10
Premix mineral <sup>1,2</sup>	0,10	0,10	0,10
<b>TOTAL</b>	<b>100,000</b>	<b>100,000</b>	<b>100,000</b>
<b>Composição nutricional calculada</b>			
Energia Metabolizável (kcal/kg)	3050	3150	3200
Proteína Bruta (%) <sup>3</sup>	21,202	19,802	18,502
Cálcio (%) <sup>3</sup>	0,844	0,759	0,668
Fósforo disponível (%)	0,406	0,355	0,318
Fibra Bruta (%) <sup>3</sup>	2,900	2,764	2,643
Extrato Etéreo (%)	4,856	5,959	5,961
Metionina digestível (%)	0,593	0,556	0,518
AA's Sulfurados digestíveis (%)	0,881	0,828	0,776
Lisina digestível (%)	1,226	1,133	1,060
Triptofano digestível (%)	0,236	0,217	0,199
Treonina digestível (%)	0,799	0,734	0,686
Arginina digestível (%)	1,330	1,228	1,129
Potássio	0,822	0,766	0,713
Sódio (%)	0,210	0,201	0,196
Cloro (%)	0,285	0,285	0,279
Ácido Linoleico (%)	2,966	3,486	3,534
<b>Níveis nutricionais analisados</b>			
Zinco (ppm) <sup>3</sup>	Controle 113,81	Controle 113,09	Controle 110,30
	Zn I + Zn O 113,36	Zn I + Zn O 110,64	Zn I + Zn O 108,84
	Zn O 72,06	Zn O 70,77	Zn O 71,10

<sup>1</sup>Premix mineral (níveis de garantia por quilograma de ração): Tratamento Controle: Cu 10 mg; Fe 50 mg; I 1,20 mg; Mn 80 g; Se 0,2 mg; Zn 80 mg; Tratamento zinco inorgânico com zinco orgânico (Zn I + Zn O): Cu 10 mg; Fe 50 mg; I 1,20 mg; Mn 80 mg; Se 0,2 mg.

<sup>2</sup>Suplementação de 40ppm de zinco orgânico nos tratamentos Zn I + Zn O e Zn O.

Premix vitamínico - níveis de garantia por quilograma de ração (fase inicial): vit. A 8,000 UI; vit. B<sub>1</sub> 2,20 mg; vit. B<sub>2</sub> 5,40 mg; vit. B<sub>6</sub> 3 mg; vit. B<sub>12</sub> 12 mcg; vit. D<sub>3</sub> 2,300 UI; vit. E 36 UI; vit. K<sub>3</sub> 1,80; niacina 35 mg; ácido pantotênico 13 mg; ácido fólico 0,90 mg; B.H.T 0,10 g; fitase 500 ftu; clorohidroxiquinolina 30 mg; nicarbazina 0,04 g; maduramicina 3,75 mg; colina 0,33 g. Níveis de garantia por quilograma de ração (fase de crescimento): vit. A 7,000 UI; vit. B<sub>1</sub> 1,6 mg; vit. B<sub>2</sub> 4,5 mg; vit. B<sub>6</sub> 2,20 mg; vit. B<sub>12</sub> 10 mcg; vit. D<sub>3</sub> 2,000 UI; vit. E 36 UI; vit. K<sub>3</sub> 1,60 mg; niacina 32 mg; ácido pantotênico 12 mg; ácido fólico 0,80 mg; B.H.T 0,10 g; fitase 500 ftu; clorohidroxiquinolina 30 mg; salinomicina 0,066 g; colina 0,25 g. Níveis de garantia por quilograma de ração (fase final): vit. A 5,000 UI; vit. B<sub>1</sub> 0,80 mg; vit. B<sub>2</sub> 2,50 mg; vit. B<sub>6</sub> 1 mg; vit. B<sub>12</sub> 6 mcg; vit. D<sub>3</sub> 1,200 UI; vit. E 36 UI; vit. K<sub>3</sub> 1,50 mg; niacina 22 mg; ácido pantotênico 8,50 mg; ácido fólico 0,50 mg; B.H.T 0,10 g; fitase 500 ftu; clorohidroxiquinolina 30 mg; colina 150 g.

<sup>3</sup>Valores analisados.

## Desempenho

As aves foram pesadas nos dias 1, 21, 35 e 42, assim como a ração fornecida e as sobras de ração. O desempenho foi avaliado pelo consumo de ração, ganho de peso, conversão alimentar, viabilidade e fator de eficiência produtiva (FEP), conforme as



fórmulas: viabilidade =  $100 - \% \text{ de mortalidade}$ ; expressa em porcentagem; FEP =  $((\text{peso corporal (kg)} \times \text{viabilidade}) / (\text{conversão alimentar} \times \text{idade ao abate})) \times 100$ .

Aos 42 dias de criação (período experimental), após a obtenção do peso médio das aves de cada repetição, selecionaram-se 144 aves, seis aves por repetição (48 aves/tratamento) dentro do peso médio da repetição ( $\pm 5\%$ ). No dia seguinte, aos 43 dias de criação, as aves foram transportadas ao abatedouro experimental, pesadas individualmente, insensibilizadas por eletronarcolese e em seguida abatidas por exsanguinação, com corte de veia jugular e artérias carótidas, de maneira semelhante ao abate comercial.

### **Resistência de pele**

A metodologia utilizada para avaliar a resistência de pele consistiu em medir a incisão antes e depois de realizada a depenação, e em seguida calcula-se a porcentagem de aumento desta incisão. Quanto menor a porcentagem, maior a resistência da pele. Para esta avaliação, foram utilizadas seis aves por repetição (48 aves/tratamento). Uma incisão, de aproximadamente 1 cm de comprimento foi feita, entre a sobrecoxa e o dorso, e medida com paquímetro antes e após depenação (Rossi et al. 2007).

### **Espondilolistese**

Os dorsos das aves abatidas foram armazenados a  $-10^{\circ}\text{C}$  por 20 dias e posteriormente serrados sagitalmente, com auxílio de uma serrafita comercial, a fim de se observar a coluna dos animais entre a quarta e sétima vértebras torácicas (Paixão et al. 2007, Mendonça Júnior 2009). Quando as vértebras encontravam-se em seu eixo normal, sem compressão da medula, foi atribuído o escore 0 (ausência de espondilolistese) e

quando as vértebras encontravam-se comprimindo a medula vertebral, foi atribuído o escore 1 (presença de espondilolistese).

### **Matéria seca, índice Seedor, resistência óssea, diâmetro do osso e minerais no osso**

Após o abate, as coxas e sobrecoxas direitas foram identificadas, embaladas e armazenadas a -10°C por 30 dias. Para obtenção da porcentagem do conteúdo de matéria seca, as pernas foram desossadas e os ossos pesados antes e depois de serem secos em estufa de ventilação forçada à 105°C por 24 horas. Após a avaliação da matéria seca, o índice Seedor foi obtido dividindo-se o peso do osso por seu comprimento, conforme proposto por Seedor (1995). O comprimento do osso foi obtido com o auxílio de um paquímetro digital.

Os ossos foram submetidos também à avaliação de resistência óssea por meio da análise de *Shear Force*, utilizando o aparelho *Texture Analyser TA. XT Plus* e sonda *Blade Set HDP/BS* regulado com velocidade de 4 mm/s no *pre test* e distância de 10 mm. Este aparelho foi adaptado para permitir o vão livre da diáfise do osso em 6,0 cm para tibia e 4,0 cm para fêmur impossibilitando a influência do comprimento nos resultados. O diâmetro ósseo foi medido a 2 cm da diáfise com o uso de um paquímetro digital.

As avaliações de cálcio e fósforo nos ossos foram realizadas no Laboratório de Bromatologia da FMVZ/ UNESP, conforme a metodologia descrita por Silva (1990), foram utilizados dois ossos por repetição, sendo 16 ossos/tratamento. O teor de zinco nos ossos foi quantificado em laboratório comercial.

