

SNAYLLA NATYELLE DE OLIVEIRA ALMENDRA

**ZINCO E ARGININA EM DIETAS PARA FRANGOS DE CORTE MANTIDOS EM
AMBIENTE DE ESTRESSE POR CALOR**

TERESINA, PIAUÍ

2017

SNAYLLA NATYELLE DE OLIVEIRA ALMENDRA

**ZINCO E ARGININA EM DIETAS PARA FRANGOS DE CORTE MANTIDOS EM
AMBIENTE DE ESTRESSE POR CALOR**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação
em Ciência Animal da Universidade Federal do
Piauí, como requisito para a obtenção do grau de
Doutor.

Área de Concentração: Produção Animal

TERESINA, PIAUÍ

2017

FICHA CATALOGRÁFICA
Universidade Federal do Piauí
Biblioteca Setorial do Centro de Ciências Agrárias
Serviço de Processamento Técnico

A448z Almendra, Snaylla Natyelle de Oliveira
Zinco e arginina em dietas para frangos de corte mantidos em ambiente de estresse por calor / Snaylla Natyelle de Oliveira Almendra - 2017.
147 f.: il.

Tese (Doutorado em Ciência Animal) – Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2017.
Orientação: Prof. Dr. João Batista Lopes

1. Frango de corte 2. Deposição de nutrientes 2. Desempenho produtivo 3. Metabolizabilidade 4. Morfometria intestinal 5. Rendimento de carcaça 6. Resposta imune I. Título

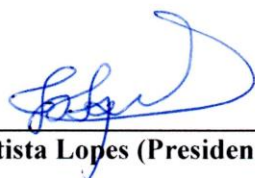
CDD 636.513

**ZINCO E ARGININA EM DIETAS PARA FRANGOS DE CORTE MANTIDOS EM
AMBIENTE DE ESTRESSE POR CALOR**

SNAYLLA NATYELLE DE OLIVEIRA ALMENDRA

Tese Aprovada em: 10/04/2017

Banca Examinadora:



Prof. Dr. João Batista Lopes (Presidente) / DZO/CCA/UFPI



Prof. Dr. Amilton Paulo Raposo Costa (Interno) / DMV/CCA/UFPI



Prof. Dr. Leonardo Atta Farias (Interno) / CPCE/UFPI



Prof. Dr. Daniel Medeiros de Noronha Albuquerque (Externo) / IFPI



Dra. Daniela Cristina Pereira Lima (Externa) / Nenhuma

A Deus, por nunca ter permitido que as dificuldades enfrentadas, para chegar até aqui, fossem maiores do que a minha determinação.

A minha família, pela confiança em mim depositada e pelo incentivo, durante esta longa jornada. Quero que saibam que o meu amor por vocês é eterno.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus por sua bondade e misericórdia. A ti, senhor, eu devo toda hora e glória.

A Universidade Federal do Piauí (UFPI) pelo fornecimento de anos de educação de qualidade e pelo suporte oferecido para a viabilização da pesquisa.

A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Piauí pelo financiamento do projeto de pesquisa.

Ao Instituto de Ensino Superior Múltiplo, em nome do Professor Dr. Raniel Lustosa de Moura, Coordenador do Curso de Bacharelado em Zootecnia, pela oportunidade de fazer parte do corpo docente da Instituição por quase dois anos.

Ao Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Maranhão (IFMA), em nome do Professor Esp. Francisco Alberto Gonçalves Filho, Diretor Geral; e, do Professor Me. Miquéias Oliveira de Souza, Diretor de Ensino, do IFMA/Campus Grajaú, pelo incentivo à qualificação docente e pela concessão dos afastamentos para a finalização da Tese.

Aos meus pais Regina Maria Pereira de Oliveira Almendra e Fausto Luiz Rocha Almendra por terem me guiado pelo caminho do bem e não medirem esforços para que eu tivesse uma boa educação.

À minha irmã Skarlla de Oliveira Almendra e ao meu cunhado Francelino Neiva Rodrigues por compreenderem a minha ausência, durante os encontros familiares, em função das atividades da pós-graduação. Ao meu sobrinho Emanuel Almendra Neiva, que veio ao mundo para me fazer sentir o amor mais verdadeiro e incondicional que existe.

Ao Professor Dr. João Batista Lopes pelos seis anos de orientação. Obrigada pela paciência e por ser sempre tão compreensivo. Agradeço pela oportunidade de ter sido sua orientada e pelos ensinamentos, que não se limitaram apenas aos saberes científicos, mas, também, a lições de vida. Lembrarei sempre da sua empatia e educação ao tratar as pessoas, do grande profissional que és, e do amor e zelo que tens pela sua família; ações de grande referência para mim.

Ao Professor Dr. Agostinho Valente de Figueirêdo pelos seis anos de coorientação. Agradeço pelos ensinamentos e por estar sempre por perto, me auxiliando a tomar as decisões mais difíceis durante a jornada da pós-graduação. Obrigada pelo incentivo e pelos conselhos.

A Professora Dra. Silvia de Araújo França Baêta pela orientação durante as avaliações histopatológicas e morfométricas. Serei eternamente grata pela paciência e pelas horas dedicadas ao meu ensinamento. Tenho grande admiração pelo seu profissionalismo, pela humildade e pelo amor demonstrado ao próximo. És iluminada e abençoada por Deus, muito obrigada por tudo!

A Dra. Sandra Regina Gomes da Silva pelas contribuições dadas não apenas enquanto membro da banca, durante o exame de qualificação da Tese, mas pelos dias e noites dedicados à realização da pesquisa.

Ao Prof. Dr. Leonardo Atta Farias pela presteza e pelas contribuições dadas à Tese.

Ao Prof. Dr. Daniel Medeiros de Noronha Albuquerque pelo apoio durante a execução dos experimentos, pela disponibilidade, pelos conselhos e contribuições à redação da Tese.

Ao Prof. Dr. Amilton Paulo Raposo Costa pela disponibilidade e compreensão e pelas contribuições dadas à Tese.

A Dra. Daniela Cristina Pereira Lima pela empatia e por estar sempre disponível para ajudar. Agradeço pela paciência, pelas contribuições e por ter me dado a oportunidade de conviver com você durante esses oito anos de academia.

Ao Professor Dr. Antônio de Sousa Júnior, do Colégio Técnico de Teresina (CTT) - UFPI, pela presteza e colaboração durante as pesquisas desenvolvidas no Setor de Avicultura do Departamento de Zootecnia, do Centro de Ciências Agrárias – UFPI.

Ao Chefe do Departamento de Zootecnia, do Centro de Ciências Agrárias (CCA) da UFPI, Professor Dr. Daniel Louçana da Costa Araújo, pela valiosa colaboração na execução dos experimentos da Tese.

Aos Técnicos do Laboratório de Nutrição Animal, do Departamento de Zootecnia – CCA/UFPI, Manoel José de Carvalho e Lindomar de Moraes Uchoa pela ajuda durante as análises químicas.

Aos senhores Luís José Duarte Franco e Antonio Carlos dos Santos, Técnicos do Laboratório de Bromatologia da Embrapa Meio-Norte, pela realização das análises de zinco.

Ao Técnico do Laboratório de Histopatologia do CAA/UFPI, Manoel de Jesus Gomes da Silva pela confecção das lâminas histológicas para as avaliações morfométricas.

Ao Dr. Felipe Barbosa Ribeiro e ao Dr. Marcos Antonio Delmondes Bomfim, Professores do Centro de Ciências Agrárias e Ambientais, da Universidade Federal do Maranhão (UFMA) - Campus Chapadinha, pela disponibilização do liofilizador, do Laboratório de Bromatologia, para

a secagem das carcaças dos frangos de corte. Agradeço de forma especial a amiga Elvania Maria da Silva Costa por ter intermediado a parceria com a UFMA e pelos 12 anos de cumplicidade e parceria.

Aos Residentes em Patologia Animal - CCA/UFPI, Werner Rocha Albuquerque, Emanuelle Karine Frota Batista e Alexandra de Siqueira Cajado Liarte pelo acolhimento, apoio e solidariedade durante os dois meses em que permaneci no Laboratório de Patologia – CCA/UFPI, realizando análises morfométricas da pesquisa.

Ao funcionário Isaias Soares e toda a equipe de terceirizados do Departamento de Zootecnia – CCA/UFPI pela assistência antes, durante e após a execução das atividades experimentais.

Aos demais colaboradores do projeto: Virgilio Carlos Rocha Júnior, Luiz Henrique de Carvalho Reis, Miriam Lima Fernandes, Maria do Carmo da Silva Veiga, Tatiele Pereira Araújo, Jefferson Douglas Martins Ferreira, Hidaliana Paumerik Aguiar Bastos, Mabell Nery Ribeiro, Vânia Batista de Sousa Lima, Ramon Rêgo Merval, Renato dos Santos Feitoza, Rafael Melo de Carvalho, Apoliane Lira de Oliveira, Junia Mariza Alves Araújo, Karen Jamile Viana de Sousa, Raimundo Nonato Lopes, Francisco Rodrigues Sampaio Neto, Raphael Silveira Duarte, Edson Mendes da Silva e Wallace de Andrade Chaves; pela disponibilidade e paciência.

Aos amigos Isabela Cristina Torres e Silva, Ana Regina Leão Ibiapina, Luciana Learte Moura Nunes, Gleison Maria Lopes, Osias Mendes dos Santos, Lucélia Ribeiro Coelho, Glauciane Freire Araújo Abreu, Widglan Barbosa de Sousa Nunes, do IFMA/Campus Grajaú, pelo carinho, incentivo e por compreenderem a minha ausência em momentos importantes da jornada de trabalho em prol do doutoramento.

Enfim, a todos que contribuíram direta ou indiretamente para a minha formação profissional e pessoal.

Muito obrigada!

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	x
LISTA DE FIGURAS	xiii
RESUMO	xiv
ABSTRACT	xv
1 INTRODUÇÃO	16
2 REVISÃO DE LITERATURA	18
2.1 Estresse térmico em aves	18
2.1.1 Efeitos do estresse por calor no desempenho de frangos de corte	19
2.1.2 Efeitos do estresse por calor na resposta imune de frangos de corte	20
2.2 Estratégias para minimizar os efeitos do estresse por calor em aves	21
2.3 Metabolismo do zinco e seus efeitos na nutrição de frangos de corte	22
2.4 Metabolismo da arginina e seus efeitos na nutrição de frangos de corte	26
3 CAPÍTULO I - Zinco e arginina em dietas para frangos de corte estressados por calor: desempenho produtivo e rendimento de carcaça e de cortes	29
4 CAPÍTULO II - Suplementação de zinco e arginina sobre a metabolizabilidade e a deposição de nutrientes na carcaça de frangos de corte, mantidos em ambiente de alta temperatura.....	55
5 CAPÍTULO III – Zinco e arginina sobre a bioquímica sérica, a resposta imune, a morfometria intestinal e a resistência da pele de frangos de corte em estresse por calor	96
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	141
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS GERAIS	142
8 ANEXOS	148