### **Síndrome do osso negro**

A mensuração de síndrome do osso negro foi realizada nas coxas e sobrecoxas esquerdas (visto que as direitas foram utilizadas para as análises de matéria seca, índice Seedor, resistência óssea, diâmetro do osso e minerais no osso), que foram separadas, identificadas, embaladas e armazenadas em temperatura de  $-10^{\circ}\text{C}$  por 30 dias. Estas amostras foram descongeladas em geladeira por 24 horas e assadas em forno industrial para cozimento, até que atingissem a temperatura interna de  $95^{\circ}\text{C}$  (adaptado de Honikel, 1998). Após assadas, as amostras foram submetidas à avaliação macroscópica do escurecimento da carne adjacente ao osso (síndrome do osso negro), com atribuição de escores referentes à sua aparência, sendo classificadas em aceitável (região próxima ao osso sem escurecimento), intermediário (região próxima ao osso pouco escurecida) ou inaceitável (região próxima ao osso com escurecimento muito acentuado).

### **ANÁLISE ESTATÍSTICA**

A análise dos dados foi realizada utilizando-se programa estatístico SAS 9.2 (2004). Os dados de desempenho, resistência de pele, índice Seedor, resistência e diâmetro ósseos, porcentagem de matéria seca e minerais do osso foram analisados por ANOVA e comparados pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ).

Os dados de espondilolistese e síndrome do osso negro, não atenderam as pressuposições do modelo estatístico (normalidade e homogeneidade) e aplicou-se avaliação estatística não paramétrica utilizando-se o teste Qui-Quadrado ou exato de Fisher de acordo com o comportamento dos dados ( $P < 0,05$ ).

## RESULTADOS

### Desempenho

O desempenho das aves foi avaliado em períodos cumulativos referentes à troca de ração. No período de 1 a 21 dias os animais alimentados com a combinação de zinco orgânico e inorgânico (Zn I + Zn O) apresentaram maior ganho de peso ( $P < 0,001$ ) em relação aos animais alimentados somente com zinco orgânico (Tabela 2). Porém, conversão alimentar, consumo de ração, fator de eficiência produtiva e viabilidade não foram afetados pelos tratamentos.

Tabela 2. Desempenho de frangos de corte, no período de 1 a 21 dias, alimentados com zinco inorgânico (Controle), zinco orgânico (Zn O) e associação com zinco inorgânico (Zn I + Zn O)

Tratamento	Consumo de ração (g)	Ganho de peso (g)	Conversão alimentar	Viabilidade (%)	Fator de Eficiência Produtiva
Controle	1.328	952 <sup>ab</sup>	1,35	97,66	333,06
Zn I + Zn O	1.339	961 <sup>a</sup>	1,35	98,04	340,03
Zn O	1.313	931 <sup>b</sup>	1,37	98,80	312,93
CV (%) <sup>1</sup>	5,83	4,01	3,12	1,73	10,45
Valor de P	0,161	<0,001	0,455	0,096	0,234

<sup>1</sup>CV (%) = Coeficiente de Variação (%). Médias seguidas por letras diferentes, na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ).

Na fase de 1 a 35 dias as aves alimentadas com 40ppm de zinco orgânico (Zn O) apresentaram melhor viabilidade que as aves que receberam apenas zinco na forma inorgânica (Controle) ( $P = 0,023$ ), embora a viabilidade do tratamento Zn I + Zn O não tenha diferido do tratamento Controle e Zn O (Tabela 3). Mesmo havendo diferença para a viabilidade, o fator de eficiência produtiva não foi diferente entre os tratamentos, mantendo o mesmo comportamento apresentado no período anterior (1 a 21 dias).

Tabela 3. Desempenho de frangos de corte, no período de 1 a 35 dias, alimentados com zinco inorgânico (Controle), zinco orgânico (Zn O) e associação com zinco inorgânico (Zn I +Zn O)

Tratamento	Consumo de ração (g)	Ganho de peso (g)	Conversão alimentar	Viabilidade (%)	Fator de Eficiência Produtiva
Controle	3.999	2.228	1,59	95,51 <sup>b</sup>	348,21
Zn I + Zn O	3.992	2.197	1,62	96,87 <sup>ab</sup>	339,35
Zn O	3.863	2.197	1,56	98,24 <sup>a</sup>	335,16
CV (%) <sup>1</sup>	3,45	2,81	3,08	2,19	13,17
Valor de P	0,234	0,265	0,578	0,023	0,421

<sup>1</sup>CV (%) = Coeficiente de Variação (%). Médias seguidas por letras diferentes, na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

Para o período de 1 a 42 dias de criação as aves alimentadas com 40ppm de zinco orgânico (Zn O) apresentaram melhor viabilidade que as aves que receberam apenas zinco na forma inorgânica (Controle) (P=0,031), embora a viabilidade das aves alimentadas com a associação das fontes orgânica e inorgânica de zinco não tenha diferido da viabilidade das aves alimentadas exclusivamente com fontes orgânicas ou inorgânicas (Tabela 4). Mesmo havendo diferença para a viabilidade, o fator de eficiência produtiva não foi diferente entre os tratamentos, mantendo o mesmo comportamento apresentado no período anterior (1 a 35 dias).

Tabela 4. Desempenho de frangos de corte, no período de 1 a 42 dias, com zinco inorgânico (Controle), zinco orgânico (Zn O) e associação com zinco inorgânico (Zn I +Zn O)

Tratamento	Consumo de ração (g)	Ganho de peso (g)	Conversão alimentar	Viabilidade (%)	Fator de Eficiência Produtiva
Controle	5.282	2.773	1,71	95,59 <sup>b</sup>	328,67
Zn I + Zn O	5.369	2.725	1,77	96,07 <sup>ab</sup>	314,51
Zn O	5.212	2.699	1,74	98,04 <sup>a</sup>	326,42
CV (%) <sup>1</sup>	4,99	3,43	4,71	2,08	4,78
Valor de P	0,623	0,840	0,260	0,031	0,230

<sup>1</sup>CV (%) = Coeficiente de Variação (%). Médias seguidas por letras diferentes, na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

### Resistência de pele

A resistência da pele dos frangos de corte não foi influenciada pelas fontes de zinco utilizadas nas dietas experimentais (Tabela 5).

Tabela 5. Resistência da pele de frangos de corte alimentados com zinco inorgânico (Controle), zinco orgânico (Zn O) e associação com zinco inorgânico (Zn I +Zn O)

Tratamento	Resistência da pele (% de aumento da incisão)
Controle	28,44
Zn I + Zn O	29,53
Zn O	23,76
CV (%)	34,02
Valor de P	0,542

<sup>1</sup>CV (%) = Coeficiente de Variação (%). Médias seguidas por letras diferentes, na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

### Qualidade óssea

Para os indicadores de qualidade óssea, foi verificado maior resistência da tíbia (P=0,0352) nos animais alimentados com dieta contendo zinco inorgânico (Controle). No entanto, para o fêmur, nenhum parâmetro de qualidade óssea foi afetado (Tabela 6).

Tabela 6. Matéria seca, matéria mineral, índice Seedor, diâmetro, resistência e espessura na tíbia e no fêmur de frangos de corte alimentados com zinco inorgânico (Controle), zinco orgânico (Zn O) e associação com zinco inorgânico (Zn I +Zn O)

Tíbia						
Tratamento	Matéria seca (%)	Matéria mineral (%)	Índice Seedor	Resistência (kgf)	Diâmetro (mm)	Espessura (mm)
Tíbia						
Controle	42,85	73,76	0,95	20,36 <sup>a</sup>	9,82	1,41
Zn I + Zn O	42,84	73,84	0,98	17,57 <sup>b</sup>	10,12	1,31
Zn O	42,91	74,39	0,98	19,81 <sup>b</sup>	10,11	1,34
CV (%)	3,67	10,57	11,72	28,65	8,66	29,99
Valor de P	0,9712	0,9061	0,3995	0,0352	0,1535	0,4804
Fêmur						
Controle	43,76	67,36	0,99	21,65	10,76	1,32
Zn I + Zn O	43,11	65,79	0,98	22,37	10,83	1,28
Zn O	42,97	67,06	1,01	21,86	10,87	1,36
CV (%)	3,97	8,65	8,57	25,15	6,62	27,95
Valor de P	0,8843	0,3538	0,2527	0,7935	0,7719	0,5874

<sup>a</sup>CV = coeficiente de variação (%). Médias seguidas de letras distintas diferem pelo teste de Tukey (p>0,05).

Com relação aos teores de minerais nos ossos avaliados, a tíbia de aves alimentadas com zinco inorgânico (Controle) apresentou maior teor de cálcio (P=0,0016) em relação às demais fontes de zinco. No fêmur, os teores de fósforo e cálcio não foram influenciados pelos tratamentos (P=0,2130, P=0,1460, respectivamente), porém a quantidade de zinco foi maior (P<0,0001) para as aves alimentadas com fonte exclusivamente orgânica (Tabela 7).

Tabela 7. Teor de minerais na tíbia e fêmur de frangos de corte alimentados com zinco inorgânico (Controle), zinco orgânico (Zn O) e associação com zinco inorgânico (Zn I +Zn O)

Tratamento	P (g/kg)	Ca (g/kg)	Zn (ppm)
Tíbia			
Controle	18,37	36,00 <sup>a</sup>	147,22
Zn I + Zn O	17,57	34,01 <sup>b</sup>	147,39
Zn O	17,72	33,71 <sup>b</sup>	151,66
CV (%) <sup>1</sup>	5,58	5,52	4,85
Valor de P	0,0512	0,0016	0,1318
Fêmur			
Controle	13,29	26,44	156,62 <sup>b</sup>
Zn I + Zn O	12,68	25,04	160,20 <sup>b</sup>
Zn O	13,08	25,88	171,57 <sup>a</sup>
CV (%) <sup>1</sup>	7,95	8,07	5,18
Valor de P	0,2130	0,1460	<0,0001

<sup>1</sup>CV = coeficiente de variação (%). Médias seguidas de letras distintas, na coluna, diferem pelo teste de Tukey (p>0.05).

### Síndrome do osso negro e espondilolistese

Não houve influência dos tratamentos na frequência da síndrome do osso negro nas coxas (P=0,8810) e sobrecoxas (P=0,5870) (Tabela 8), assim como não houve influência dos tratamentos para a frequência de espondilolistese (P=0,348).



Tabela 8. Frequência da Síndrome do osso negro em coxas e sobrecoxas e de espondilolistese em frangos de corte alimentados com zinco inorgânico (Controle), zinco orgânico (Zn O) e associação com zinco inorgânico (Zn I +Zn O)

Síndrome do osso negro (BBS) em coxas (%)			
Tratamento	Aceitável	Intermediário	Inaceitável
Controle	52,80	47,20	0,00
Zn I + Zn O	41,67	58,33	0,00
Zn O	35,42	62,50	2,08
<sup>1</sup> Valor de P	0,8810		
Síndrome do osso negro em sobrecoxas (%)			
Tratamento	Aceitável	Intermediário	Inaceitável
Controle	56,25	43,75	0,00
Zn I + Zn O	44,22	52,08	3,70
Zn O	47,92	50,00	2,08
<sup>2</sup> Valor de P	0,5870		
Espondilolistese (%)			
Tratamento	Sem	Com	
Controle	68,75	31,25	
Zn I + Zn O	54,16	45,83	
Zn O	66,67	33,33	
<sup>3</sup> Valor de P	0,3480		

<sup>1</sup>Teste de Qui-quadrado(P>0,05); <sup>2</sup>Teste Exato de Fisher (P>0,05); <sup>3</sup>Teste de Qui-quadrado (P<0,05).

## DISCUSSÃO

### Desempenho

Para a fase de 1 a 21 dias a combinação de zinco orgânico e inorgânico proporcionou melhor resultado de ganho de peso em relação à fonte orgânica, sugerindo que a suplementação combinada no nível de 80 ppm foi mais eficiente e que a redução no nível de 40 ppm mesmo na forma orgânica, não foi suficiente para a manutenção do desempenho. Isto pode ser explicado, pois aves nesta fase podem ter maior demanda por

nutrientes e 40 ppm foi insuficiente para melhorar o desempenho (Star et al. 2012), mesmo na forma orgânica.

O aumento na viabilidade dos lotes alimentados com zinco orgânico (Zn I + Zn O e Zn O) em relação à forma inorgânica, verificado no período intermediário (1 a 35 dias) e total de criação (1 a 42 dias), está relacionado a diminuição da mortalidade das aves, e esta por sua vez pode estar ligada a melhora na saúde e imunidade das mesmas, visto que o zinco é crucial para a resposta imune primária, interagindo com os componentes do sistema imunológico, sua deficiência afeta negativamente a imunidade de animais (Stahl et al. 1989, Wellinghausen N e Rink L. 1998, Dolegowska et al. 2003, Feng et al. 2009). O zinco é importante para o funcionamento adequado do sistema imune, melhorando alguns índices de resposta imune (Bun et al., 2011). Resultados de experimento com frangos indicaram diminuição na mortalidade dos lotes suplementados com zinco orgânico (Tronina et al. 2007). Níveis crescentes (0, 30, 60 e 90 ppm) e biodisponibilidade do zinco (orgânico) nas dietas aumentam o peso de órgãos como timo, baço e Bursa de Fabricius, além da concentração de imunoglobulinas (Feng et al. 2009).

De maneira geral, o desempenho (exceto ganho de peso na fase de 1 a 21 dias) não foi afetado pela suplementação de zinco, mesmo para a fonte orgânica, a qual foi fornecida na metade da exigência do animal, o que pode ser atribuído à maior biodisponibilidade deste mineral (Star et al. 2012) e portanto manutenção do desempenho. Sendo assim, formas orgânicas de minerais como o zinco podem ser utilizadas em menores concentrações quando comparadas às formas inorgânicas sem que haja prejuízos ao desempenho e produtividade das aves (Bao et al. 2007; Nollet et al. 2007).

Corroborando o presente estudo, Pacheco et al. (2011) não encontraram diferença entre os níveis de suplementação de zinco orgânico na conversão alimentar, ganho de peso e viabilidade de frangos de corte. O mesmo foi reportado por Rossi et al. (2007), Trindade Neto et al. (2010), Salim et al. (2012), quando a suplementação com diferentes níveis de zinco orgânico não melhorou, mas apenas mantiveram as respostas de desempenho dos frangos de corte.

### **Resistência de pele**

A substituição total ou parcial da fonte de zinco utilizada para suplementação das aves não influenciou a resistência da pele das mesmas. Isso está de acordo com os dados reportados por Salim et al. (2012) que não encontraram efeito da suplementação de zinco orgânico (25 ppm) na resistência da pele das aves. Em estudo prévio, os mesmos autores não encontraram efeito da suplementação de zinco orgânico (80 ppm) na qualidade da pele do dorso de frangos de corte (Salim et al. 2011), mesma porção de pele analisada neste estudo. Mas diverge dos dados encontrados por Rossi et al. (2007) que relataram melhora na resistência da pele aos 42 dias para frangos de corte suplementados com níveis crescentes de zinco orgânico (até o nível de 60 ppm). Esta resposta talvez esteja relacionada a concentração e biodisponibilidade do zinco na dieta basal.

Assim, a fonte e dose de zinco orgânico utilizada neste estudo foram capazes de manter a qualidade de pele.