LISTA DE TABELAS

Capítulo 1

Tabela 1 Composição percentual e calculada das dietas experimentais dos frangos de corte na fase de 1 a 7 dias de idade	48
Tabela 2 Composição percentual e calculada das dietas experimentais dos frangos de corte na fase de 8 a 21 dias de idade	49
Tabela 3 Condições ambientais observadas durante o período experimental	50
Tabela 4 Desempenho produtivo de frangos de corte, de 1 a 7 dias de idade, alimentados com dietas suplementadas com zinco e arginina	51
Tabela 5 Desempenho produtivo de frangos de corte, de 1 a 21 dias de idade, alimentados com dietas suplementadas com zinco e arginina	52
Tabela 6 Peso absoluto (g) e peso relativo (%) de órgãos digestivos e do coração de frangos de corte, aos 21 dias de idade, alimentados com dietas suplementadas com zinco e arginina	53
Tabela 7 Rendimento de carcaça e de cortes nobres de frangos de corte, aos 21 dias de idade, alimentados com dietas suplementadas com zinco e arginina.....	54

Capítulo 2

Tabela 1 Composição percentual e calculada das dietas experimentais dos frangos de corte na fase de 1 a 7 dias de idade	86
Tabela 2 Composição percentual e calculada das dietas experimentais dos frangos de corte na fase de 8 a 21 dias de idade	87
Tabela 3 Condições ambientais observadas durante os períodos experimentais	88
Tabela 4 Consumo, excreção e coeficiente de metabolizabilidade da matéria seca (CM _{MS}) e da proteína bruta (CM _{PB}) de dietas, suplementadas com zinco e arginina, para frangos de corte, na fase inicial.....	89

Tabela 5 Consumo, excreção e coeficiente de metabolizabilidade do extrato etéreo (CM _{EE}) e da energia bruta (CM _{EB}) de dietas, suplementadas com zinco e arginina, para frangos de corte, na fase inicial.....	90
Tabela 6 Balanço de nitrogênio (BN), eficiência de utilização do nitrogênio (EUN) e energia metabolizável aparente corrigida para o balanço de nitrogênio (EMAn) de dietas, suplementadas com zinco e arginina, para frangos de corte, na fase inicial	91
Tabela 7 Consumo, excreção e coeficiente de retenção de zinco (CR _{ZN}) de dietas, suplementadas com zinco e arginina, para frangos de corte, na fase inicial.....	92
Tabela 8 Composição química da carcaça de pintos de 1 dia e de frangos de corte aos 21 dias de idade, alimentados com dietas suplementadas com zinco e arginina	93
Tabela 9 Composição química da carcaça de pintos de 1 dia e deposição de nutrientes na carcaça de frangos de corte aos 21 dias de idade, alimentados com dietas suplementadas com zinco e arginina.....	94
Tabela 10 Quantidade de amônia volatilizada, pH e umidade da cama de frangos de corte, alimentados com dietas suplementadas com zinco e arginina, após 21 dias de alojamento	95

Capítulo 3

Tabela 1 Composição percentual e calculada das dietas experimentais dos frangos de corte na fase de 1 a 7 dias de idade	129
Tabela 2 Composição percentual e calculada das dietas experimentais dos frangos de corte na fase de 8 a 21 dias de idade	130
Tabela 3 Condições ambientais observadas durante o período experimental	131
Tabela 4 Bioquímica sérica de frangos de corte, aos 21 dias de idade, alimentados com dietas suplementadas com zinco e arginina	132
Tabela 5 Pesos absoluto (g) e relativo (%) do fígado e do pâncreas de frangos de corte, aos 21 dias de idade, alimentados com dietas suplementadas com zinco e arginina.....	133
Tabela 6 Peso de órgãos linfoides e morfometria da bolsa cloacal de frangos de corte, aos 21 dias de idade, alimentados com dietas suplementadas com zinco e arginina.....	134

Tabela 7 Morfometria intestinal do duodeno de frangos de corte, aos 21 dias de idade, alimentados com dietas suplementadas com zinco e arginina	135
Tabela 8 Morfometria intestinal do jejuno de frangos de corte, aos 21 dias de idade, alimentados com dietas suplementadas com zinco e arginina	136
Tabela 9 Morfometria intestinal do íleo de frangos de corte, aos 21 dias de idade, alimentados com dietas suplementadas com zinco e arginina	137
Tabela 10 Empenamento, resistência da pele e histomorfometria da pele de frangos de corte, aos 21 dias de idade, alimentados com dietas suplementadas com zinco e arginina.....	138

LISTA DE FIGURAS**Capítulo 3**

- Figura 1 Estrato córneo da epiderme (A), epiderme (B), derme (C) e hipoderme (D), da pele de frangos de corte recebendo dietas suplementadas com 1% de arginina e 120 mg de zinco/kg de ração (1), e com 2% de arginina nas dietas (2). 20X. (Coloração Hematoxilina e Eosina) 139
- Figura 2 Célula apoptótica (A), células normais justapostas e com formato poliédrico (B) na epiderme, e fibroblastos (C) na derme da pele de frangos de corte alimentados com dietas suplementadas com 2% de arginina. 40X. (Coloração Hematoxilina e Eosina) 140

Zinco e arginina em dietas para frangos de corte mantidos em ambiente de estresse por calor