### **Qualidade óssea**

As características de qualidade óssea avaliadas estão de acordo com valores relatados por outros autores (Alves et al. 2016; Baldo, 2017) e podem ser afetadas pelo

nível de mineral na alimentação. A maior resistência da tíbia que foi observada nas aves alimentadas com zinco na forma inorgânica pode estar relacionada ao maior teor de cálcio encontrado neste osso para o mesmo tratamento. A mobilização do cálcio é dependente das concentrações do micromineral zinco (Leeson e Summers, 2001) e a menor biodisponibilidade do zinco na forma inorgânica propiciou menor mobilização de cálcio, conferindo-lhe maior resistência.

Os nutrientes presentes no fêmur não sofrem mobilização diária tão facilmente como a tíbia, o que pode explicar os níveis semelhantes de cálcio e fósforo para os tratamentos. Porém, a maior concentração de zinco neste osso pode ser atribuída à maior biodisponibilidade deste mineral na forma complexada a aminoácido (Star et al. 2012; Brooks et al. 2013; Liu et al. 2013; Sahraei et al. 2013).

As características de qualidade óssea podem ser afetadas pelos níveis de mineral na alimentação (Leeson e Summers, 2001; Moreki, 2005; Borges, 2010; Caria, 2014).

### **Síndrome do Osso Negro e espondilolistese**

Os valores encontrados para frequência da síndrome do osso negro e de espondilolistese corroboram os relatados por outros autores (El-Husseiny et al. 2012; Baldo et al. 2013; Alves et al. 2013; Alves et al. 2016). Sabe-se que alguns minerais como o cálcio e o fósforo que estão relacionados à formação óssea podem interagir com outros minerais, como o zinco (Cozzolino 1997; Kiefer 2005; Borges et al. 2010, El-Husseiny et al. 2012).

Devido ao seu papel central atuando com catalizador enzimático e em muitos processos metabólicos, a deficiência de zinco pode causar diversas alterações físicas e patológicas, incluindo incapacidade geral dos ossos e articulações (Cook, 2005; Nollet et

al. 2207; Borges et al. 2010). Porém, em função da sua alta biodisponibilidade (Star 2012; Brooks et al. 2013; Liu et al. 2013; Sahraei et al. 2013), o uso de apenas 40 ppm foi suficiente para se evitar essas alterações físicas e patológicas mostrando-se eficaz para a manutenção dos parâmetros de qualidade óssea e qualidade do produto final.

## **CONCLUSÃO**

Não houve alterações no desenvolvimento ósseo que comprometessem o desempenho das aves, demonstrando não ter ocorrido desequilíbrio no fornecimento de zinco em nenhuma das dietas, mesmo no tratamento Zn O em que a fonte de zinco para suplementação foi exclusivamente orgânica e em concentração inferior à inorgânica (50%); garantindo os mesmos parâmetros de qualidade óssea e de produtividade.

## REFERÊNCIAS

- AKSU DS, AKSU T, OZSOY B, BAYTOK E. 2010. 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.
- ALMEIDA PAZ ICL, MENDES AA, MARTINS MRFB, FERNANDES BCS, ALMEIDA ICL, MILBRADT EL, BALOG A and KOMIYAMA CM. 2009. Follow-up of the Development of Femoral Degeneration Lesions in Broilers. *Int. J. Morphol.* 27: 571-575.
- ALVES MCF et al. 2013. Equilibrium condition and locomotion problems in broilers. *Braz. J. Bios. Eng.* 7: 35-44.
- ALVES MCF, ALMEIDA PAZ ICL, NAAS IA, GARCIA RG, CALDARA FR, BALDO GAA, GARCIA EA and MOLINO AR. 2016. Locomotion of commercial broilers and indigenous chickens. *Rev. Bras. Zootec.* 7: 372-379.
- BALDO GAA, ALMEIDA PAZ ICL, ALVES MCF, NÄÄS IA, GARCIA RG, CALDARA FR and GAVILAN CWS. 2013. Black bone syndrome in chicken meat. *Braz. J. Poult. Sci.* 15: 317-322.
- BALDO, GAA, ALMEIDA PAZ ICL, GARCIA, EA, MOLINO, AB, ALMEIDA, ICL. Productivity and bone quality of broilers supplemented with vitamin d (25-ohd3). 2017. *Energ Agric.* 32: 364-370.
- BAO YM, M CHOCT PA and BRUERTON K. Effect of Organically Complexed Copper, Iron, Manganese, and Zinc on Broiler Performance, Mineral Excretion, and Accumulation in Tissues. 2007. *J. Appl. Poult. Res.* 16: 448–455.
- BORGES CA. *Uso de Minerais Orgânicos na Avicultura.* 2010. Disponível em: <http://pt.engormix.com/MA-avicultura/artigos/p0.htm>.
- BROOKS MA, GRIMES JL, LLOYD KE, VERISSIMO S. and SPEARS, J.W. 2013. Bioavailability in chicks of zinc from zinc propionate. *J. App. Poult. Res.* 22: 153-159
- CARIA PHF. 2014. *Sistema esquelético. Anatomia geral e odontológica.* São Paulo: Artes Médicas, 20 p.
- CLOSE WH. 1998. The role of trace mineral proteinates in pig nutrition. In: *Biotechnology in the food industry*, In: ALLTECH'S ANNUAL SYMPOSIUM, 14. Nottingham. Proceedings of the 14 Alltech's Annual Symposium, p. 469–376.
- COOK JD. 2005. Diagnosis and management of iron-deficiency anaemia. *Best Pract Res Clin Haematol.* 18: 319-32.
- COZZOLINO SMF. Biodisponibilidade de minerais. 1997. *Rev Nutri.* 10: 87-98.

- DOŁĘGOWSKA B, MACHOY Z and CHLUBEK D. 2003. Changes in the content of zinc and fluoride during growth of the femur in chicken. *Biol Trace Elem Res* 91:67–76.
- EL-Husseiny OM, HASHISH SM, ALI RA, ARAFA AS, EL SAMEE LDA, OLEMY AA. 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.* 6: 368-377.
- FENG J, MA WQ, NIU HH, WU XM and WANG Y. 2009. Effects of Zinc Glycine Chelate on Growth, Hematological, and Immunological Characteristics in Broilers. *Biol. Trace Elem. Res.* 133:203–211
- HERRICK JB. 1993. Mineral in animal health. In: ASHMEAD, H.D. (Ed.). *The roles of amino acid chelates in animal nutrition.* New Jersey: Noyes. p. 3-9.
- HONIKEL KO. 1998. Reference methods for the assessment of physical characteristics of meat. *Meat Sci.*49: 447-457.
- KIEFER C. 2005 Minerais quelatados na nutrição de aves e suínos. *Rev Elet Nut.* 2: 206-220.
- KORVER D. 2010. Reducing the incidence of black bone. *World Poult.* 26: 36-38.
- LEESON S and SUMMERS JD. 2001. *Commercial poultry nutrition.* 4.ed. Guelph: University Books, 591p.
- LIU SB, LI SF, LU L, XIE JJ, ZHANG LY, WANG RL and LUO XG. 2013. The effectiveness of zinc proteinate for chicks fed a conventional corn-soybean meal diet. *J. Appl. Poult. Res.* 22: 396-403.
- MANANGI MK, VAZQUEZ-ANON M, RICHARDS JD, CARTER S, BURESH RE and CHRISTENSEN KD. 2012. Impact of feeding lower levels of chelated trace minerals versus industry levels of inorganic trace minerals on broiler performance, yield, footpad health, and litter mineral concentration. *J Appl Poult Res.* 21: 881-890.
- MENDONÇA JUNIOR CX. 2009. Fisiopatologia do sistema locomotor. In: BERCHIERI JUNIOR, A.; SILVA, E. M.; DI FABIO, J.; SESTI, L.; ZUANAZE, M. A. F. (2 Ed), *Doenças das Aves.* Campinas: FACTA. p.175-190.
- MOREKI JC. 2005. The influence of calcium intake by broilers breeders on bone development and egg characteristics. Tese (Doutorado em Ciências Naturais e Agricultura) – University of the Free State, Bloemfontein, República da África do Sul. 217p.
- MULLER ES, BARBOSA A A, MORAES GHK, VIEITES FM and ARAÚJO GM. 2012. Parâmetros químicos, bioquímicos e mecânicos de fêmures de frangos de corte submetidos a diferentes balanços eletrolíticos. *R. Bras. Zootec.* [online]. 41: 6.

- NOLLET L, VAN DER KLIS JD, LENSING M and SPRING P. 2007. 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.
- PACHECO BHC et al. 2011. Níveis dietéticos de zinco sobre o desempenho de frangos de corte. *Anais do Premio Lamas*.
- PAIXÃO TA, RIBEIRO BRC, HOERR FJ and SANTOS RL. 2007. Espondilolistese em frango de corte no Brasil. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.* 59: 523-526.
- PROTOCOLO DE BEM-ESTAR PARA FRANGOS E PERUS. 2008. Disponível em: <[http://www.avisite.com.br/legislacao/anexos/protocolo\\_de\\_bem\\_estar\\_para\\_frangos\\_e\\_perus.pdf](http://www.avisite.com.br/legislacao/anexos/protocolo_de_bem_estar_para_frangos_e_perus.pdf)>. Acesso em: 10 nov. 2016.
- RICHARDS JD, ZHAO J, HARRELL RJ, ATWELL CA and DIBNER JJ. 2010. Trace mineral nutrition in poultry and swine. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* 23:1527-1534.
- ROSTAGNO HS, ALBINO LFT, HANNAS MI, DONZELE JL, SAKOMURA NK, PERAZZO FG, et al. 2017. Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais. 4 ed. Viçosa: Departamento de Zootecnia, 252 p.
- ROSSI P, RUTZ F, ANCIUTI MA, RECH JL and ZAUK NHF. 2007. Influence of Graded Levels of Organic Zinc on Growth Performance and Carcass Traits of Broilers. *J. Appl. Poult. Res.* 16: 219–225.
- SAHRAEI M, JANMMOHAMDI H, TAGHIZADEH A, ALI MOGHADAM G and ABBAS RAFAT S. 2013. Estimation of the relative bioavailability of several zinc sources for broilers fed a conventional corn-soybean meal diet. *The Journal of Poultry Science* 50: 53-59.
- SALIM HM, LEE HR, JO C, LEE SK and LEE BD. 2010. Effect of sources and levels of zinc on the tissue mineral concentration and carcass quality of broilers. *avian biology research.* 3: 23 -29.
- SALIM HM, LEE HR, JO C, LEE SK and LEE BD. 2011. Supplementation of graded levels of organic zinc in the diets of female broilers: effects on performance and carcass quality. *Br. Poul. Sci.* 52: 606-612.
- SALIM HM, LEE HR, JO C, LEE SK and LEE BD. 2012. Effect of Sex and Dietary Organic Zinc on Growth Performance, Carcass Traits, Tissue Mineral Content, and Blood Parameters of Broiler Chickens. *Biol. Trace Elem. Res.* 147: 120-129.
- SEEDOR JG. 1995. The biophosphanate alen-dronate (MK-217) inhibit bone loss due to ovariectomy in rats. *J. Bone Miner. Res.* 4: 265-270.
- SILVA, D.J. 1990. Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 166p.



STAHL JL, COOK ME, SUNDE ML, GREGER JL. 1989. Enhanced humoral immunity in progeny chicks from hens fed practical diets supplemented with zinc. *Appl Agric Res* 4:86–89

STANLEY VG, SHANKLYN P, DALEY M, GRAY C, VAUGHAN V, HINTON A Jr and HUME M. 2012. Effects of organic selenium and zinc on the aging process of laying hens. *Agrotechnology* 1: 103.

STAR L, VAN DER KLIS JD, RAPP C, WARD TL. Bioavailability of organic and inorganic zinc sources in male broilers. 2012. *Poult Sci*. 91: 3115-3120.

SUTTLE NF. 2010. *The mineral nutrition of livestock*. 4.ed. Wallingford, UK: CABI International, 579p.

TRINDADE NETO MA, KOBASHIGAWA E, NAMAZU LB, TAKEARA P, ARAÚJO LF and ALBUQUERQUE R. 2010. Lisina digestível e zinco orgânico para frangos de corte machos na fase de 22 a 42 dias de idade. *Rev. Bras. Zoot.* 39: 2460-2470.

TRONINA W, KINAL S, LUBOJEMSKA B. Effect of various forms of zinc applied in concentrate mixtures for broiler chickens on its bioavailability as well as meat composition and quality. 2007. *Pol. J. Food Nutr. Sci.* 57: 577-581.

WELLINGHAUSEN N, RINK L. 1998). The significance of zinc for leukocyte biology. *J Leukoc Biol* 64:571–577.

WHITEHEAD C. 2009. The black bone syndrome in broilers. *Int. Hatch. Pract.* 23: 7-9.

## **CAPÍTULO 3**

### ***LATENCY TO LIE* EM FRANGOS DE CORTE ALIMENTADOS COM FONTES DE ZINCO: VALIDAÇÃO DA METODOLOGIA**

## ***LATENCY TO LIE* EM FRANGOS DE CORTE: VALIDAÇÃO DA METODOLOGIA**

### **RESUMO**

O trabalho foi desenvolvido com o objetivo de descrever e explicar a capacidade locomotora de frangos de corte alimentados com diferentes fontes de zinco e, correlacionar e validar as metodologias de avaliação de locomoção e bem-estar em frangos de corte. Para isto, dois estudos foram conduzidos na Área de Ensino, Pesquisa e Extensão em Avicultura de corte da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia/UNESP, câmpus de Botucatu. No primeiro experimento, foi testada a viabilidade de utilização do teste *latency to lie* utilizando-se 400 aves da linhagem Ross<sup>®</sup> 308 com 30 dias de idade adquiridas de aviário comercial. As aves foram alocadas em oito boxes com 50 aves cada e submetidas a um período de cinco dias de adaptação as instalações experimentais. O bem-estar foi mensurado por dois métodos, o *gait score* e o *latency to lie*, que são respectivamente, a maneira como as aves caminham e sua capacidade de manterem-se em pé. Estas avaliações foram realizadas quando as aves atingiram 2,8 kg ( $\pm 140$  g), aproximadamente aos 39 dias de criação e, posteriormente, os dados foram comparados e correlacionados utilizando-se o programa estatístico SAS 9.2. Obteve-se correlação negativa entre os dois métodos de avaliação de bem-estar e a utilização do *latency to lie* em aviários comerciais é viável. No segundo experimento, durante o período experimental (42 dias) avaliaram-se a utilização de 80ppm de zinco inorgânico (Control), 40ppm de zinco inorgânico acrescido de 40ppm de zinco orgânico (Zn I + Zn O) e 40ppm de zinco orgânico (Zn O) e sua influência na capacidade locomotora de frangos de corte. Foram utilizados sulfato de zinco e zinco na forma de complexo aminoacídico. Após 42 dias de criação verificou-se que a associação de zinco inorgânico e zinco orgânico não influenciou a capacidade de caminhar ou de manter-se em pé das aves avaliadas.