RESUMO

Os efeitos da suplementação de zinco e arginina em dietas para frangos de corte, mantidos em ambiente de estresse por calor, foram avaliados por meio de dois experimentos. No primeiro, foram utilizados 700 pintos de corte machos, para avaliação do desempenho produtivo, no período 1 a 7 e 1 a 21 dias de idade; dos pesos absoluto e relativo de órgãos digestivos e do coração; do peso de órgãos linfoides; da morfometria da bolsa cloacal e do intestino delgado; do peso das penas; da resistência e histomorfometria da pele; do rendimento de carcaça e de cortes nobres; da composição química e deposição de nutrientes na carcaça; da qualidade da cama e da bioquímica sérica das aves aos 21 dias. No segundo experimento, 175 frangos de corte machos, no período de 11 a 17 dias de idade foram utilizados para a avaliação da metabolizabilidade dos nutrientes, do balanço de nitrogênio e da eficiência de utilização do nitrogênio das dietas. Nos dois experimentos, os tratamentos consistiram em uma dieta controle e em dietas suplementadas com zinco, na forma de complexo zinco aminoácido, em três níveis: 0 mg, 60 mg e 120 mg de zinco/kg de ração, em associação a dois níveis de L-arginina: 1% e 2%. A associação de 1% de arginina e 120 mg de zinco/kg de ração e de 2% de arginina e 60 mg de zinco/kg de ração, piorou a conversão alimentar das aves no período de 1 a 7 e 1 a 21 dias de idade, respectivamente. O zinco suplementar, de forma independente, e a associação de 2% de arginina com 120 mg de zinco/kg de ração proporcionaram menores valores de viabilidade criatória e índice de eficiência produtiva nas aves na fase pré-inicial. O peso do intestino reduziu com a associação de 1% de arginina e 60 mg de zinco/kg de ração e, o peso do coração foi maior com a suplementação de 2% de arginina nas dietas. Redução nos pesos absoluto e relativo do fígado, no peso do timo, no peso das penas, e na espessura da derme ocorreram em função da suplementação do mineral nas dietas. A inclusão de 2% de arginina nas dietas aumentou a espessura da derme das aves, mas não alterou o peso dos órgãos linfoides e a morfometria da bolsa cloacal. Os rendimentos de coxa e de sobrecoxa foram aumentados com a suplementação de arginina nas dietas. O conteúdo de proteínas totais, albumina, globulina, a relação albumina: globulina, os níveis de aspartato aminotransferase (AST), de creatina quinase e de ácido úrico permaneceram inalterados com a adição de zinco e arginina nas dietas. A adição de zinco nas dietas reduziu os coeficientes de metabolizabilidade da matéria seca, da proteína bruta, do extrato etéreo das dietas e, nos níveis 1% e 2% de arginina, a suplementação de zinco reduziu o coeficiente de metabolizabilidade da energia bruta, o coeficiente de retenção de zinco e a energia metabolizável aparente corrigida para o balanço de nitrogênio das dietas. A suplementação de zinco e arginina em dietas para frangos de corte, em fase inicial de criação, mantidos em ambiente de alta temperatura, não melhora os parâmetros de desempenho produtivo, de metabolizabilidade dos nutrientes e de imunidade e não devem ser utilizados nas dietas em níveis acima dos recomendados para o máximo crescimento das aves.

Palavras-chave: deposição de nutrientes, desempenho produtivo, metabolizabilidade, morfometria intestinal, rendimento de carcaça, resposta imune

Zinc and arginine in diets for broilers kept in heat stress environment

ABSTRACT

The effects of zinc and arginine supplementation on broiler diets submitted a heat stress environment were evaluated through of two experiments. In the first, 700 male chicks were used for the evaluate of the productive performance, in the period 1 to 7 and 1 to 21 days of age; of the absolute and relative weights of digestive organs and heart; of the weight of lymphoid organs; of the morphometry of the cloacal pouch and the small intestine; of the weight of feathers; of the resistance and of the histomorphometry of the skin; of the carcass yield and parts yield; of the chemical composition and deposition of nutrients in the carcass; of the bed quality and serum biochemical at 21 days. In the second experiment, 175 male broilers from 11 to 17 days of age were used to evaluate nutrient metabolizability, nitrogen balance and nitrogen utilization efficiency of diets. In the two experiments, the treatments consisted of a control diet and for diets supplemented with zinc, in the form of zinc amino acid complex, at three levels: 0 mg, 60 mg and 120 mg of zinc/kg of feed, in association with two levels of L-arginine: 1% and 2%. The association of 1% of arginine and 120 mg of zinc/kg of feed and 2% of arginine and 60 mg of zinc/kg of feed, worsened the feed conversion of birds in the period from 1 to 7 and from 1 to 21 days of Age, respectively. Supplemental zinc independently and the association of 2% arginine with 120 mg of zinc/kg of feed gave lower values of viability of creating and production efficiency index in birds in the pre-initial phase. Bowel weight decreased with the association of 1% arginine and 60 mg zinc/kg feed, and heart weight was higher with supplementation of 1% arginine in diets. Reduction in the absolute and relative weights of the liver, in the weight of the thymus, of the weight of feathers, and the thickness of the dermis occurred due to the mineral supplementation in the diets. The inclusion of 2% of arginine in the diets increased the thickness of the birds' dermis, but did not alter the weight of the lymphoid organs and the morphometry of the cloacal pouch. The thighs and drumsticks yields were increased with supplementation of arginine in diets. Total protein, albumin, globulin, albumin: globulin, aspartate aminotransferase (AST), creatine kinase and uric acid levels remained unchanged with the addition of zinc and arginine in the diets. The addition of zinc in the diets reduced the metabolizability coefficients of the dry matter, crude protein, ethereal extract of the diets and, at the 1% and 2% levels of arginine, zinc supplementation reduced the gross energy metabolizability coefficient, the retention coefficient of the zinc, and of the corrected apparent metabolizability energy for the nitrogen balance of the diets. Supplementation of zinc and arginine in diets for broiler chickens maintained under a heat stress enviroment does not improve the parameters of productive performance, of nutrient metabolizability and of immunity, and should not be used in diets at levels above those recommended for maximum the birds growth.

Key words: nutrient deposition, productive performance, metabolizability, intestinal morphometry, carcass yield, immune response

1 INTRODUÇÃO

O frango de corte moderno é o resultado de décadas do trabalho intensivo do melhoramento genético animal. As linhagens comerciais foram selecionadas para o rápido crescimento e eficiência alimentar, características necessárias para atender a um mercado consumidor cada vez mais exigente. Entretanto, a busca pela maximização na produção de carne, por meio do melhoramento genético, reduziu a resistência das pernas e a adaptação cardiopulmonar das aves, ficando estas mais propensas à morte súbita, principalmente, quando expostas a agentes estressores, como as altas temperaturas.

Controlar os efeitos negativos das altas temperaturas, comuns em países de clima tropical, sobre os frangos de corte, tem sido um desafio para os produtores, pois as alterações metabólicas e comportamentais, provocadas pelo estresse térmico, afetam variáveis de grande interesse econômico para a atividade como a conversão alimentar, a viabilidade criatória, o rendimento de carcaça e a deposição de proteína muscular (OLIVEIRA NETO et al., 2000).

Na tentativa de amenizar as perdas promovidas pelo estresse por calor, sobre os frangos de corte, tenta-se aliar o manejo nas instalações à nutrição. A utilização de equipamentos, para a climatização de galpões, associados ao fornecimento de dietas suplementadas com enzimas, aminoácidos industriais, vitaminas e minerais orgânicos; são estratégias que visam melhores valores de produtividade em aves sob essas condições (SILVA et al., 2015; SILVA JR. et al., 2005; VAZ et al., 2014).

Os novos conceitos em nutrição de frangos de corte, em clima quente, têm impulsionado a indústria a produzir rações que não levam em consideração apenas a fase de vida do animal, mas a demanda nutricional para a manutenção e produção, em função do ambiente. A redução no consumo de ração, por aves estressadas por calor, sugere a elaboração de dietas com alta densidade em nutrientes funcionais específicos, como o zinco e a arginina (GOMES et al., 2008; FOUAD et al., 2012).

O zinco, mineral essencial para as aves, está envolvido na atividade de muitas enzimas associadas aos processos biológicos. Esse nutriente é importante na síntese de colágeno, melhorando a resistência da pele; e na produção e secreção de hormônios, especialmente, os relacionados ao crescimento, reprodução, imunidade e estresse. É um dos constituintes da metaloenzima anidrase carbônica, atuando no equilíbrio ácido-base, mas, também, na calcificação óssea (LEESON; SUMMERS, 2005). Quando fornecido na forma de zinco complexo aminoácido, em dietas para frangos de corte, a absorção do mineral é facilitada, a

excreção de nutrientes é reduzida e respostas positivas sobre o desempenho, características de carcaça e a bioquímica sérica são observadas (SARVARI et al., 2015).

Em ordem de limitação, a arginina é o quinto aminoácido limitante em dietas de frangos de corte, à base de milho e farelo de soja, depois da metionina + cistina, lisina, treonina e valina. A suplementação desse aminoácido nas dietas das aves melhora o crescimento muscular e tem efeito imunomodulatório direto, por estimular a produção de linfócitos B e T pelos órgãos linfoides e participar da síntese de óxido nítrico, radical associado a vários processos celulares, incluindo neurotransmissão e imunidade (EMADI et al., 2011).

A maioria das pesquisas que apontam os benefícios da suplementação de zinco e arginina, de forma separada, em dietas para frangos de corte, ocorreram em condições de termoneutralidade (FERNANDES, 2012; KIDD, 2004) e os níveis de suplementação indicados podem ser insuficientes para a melhora no desempenho produtivo, no rendimento e na qualidade da carcaça, na metabolizabilidade dos nutrientes das dietas e na resposta imune humoral e celular das aves estressadas por calor, quando o mineral e o aminoácido são suplementados de forma associada. Portanto, a condução de estudos utilizando zinco e arginina, em ambientes com temperaturas elevadas, é de grande importância no estabelecimento de suas exigências e na otimização da produção de frangos de corte.

Pesquisas foram realizadas com o objetivo de avaliar os efeitos da suplementação de zinco e arginina em dietas para frangos de corte, mantidos em ambiente de estresse por calor, sobre o desempenho produtivo, no período 1 a 7 e 1 a 21 dias de idade; os pesos absoluto e relativo de órgãos digestivos e do coração; o peso de órgãos linfoides; a morfometria da bolsa cloacal e do intestino delgado; o peso das penas; a resistência e a histomorfometria da pele; o rendimento de carcaça e de cortes nobres; a composição química e a deposição de nutrientes na carcaça; a qualidade da cama e a bioquímica sérica das aves aos 21 dias. Além disso, no período de 11 a 17 dias de idade, foram avaliadas a metabolizabilidade dos nutrientes, o balanço de nitrogênio e a eficiência de utilização do nitrogênio das dietas dos frangos de corte. Para tanto, dois experimentos foram conduzidos e os resultados podem ser visualizados nos três capítulos da Tese.