**Palavras-chave:** avicultura; bem-estar; habilidade de caminhar; problemas locomotores.

## ABSTRACT

This study was carried out aimed evaluated the walking ability of broilers fed with different sources of zinc and correlating and validating the methodologies of evaluation of locomotion and welfare in broilers. For this, two studies were conducted at FMVZ / UNESP, Campus Botucatu. In the first experiment 400 birds of Ross® 308 strain with 30 days post hatching were purchased from commercial husbandry. The birds were allocated in eight pens with 50 birds each and submitted to a five day period of adaptation to the experimental facilities. The welfare was assessed by two distinct methods, the *gait score* and the latency to lie, which are, respectively, the way of the birds walking and their ability to keep stand up. These evaluations were performed when the birds reached 2.8 kg ( $\pm$  140 g), approximately 39 days post hatching, and then the data were compared and correlated using the statistical program SAS 9.2. A negative correlation between the two methods of welfare evaluations was observed and the use of *latency to lie* is feasible. In the second experiment, was assessed three treatments and its influence on the walking ability of broilers: Control - use of 80ppm of inorganic zinc in the period of 1 to 42 days; Zn I + Zn O – use of 40ppm of inorganic zinc plus 40ppm of organic zinc in the period of 1 to 42 days; and Zn O - 40ppm of organic zinc in the period from 1 to 42 days. At 42 days post hatching, was verified that the association of inorganic zinc and organic zinc did not influence the walking ability or ability to keep stand up on the evaluated birds.

**Key-words:** locomotor problems; poultry; walking ability; welfare.

## INTRODUÇÃO

Para suprir a demanda de produção e aumentar a rentabilidade, ao longo dos anos, foram desenvolvidas linhagens de frangos de corte de crescimento rápido que possibilitaram aumento no peso final, melhora nos índices produtivos e redução no tempo para abate. No entanto, acredita-se que o grande desempenho produtivo das aves comerciais tenha culminado na alta incidência de distúrbios ósseos e locomotores [1, 2]. Sendo assim, a baixa capacidade das linhagens de frangos de corte de crescimento rápido em responder à carga mecânica, sugere que elas são incapazes de adaptar o sistema esquelético tão rapidamente quanto o peso corporal aumenta [3].

Uma alternativa para minimizar este problema é a adequada suplementação de minerais à dieta dessas aves, dentre eles o micromineral zinco, pois sua deficiência pode exercer efeito negativo no processo de formação do esqueleto. No entanto, quando a fonte de suplementação utilizada é inorgânica, estes minerais traço são em grande parte excretados para o ambiente e sua absorção e utilização pelo organismo são prejudicadas. Então pode-se lançar mão da utilização de microminerais com melhor biodisponibilidade, como os microminerais orgânicos. Essas fontes minerais podem ser adicionadas em menor concentração na dieta, sem qualquer efeito negativo sobre o desempenho produtivo e qualidade óssea [4, 5]. Como é o caso do micromineral zinco na forma orgânica.

Os problemas de perna e qualidade óssea são indicadores de bem-estar animal, por que animais nessas condições são privados de alimento e água, pois não têm facilidade de acessar comedouros e bebedouros; têm restrições comportamentais e de interação, devido a dificuldade em locomover-se; podem sentir dor e ter comprometimento funcional; e os estados mentais normalmente são piorados nestas situações.

O bem-estar está vinculado a sanidade animal, a saúde e bem-estar dos trabalhadores e a sustentabilidade dos sistemas socioeconômicos e ecológicos, sendo assim as motivações éticas e econômicas do bem-estar animal são complementares e constituem considerações legítimas que, idealmente, devem ser levadas em conta ao determinar as condições dos animais em qualquer contexto específico [6]. A condição de “bem-estar bom”, além de promover melhoras na eficiência produtiva, tornando mais sustentáveis os sistemas de produção e socioeconômico, quando bem amparada em fundamentações científicas, pode se tornar importante ferramenta para agregar valor ao produto final.

Portanto, este estudo foi desenvolvido com o objetivo de correlacionar as metodologias de avaliação de bem-estar em frangos de corte por meio da capacidade de manter-se em pé em caixas plásticas (versão adaptada do *latency to lie*) e caminhar no trajeto de um metro linear (*gait score*). Também foi avaliada a viabilidade de utilização da versão adaptada do *latency to lie*, por validação com resultados de *gait score*, otimizando o tempo de realização do teste em aviários comerciais. Além de correlacionar a suplementação de combinações de zinco orgânico e inorgânico com a capacidade de locomoção da ave.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

Os experimentos foram conduzidos nas instalações da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP, Câmpus de Botucatu, na Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia – FMVZ, na Área de Ensino, Pesquisa e Extensão em Avicultura de Corte, localizada na latitude 22° 49’ 07” S e longitude 48° 24’ 40” W.

Todos os procedimentos experimentais foram aprovados pela Comissão de Ética no Uso de Animais sob Protocolo nº 156/2015 – CEUA.

### **Manejo das aves**

Para o experimento I, realizado no mês de janeiro de 2017, foram adquiridas 400 aves da linhagem Ross® 308 com 30 dias de idade de um aviário comercial e submetidas a um período de cinco dias de adaptação as instalações experimentais. E para o experimento II, realizado em setembro de 2017, foram utilizados 1.512 frangos de corte, machos, também da linhagem Ross® 308 adquiridos com um dia de idade, de um incubatório comercial e distribuídos igualmente entre os tratamentos.

O aviário experimental onde estas aves foram alojadas, foi construído no sentido leste-oeste, com 40 m de comprimento, 8 m de largura e 3,5 m de pé direito. A área interna desta instalação foi dividida em 48 boxes de 3,0 x 1,5 m totalizando 4,5 m<sup>2</sup>. As paredes e as divisórias dos boxes são de alvenaria com altura de 40 cm e com tela de fios de arame trançados (alambrado) de 0,5 polegadas. A cobertura é com telhas de fibrocimento e para controle da temperatura interna do ambiente o aviário possui cortinas laterais, aspersores e ventiladores. Os boxes foram providos de 8 cm de cama de maravalha nova, comedouros tubulares com capacidade de 20 kg e bebedouros pendulares semiautomáticos. As rações foram formuladas à base de milho e farelo de soja seguindo as exigências nutricionais para cada fase de criação [adaptado de 7], nos experimentos I e II. Para o experimento II as aves foram submetidas a três níveis de zinco (tratamentos). Os níveis de zinco utilizados nas dietas experimentais seguiram as recomendações disponíveis na literatura [adaptado de 7, 8].

A ração e água foram fornecidas *ad libitum*. Conforme já mencionado, a capacidade locomotora e o bem-estar foram avaliados por meio de dois métodos distintos, o *gait score* e o *latency to lie*, que são, respectivamente, a maneira como as aves caminham e sua capacidade de manterem-se em pé e, posteriormente, estes métodos foram comparados e correlacionados.

Tabela 1. Descrição dos tratamentos experimentais – experimento II.

Tratamentos	Descrição
Controle	Controle (utilização de 80ppm de zinco inorgânico)
Zn I + Zn O	Utilização 40ppm de zinco inorgânico acrescido de 40ppm de zinco orgânico
Zn O	Utilização de 40ppm de zinco orgânico

### **Mensuração de bem-estar animal e problemas de locomoção**

Em ambos experimentos, para as avaliações de *gait score* e *latency to Lie* a partir do 35º dia de criação uma amostra de 10% das aves foi pesada para estimar a data em que atingiram 2,8 kg ( $\pm 140$  g), aproximadamente aos 39 dias de criação. Neste momento, o *gait score* foi avaliado em 100% das aves nos dois experimentos.

#### ***Gait Score***

Este teste foi realizado por avaliadores treinados e baseou-se na atribuição de escores para a maneira como as aves caminharam, em trajeto de um metro linear delimitado dentro dos boxes. Estes escores variaram entre 0 e 5, sendo 0 - ave que caminhou normalmente e deu no mínimo dez passos ininterruptos, 1 - ave que caminhou rapidamente e com raras claudicações, 2 – ave que caminhou rapidamente, mas com alguma dificuldade, dando até 6 a 8 passos em 1 m, 3 – ave que caminhou com severas



claudicações em 1 m linear, 4 – ave que caminhou lentamente e quando estimulada usou as asas para se apoiar e 5 - ave que não caminhou [9].

### ***Latency to lie***

Após a avaliação de *gait score* as aves foram identificadas em cada escore e, então realizou-se o teste *latency to lie*, que avaliou o tempo gasto pela ave para sentar-se quando exposta a uma situação desconfortável e incomum à sua criação. Para isto, foram adicionados 3 cm de água, à temperatura ambiente, em uma caixa plástica (75 cm de comprimento x 55 cm de largura x 30 cm de altura), onde as aves foram alocadas. Um cronômetro digital foi utilizado para registrar o tempo que a ave levou até a primeira tentativa de sentar-se, interrompendo-se o teste após 600 segundos [10].

O teste foi realizado por avaliadores treinados, garantindo-se que as aves estivessem confortáveis e livres para expressarem seu comportamento, uma vez que, o ambiente estava calmo e a água em temperatura próxima a 25°C. Atentou-se para a interrupção do teste assim que a ave apresentasse o primeiro sinal de incômodo, seguindo assim os preceitos éticos da experimentação animal.

## **ANÁLISE ESTATÍSTICA**

A avaliação estatística foi realizada utilizando-se o programa estatístico SAS 9.2. [11]. Os dados de *gait score* não atenderam as pressuposições do modelo estatístico (normalidade e homogeneidade), assim, foram comparados pelo teste de Chi-quadrado ( $P < 0,05$ ) nos dois experimentos, utilizando-se o Proc Freq do mesmo programa estatístico. Já os dados de *latency to lie*, foram analisados por ANOVA e comparados por

teste de Tukey ( $P < 0,05$ ). No experimento I os dados foram correlacionados pelo teste de Spearman, também ao nível de 5% de significância.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Experimento I

Para este estudo os *gait scores* 0 e 1 apresentaram maior frequência entre as aves avaliadas, 67,89 e 23,61%, respectivamente (Tabela 2), o que acorda com o preconizado pelas diferentes normas de bem-estar dos países importadores [2,12]. No entanto, ainda que existam altas porcentagens de animais caminhando normalmente nos aviários estes podem apresentar elevados índices de doenças do sistema locomotor [13, 14]. O *gait score* é uma característica afetada pela linhagem e pelo sexo da ave, porque é relacionado a capacidade de ganho de peso da [15, 16, 17]. Neste estudo, estabeleceu-se que as avaliações de *gait score* iniciar-se-iam com um mesmo peso corporal para todas as aves e não se fixou a idade; portanto, este não foi um fator de interferência no teste.

Tabela 2. Frequência de *gait score* em frangos de corte (%).

<i>Gait score</i> <sup>1</sup>					
0	1	2	3	4	5
67,89 <sup>a</sup>	23,61 <sup>b</sup>	4,49 <sup>c</sup>	1,72 <sup>d</sup>	1,46 <sup>d</sup>	0,83 <sup>d</sup>

<sup>1</sup>Letras diferentes na linha diferem pelo Teste Chi-quadrado ( $p < 0,05$ ).

Conforme esperado, as aves com escores menores para habilidade de caminhar (0 e 1), ou seja, aquelas que caminharam com mais facilidade, permaneceram mais tempo em pé (Figura 1), evitando o contato com a água (Tabela 3) atestando sua habilidade locomotora e, desta forma validando os dados de *gait score*. As aves com escore 5 não

foram submetidas ao teste *latency to lie*, pois não eram capazes de manterem-se em pé (Figura 2). Foi observada correlação altamente significativa (-0.6408,  $P < 0,0001$ ) [18] entre os dois métodos de avaliação de bem-estar (Tabela 4). Também observou-se que é possível realizar avaliações de bem-estar animal, com medidas objetivas de tempo, melhorando a precisão e a rapidez desta avaliação, uma vez que as aves ficavam em média 368 segundos em pé, mesmo as mais saudáveis. Portanto, pode-se diminuir o tempo de avaliação para 370 segundos (40% menos), em relação aos 600 segundos recomendados [10]. Observou-se que o *latency to lie* também foi eficiente para sinalizar outros problemas no bem-estar das aves como, fadiga e desconforto térmico, embora estes valores não tenham sido mensurados.

Tabela 3. Tempo de *latency to lie* em frangos de corte classificados em *gait score* (GS)<sup>1</sup>.

<i>Latency to lie</i> (segundos)					
	GS0	GS1	GS2	GS3	GS4
Médias	368,18 <sup>a</sup>	242,09 <sup>b</sup>	156,30 <sup>c</sup>	107,16 <sup>c</sup>	4,98 <sup>d</sup>

<sup>1</sup>Letras diferentes na linha diferem pelo Teste de Tukey ( $p < 0,05$ )

Tabela 4. Correlação entre *gait score* e *latency to lie*<sup>1</sup>.

	<i>Gait score</i>
<i>Latency to lie</i>	-0,6408
Valor de P	<0,0001

<sup>1</sup>Correlação de Spearman ( $p < 0,01$ )



Figura 1. Avaliação de *latency to lie*. Ave saudável e que permaneceu em pé por mais de 370 segundos.



Figura 2. Avaliação de *latency to lie*. Ave com grave problema locomotor e quando colocada na água permaneceu sentada.

## Experimento II

No experimento II não foi encontrada diferença ( $P>0,05$ ) para a frequência de *gait score* entre os tratamentos utilizados, ou seja, a inclusão ou não do zinco orgânico na dieta não influenciou a habilidade locomotora das aves sugerindo que mesmo a suplementação de combinações de fontes minerais não foi capaz de promover melhora no *gait score*

(Tabela 5), ou na qualidade óssea e habilidade locomotora. Da mesma forma, a substituição total deste mineral da forma inorgânica pela forma orgânica resultou nos mesmos parâmetros de locomoção.

Tabela 5. Frequência de *gait score* (GS) em frangos de corte alimentados com zinco inorgânico (Controle), zinco orgânico (Zn O) e associação com zinco inorgânico (Zn I +Zn O)

Tratamento	GS0	GS1	GS2	GS3	GS4	GS5
Controle	68,16	23,44	4,88	1,56	0,98	0,98
Zn I + Zn O	64,66	25,39	5,27	2,34	1,17	1,17
Zn O	65,62	25,59	4,10	1,76	1,56	1,37

<sup>1</sup>Letras diferentes na linha diferem pelo Teste Chi-quadrado ( $p < 0.05$ ).

O teste de *latency to lie*, como esperado, seguiu o mesmo comportamento do *gait score* e não apresentou diferença ( $P > 0,05$ ) entre as aves alimentadas ou não com diferentes associações de fontes minerais, verificando-se boas relações entre os escores de habilidade locomotora e tempo de permanência em pé (Tabela 6).

Tabela 6. Valores de *latency to lie* (segundos) encontrados para cada *gait score* (GS) em frangos de corte alimentados com zinco inorgânico (Controle), zinco orgânico (Zn O) e associação com zinco inorgânico (Zn I +Zn O)

Tratamento	<i>Latency to lie</i> (segundos)					
	GS0	GS1	GS2	GS3	GS4	Média
Controle	301,22	187,25	100,87	101,34	6,03	174,18
Zn I + Zn O	308,18	204,00	120,17	114,57	8,34	188,81
Zn O	337,11	205,12	107,52	98,48	3,07	187,82
CV (%) <sup>1</sup>	25,63	14,56	28,69	91,27	43,59	26,61
Valor de P	0,754	0,054	0,262	0,775	0,512	0,357

<sup>1</sup>CV (%) = Coeficiente de Variação.