A Tese foi estruturada da seguinte forma: Introdução, Revisão de Literatura, Considerações Finais e Referências Bibliográficas Gerais, redigidas conforme a Resolução 001/03-CCMCA, de 22/05/2003, que estabelece as normas editoriais do Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal da Universidade Federal do Piauí. Os capítulos subsequentes foram elaborados em formato de artigo científico e conforme as normas editoriais das revistas as

quais serão submetidos para publicação. O Capítulo 1 – “Zinco e arginina em dietas para frangos de corte estressados por calor: desempenho produtivo e rendimento de carcaça e de cortes”, conforme as normas da *Revista Brasileira de Zootecnia*; o Capítulo 2 – “Suplementação de zinco e arginina sobre a metabolizabilidade e a deposição de nutrientes na carcaça de frangos de corte, mantidos em ambiente de alta temperatura” e o Capítulo 3 – “Zinco e arginina sobre a bioquímica sérica, a resposta imune, a morfometria intestinal e a resistência da pele de frangos de corte em estresse por calor” de acordo com as normas da Revista *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Estresse térmico em aves

As aves são animais homeotérmicos, que mantêm a temperatura corporal constante devido à alta taxa metabólica gerada pela intensa combustão de alimento energético nas células, mesmo que a temperatura ambiente oscile. Na manutenção da homeotermia, as aves necessitam, por meio de variações fisiológicas e metabólicas, produzir calor (termogênese) ou perder calor para o meio (termólise). No ambiente térmico, o equilíbrio perfeito é alcançado quando a quantidade de calor resultante do metabolismo animal mais a quantidade de calor absorvida do meio ambiente são iguais à quantidade de calor dissipada (BRIDI, 2010).

As faixas de temperatura ótima, para os frangos de corte da primeira à terceira semana de vida, são respectivamente: 31,3°C; 26,3°C a 27,1°C e 23,2°C (CASSUCE et al., 2013), para umidade relativa do ar entre 60% e 70%. Temperaturas acima ou abaixo da zona de conforto térmico desencadeiam uma série de respostas fisiológicas e comportamentais nas aves, indicando a ocorrência de estresse térmico.

O estresse, por definição, é a ação inespecífica de agentes e influências nocivas (frio ou calor excessivos, infecção, intoxicação etc.), que causam reações típicas do organismo. O estresse térmico tem se destacado como um potencial redutor do desempenho, na produção de frangos de corte, e é considerado como um dos maiores desafios da avicultura moderna. De acordo com o tipo de ambiente, que o animal está inserido, o estresse térmico pode ocorrer de duas formas: em ambientes frios, o estresse por frio e, em ambientes quentes, o estresse por calor (LOPES; RIBEIRO; LIMA, 2015).

Em situação de estresse por frio os frangos de corte, em crescimento, aumentam o consumo de alimento gerando incremento calórico, porém a energia que serviria para deposição tecidual, em grande parte, é utilizada para manutenção reduzindo, assim, o desempenho produtivo dessas aves (BOSCHINI et al., 2011).

As aves sofrem estresse por calor quando produzem mais calor do que podem dissipar. Em virtude de o sistema regulador ser mais adequado para reter calor do que dispersá-lo, as aves em crescimento ou adultas parecem sofrer mais com o estresse térmico por calor do que por frio (BOSCHINI et al., 2011). Em contrapartida, em aves jovens o estresse por calor é menos provável de ocorrer, pois suportam temperatura crítica superior maior do que as em fase de crescimento (LOPES; RIBEIRO; LIMA, 2015).

Nas condições ambientais naturais, o calor ocorre de forma cíclica. Trabalhos mostram que o desempenho das aves é afetado de forma diferente, quando se compara os dois tipos de estresse térmico, cíclico e crônico. Frangos de corte mantidos em estresse por calor cíclico podem se adaptar, consumindo menos durante o dia, período de temperatura alta, aumentando a ingestão à noite, o que reflete em menor consumo diário de ração sem alterar as taxas de mortalidade, conseqüentemente, de viabilidade criatória e índice de eficiência produtiva (AIN BAZIZ et al., 1996). Por outro lado, Temim; Chagneau; Guillaumin (2000) declararam que a exposição constante a alta temperatura (32°C) reduz o ganho de peso entre 25 e 35% e o consumo alimentar, de 15 a 20%, resultando em significativa piora da conversão alimentar.

As alterações metabólicas ocorridas em virtude da exposição de frangos de corte ao estresse por calor, seja cíclico ou crônico, levam não só à queda no desempenho, mas, também, na resposta imunitária das aves (RIBEIRO et al., 2008).

2.1.1 Efeitos do estresse por calor no desempenho de frangos de corte

O rápido crescimento de frangos de corte promovido pelo melhoramento genético, fez com que a ave se tornasse suscetível a grandes variações na temperatura ambiental. A redução na capacidade termorreguladora e o metabolismo acelerado das aves aumentaram a incidência de problemas cardiopulmonares em virtude da ineficiência em oxigenar toda a massa muscular, quando submetidas a estresse por calor. Modificações comportamentais e fisiológicas, para manutenção da homeotermia, também, são observadas em aves nessas condições (RIBEIRO et al., 2008).

A redução na ingestão de alimento é a primeira resposta da ave ao estresse por calor, constituindo-se uma estratégia que visa diminuir o incremento calórico produzido durante o

metabolismo dos nutrientes da dieta. Boiago et al. (2013) verificaram que frangos de corte, de 1 a 42 dias de idade, criados sob temperaturas elevadas (variação de 35°C a 32°C), apresentaram menor consumo de ração, em relação às submetidas a temperaturas termoneutra (variação de 30°C a 24°C) e baixa (variação 25°C a 16°C), durante o período experimental.

A baixa disponibilidade de nutrientes, ocasionada pela diminuição no consumo de ração, em aves expostas a altas temperaturas, promove redução na taxa de crescimento (SALIM et al., 2012). Quando a taxa de crescimento é reduzida, ocorre ajuste no *turnover* dos tecidos, em que alguns respondem mais rapidamente que outros (tecidos viscerais > adiposo > muscular) (SALABI et al., 2011). As alterações no sistema endócrino associadas à redução no peso dos órgãos metabolicamente ativos das aves constituem-se ajustes eficientes para manutenção da homeotermia (OLIVEIRA et al., 2006).

A eficiência de utilização dos alimentos é afetada em condições de alta temperatura. Essa redução é atribuída por Sahin et al. (2009), à diminuição da digestibilidade dos nutrientes, que ocorre tanto devido à menor ingestão de alimento, quanto à menor atividade do pâncreas na secreção de enzimas digestivas.

O mecanismo físico de termólise mais eficaz nas aves é o evaporativo, por não depender de diferencial entre temperatura ambiente e corporal (NASCIMENTO; SILVA, 2010). Por conta disso, verifica-se aumento na frequência respiratória e no consumo de água em frangos de corte expostos a altas temperaturas. Na termodinâmica da hipertermia por calor, Medeiros et al. (2005) observaram que a frequência respiratória de aves adultas, numa condição ideal de termoneutralidade, é de 23 a 30 movimentos/minuto, porém quando a temperatura ambiente passa dos 30°C a frequência fica acima de 82 movimentos/minuto.

2.1.2 Efeitos do estresse por calor na resposta imune de frangos de corte

O sistema imune da ave é complexo e pode ser dividido em imunidade humoral e celular. A imunidade humoral, estimulada pelos linfócitos B, é caracterizada pela resposta de anticorpos a antígenos. A imunidade celular envolve mecanismos por meio dos quais células infectadas com agentes estranhos são destruídas, o que é feito diretamente por um efetor (célula T), em contato com a célula ativada. A imunidade humoral e a mediada por células trabalham juntas para produzir uma resposta imune protetora (WEINSTOCK; SCHAT; CALNEK, 1989).

A estrutura e diferenciação dos órgãos linfoides nas aves apresentam diferenças marcantes. O timo e a bolsa cloacal são responsáveis pelos mecanismos de imunidade adquirida, ambos os órgãos dão origem às células do sistema imune, assim são conhecidos como tecidos linfoides

primários, sendo formadores de linfócitos (TANYOLAÇ et al., 1993). O baço é considerado um órgão linfoide secundário, pois é importante, mas não indispensável para o sistema imune. Nele ocorrem as respostas aos antígenos transportados no sangue (JUNQUEIRA, 2008).

A resposta imune é altamente regulada. Há um equilíbrio entre os sinais que iniciam a resposta imune e a mantêm em nível adequado. Quando esse equilíbrio é quebrado, como ocorre em situações de estresse por calor e ação de agentes infecciosos, resulta em imunossupressão (SILVA et al., 2013).

O organismo responde ao estresse térmico liberando adrenocorticotropina (ACTH) da hipófise anterior, glicocorticoides do córtex adrenal, epinefrina da medula adrenal e norepinefrina para os nervos simpáticos (BREUNER; ORCHINIK, 2002). Em órgãos linfoides os glicocorticoides destroem os linfócitos circulantes e inibem a atividade mitótica, suprimindo a resposta imune em aves (JUNQUEIRA, 2008).

A presença de corticosterona em aves, liberada em função do estresse por calor em longo prazo, produz doenças cardiovasculares (arteriosclerose) e ascite (GRANDIN, 1998), além da redução dos órgãos linfoides (DONKER; BEUVING, 1989). Apesar de esses efeitos serem mais visíveis em aves jovens, Laganá et al. (2005) verificaram que o peso relativo do baço reduz 22,5%, em frangos de corte aos 42 dias de idade, mantidos sob estresse por calor cíclico (25 a 32°C).

Alterações nos parâmetros hematológicos e na histomorfometria dos órgãos linfoides são observadas em aves expostas a altas temperaturas (PEROZO-MARIN et al., 2004; TOGYANI et al., 2007; EBRAHIMZADEH; FARHOOMAND; NOORI, 2012). Além do peso dos órgãos linfoides, esses parâmetros são frequentemente utilizados como indicadores do estresse em aves. Ribeiro et al. (2008) verificaram aumento na relação heterófilo:linfócito, em virtude do aumento no número de heterófilos e redução do número de linfócitos circulantes, em frangos de corte estressados por calor. O aumento na apoptose de linfócitos foi observada por Guimarães et al. (2003). A morte celular induzida pelo estresse por calor provoca hipotrofia da bolsa cloacal, alterando sua maturação pela diminuição no percentual de parênquima bursal.

2.2 Estratégias para minimizar os efeitos do estresse por calor em aves

O ambiente pode ser visto como um dos maiores responsáveis pelo sucesso ou fracasso do empreendimento avícola. Os efeitos deletérios das altas temperaturas, sobre as aves, levam a uma busca constante por alternativas que auxiliem na otimização dos índices de produtividade. Parte da produção avícola brasileira está situada em locais com registro de altas temperaturas em

determinados períodos do ano e, para atingir melhores resultados econômicos e produtivos, os criadores investem na compra de equipamentos modernos para controle da temperatura, umidade e velocidade do ar nos galpões, melhorando assim o acondicionamento térmico para a manutenção da homeotermia e expressão do potencial genético pelas aves (LAGANÁ, 2008).