Estes dados corroboram a afirmação de [4] e [5], de que os minerais nesta forma podem ser utilizados em concentrações mais baixas na dieta, sem comprometimento da qualidade óssea, conseqüentemente da habilidade locomotora da ave. Os níveis e fontes minerais podem influenciar os distúrbios locomotores; no entanto, ainda existem alguns fatores que necessitam ser melhor elucidados, já que resultados distintos ainda são encontrados quando se estudam os microminerais. [19, 20, 21, 22] .

## CONCLUSÕES

Os resultados da versão adaptada do teste *latency to lie* foram validados pelos resultados do *gait score* e os testes foram negativamente correlacionados. A substituição do *gait score* pelo *latency to lie* mostrou-se viável para utilização em aviários comerciais e casas genéticas, sendo possível realizar avaliações de bem-estar animal, com medidas objetivas de tempo, mantendo-se a rapidez e melhorando a precisão desta avaliação. O *latency to lie* aponta também outros fatores de distresse, além de distúrbios locomotores, e pode ser considerado um sinalizador para problemas de bem-estar.

A substituição total do zinco na dieta de frangos de corte da forma inorgânica pela forma orgânica (metade de sua concentração), ou mesmo a substituição parcial da fonte inorgânica, não prejudica os parâmetros de habilidade locomotora.

## REFERÊNCIAS

1. Bessei, W. Welfare of broilers: A review. *World's Poult Sci J* 2006; 62: 455–466.
2. Almeida Paz, ICL; Almeida, ICL; Milbradt, EL; Caldara, FR; Tse, MLP. Effects of analgesic and noise stimulus in gait score assessment. *Plos One*. 2019, 14: p.e0208827.
3. Pitsillides AA, Rawlinson SC, Mosle JR, Lanyon LE. Bone's early response to mechanical loading differs in distinct genetic strains of chicks: Selection for enhanced growth reduces skeletal adaptability. *J Bone Miner Res*. 1999; 14: 980–987.
4. Nollet L, Van Der Klis JD, Lensing M, Spring P. The effect of Replacing Inorganic With Organic Trace Minerals in Broiler Diets on Productive Performance and Mineral Excretion. *J Appl Poult Res*. 2007; 16: 592-597.
5. Sahraei M, Janmmohamdi H, Taghizadeh A, Cheraghi S. Effect of different zinc sources on tibia bone morphology and ash content of broiler chickens. *Advances in Biological Research*. 2012; 6: 128-132.
6. OIE. Estrategia Mundial de Bienestar Animal de la OIE, mayo de 2017. Disponível em: <[www.oie.int](http://www.oie.int)>. Acesso em: 10 de jun. de 2018
7. Rostagno HS, Albino LFT, Donzele JL, Gomes PC, Oliveira RF, Lopes DC, et al. Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais. 3 ed. Viçosa: Departamento de Zootecnia, 2011.

8. Rostagno HS, Albino LFT, Hannas MI, Donzele JL, Sakomura NK, Perazzo FG, et al. Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais. 4 ed. Viçosa: Departamento de Zootecnia, 2017.
9. Kestin SC, Knowles TG, Tinch AE, Gregory NG. Prevalence of leg weakness in broiler chickens and its relationship with genotype. *Vet Record*. 1992; 131: p. 190-194.
10. Weeks CA, Danbury TD, Davies HC, Hunt P, Kestin SC. The behaviour of broiler chickens and its modification by lameness. *Appl Anim Behav Sci*. 2000; 67: 111–125.
11. SAS Institute. 2004. SAS Users Guide. SAS Institute Inc., Cary, Nc.
12. ABPA. Associação Brasileira de Proteína Animal. Relatório Anual. 2017. Disponível em: <http://abpa-br.com.br/setores/avicultura/publicacoes/relatorios-anuais/2017>. Acesso em: 20 fev. 2017.
13. Nääs IA. Princípios de bem-estar animal e sua aplicação na cadeia avícola. *Biol*. 2008; 70: 105-106.
14. Almeida Paz ICL, Garcia RG, Bernardi R, Nääs IA, Caldara FR, Freitas LW, et al. Selecting appropriate bedding to reduce locomotion problems in broilers. *Braz J Poult Sci*. 2010; 12: 189-19.
15. Knowles, TG, et. al. Leg Disorders in broiler chickens: prevalence, risk factors and prevention. *J Bone*. 2008; 2: 1545.
16. Alves MCF, Almeida PAZ ICL, Nääs I.A, Garcia RG, Caldara FR, Baldo GAA, et al. Locomotion of commercial broilers and indigenous chickens. *Rev Bras Zootec*. 2016; 45: 372-379.



17. Alves MCF, Almeida Paz ICL, Nääs IA, Garcia RG, Caldara FR, Baldo GAA, et al. Equilibrium Condition during Locomotion and Gait in Broiler Chickens. *Braz J Poult Sci.*, 2016; 18: 419-426.
18. Mukaka, M. M. Statistics Corner: A guide to appropriate use of Correlation coefficient in medical research. *Malawi Med J.* 2012; 24: 69-71.
19. Bokkers EAM, Zimmerman PH, Rodenburg TB, Koene P. Walking behaviour of heavy and light broilers in an operant runway test with varying durations of feed deprivation and feed access. *Appl Anim Behav Sci.* 2006; 108: 129-142.
20. Angel, R. Metabolic Disorders: Limitations to Growth of and Mineral Deposition into the Broiler Skeleton after Hatch and Potential Implications for Leg Problems. *J Appl Poult Res.* 2007; 16: 138–149.
21. Fernandes BCS, Martins MRFB, MENDES AA, ALMEIDA PAZ IC L, KOMIYAMA CM, MILBRADT EL. Locomotion problems of broiler chickens and its relationship with the gait score. *Rev. Bras. Zootec.* 2012; 41: 1951-1955.
22. Garcia RG, Almeida Paz ICL, Caldara FR, Nääs IA, Pereira DF, Ferreira VMOS. Selecting the most adequate bedding material for broiler production in Brazil. *Rev Bras Ciênc Avi* 2012; 14: 121-127.

## **CAPÍTULO 4**

### **IMPLICAÇÕES**

## IMPLICAÇÕES

Conforme discutido neste trabalho, existe grande incidência de problemas locomotores nos frangos de corte modernos e isso pode ser resultado de distúrbios na formação e composição do sistema esquelético. Sabe-se que, indiretamente, esses distúrbios causarão impactos negativos à habilidade locomotora das aves e conseqüentemente ao seu bem-estar. A avicultura ainda é carente de métodos que estimem esses problemas de maneira eficiente e que sinalizem objetivamente a necessidade de melhorias; visto que, as linhagens atuais apresentam a forma de caminhar bastante diferente daquela encontrada quando o *gait score* foi descrito, sugerindo que esta metodologia de avaliação necessita ser atualizada ou substituída.

Uma alternativa para minimizar a incidência de distúrbios locomotores é a adequada suplementação de minerais na dieta das aves; portanto, a possibilidade de utilizar parcial ou integralmente, fontes com maior biodisponibilidade relativa, como as fontes orgânicas, em substituição às inorgânicas, mais utilizadas comercialmente, sem que haja prejuízo a produtividade e qualidade óssea, é muito interessante para a indústria avícola, sendo uma oportunidade de reduzir o impacto ambiental da excreção de minerais traço. Embora neste trabalho não se discuta a análise econômica da utilização do zinco na forma orgânica, pode-se dizer que é uma alternativa efetiva visto os potenciais ganhos ambientais e produtivos.

Sendo assim, este estudo trará importante contribuição para a cadeia de produção industrial avícola moderna, pois aborda assuntos relacionados a sustentabilidade, bem-estar animal e inovações tecnológicas, como utilização de fontes orgânicas de zinco nas dietas dos frangos de corte e novos métodos de mensuração de problemas locomotores, que podem ainda ser aprimorados através de filmagens.