O correto manejo da água de bebida e arração, a construção e localização correta dos aviários, além de medidas nutricionais, podem auxiliar no processo produtivo e serem considerados como estratégias para minimizar os efeitos do estresse por calor sobre as aves (LOPES; RIBEIRO; LIMA, 2015). O manejo nutricional das rações de frangos de corte, por meio da redução de proteína bruta (OLIVEIRA et al., 2010); utilização de aminoácidos industriais e ingredientes de alta digestibilidade (OLIVEIRA NETO; OLIVEIRA, 2009); adição de enzimas exógenas (RAMOS et al., 2007) e de vitaminas e minerais antioxidantes (RIBEIRO et al., 2008); aumento da densidade energética (SAKOMURA et al., 2004) e da adição de cloreto de potássio, cloreto de cálcio, cloreto de amônia e bicarbonato de sódio (JUNQUEIRA et al., 2000) estão sendo estudados e já apresentam resultados satisfatórios na melhoria de variáveis de desempenho e de qualidade da carcaça; na eficiência de utilização dos nutrientes; na redução da excreção mineral e nos efeitos deletérios das altas temperaturas o sobre a resposta imunológica de aves.

2.3 Metabolismo do zinco e seus efeitos na nutrição de frangos de corte

O zinco é um mineral traço que está envolvido na atividade de mais de 300 enzimas que dependem dele estruturalmente ou para a atividade catalítica, tais como anidrase carbônica, lactato desidrogenase, carboxipeptidase A, superóxido dismutase (SOD), álcool desidrogenase, fosfatase alcalina, timidina quinase, DNA polimerase e RNA polimerase, as quais participam do metabolismo de carboidratos, lipídeos e proteínas e da síntese e degradação dos ácidos nucleicos (MAIORKA; MAKARI, 2002).

Várias funções fisiológicas incluindo crescimento, reprodução, resposta imunológica e defesa antioxidante estão associadas ao zinco. Esse mineral age na regulação do apetite, na produção e secreção de hormônios como a testosterona, insulina e corticoides da adrenal (McDOWELL, 1992); ajuda a manter a concentração normal de vitamina A no sangue (SAHIN et al., 2005); atua no equilíbrio ácido base do organismo, pela ação da anidrase carbônica, e no crescimento e desenvolvimento do tecido ósseo (MCCALL; HUANG; FIERKE, 2000).

No organismo das aves, o zinco está distribuído amplamente nos tecidos, músculos esqueléticos, penas, órgãos, fluidos reprodutores masculinos e na estrutura da membrana colóide

da parede do globo ocular (McDOWELL, 1992). Os tecidos muscular e ósseo são os locais principais de reservas de zinco. Por conta disso a concentração de zinco na tíbia é frequentemente determinada para otimizar parâmetros ósseos em frangos de corte (AO et al., 2009, 2011). Sua sensibilidade tem superado a de avaliações feitas em outros órgãos e tecidos, como fígado, rins, pâncreas e sangue, principalmente em estados de estresse (BARTLETT; SMITH, 2003).

A absorção do zinco depende de transportadores específicos localizados na borda em escova, como o ZIP4 (SANTOS; FONSECA, 2012). Pesquisas mostram que, em pintos, a absorção de zinco ocorre tanto no proventrículo quanto no intestino delgado, sendo o jejuno o maior sítio de absorção do mineral (MAIORKA; MACARI, 2002). A quantidade de zinco absorvida é regulada, dentro das células intestinais, por um mecanismo homeostático, dependente de metalotioneína. A metalotioneína possui grande afinidade com o zinco, forte indutor da síntese dessa proteína, que, por sua vez, ao ligar-se ao zinco regula a disponibilidade deste (SANTOS; FONSECA, 2012).

O papel da metalotioneína é regular a quantidade de zinco que entra no corpo. O fígado é um dos principais sítios de síntese e armazenamento de metalotioneína e, esta representa a reserva de zinco no órgão. Quando a demanda metabólica de zinco no organismo é alta, como em situações de estresse por calor, por exemplo, a metalotioneína é prontamente mobilizada para o atendimento das necessidades, portanto, essa proteína funciona como *pool* lábil de zinco (SUO et al., 2015).

A absorção de zinco depende do estado nutricional do indivíduo, da integridade intestinal, da biodisponibilidade da fonte utilizada e da composição da dieta em inibidores e favorecedores da absorção (SANTOS; FONSECA, 2012). Um antagonista conhecido para diminuir disponibilidade de zinco é o fitato, presente em grandes quantidades nos grãos e cereais utilizados nas rações de aves. O fitato se complexa com o zinco, formando um composto de baixa solubilidade, reduzindo a quantidade do mineral que pode ser captada pelo enterócito. Por conta disso, a adição de fitase, nas dietas de frangos de corte, vem sendo adotada para desdobrar o fitato e reduzir a necessidade de suplementação de zinco (STAR et al., 2012). Leeson; Summers (2005) afirmam existir incremento de até 10% na biodisponibilidade do zinco, como resultado da utilização de fitase nas dietas de animais monogástricos. Além do fitato, outros componentes da dieta, quando em excesso, podem reduzir a absorção de zinco, incluindo gorduras saturadas, fibra, cálcio, fósforo, sódio, potássio, cobre, cádmio e cromo (SANTOS; FONSECA, 2012).

Após a absorção o zinco é transportado, no plasma, pela albumina e α_2 - macroglobulina, para o fígado, onde é transitoriamente armazenado nos hepatócitos até ser liberado novamente para o sangue e acoplar-se às moléculas transportadoras que o transportam até aos tecidos (McDOWELL, 1992). A excreção do zinco é urinária e intestinal. A secreção para o tubo gastrointestinal é a maior via de excreção, correspondendo à contribuição combinada das secreções pancreáticas, que compreendem uma mistura com metaloenzimas; descamação de células da mucosa para o lúmen; secreções biliares e dos cecos (SANTOS; FONSECA, 2012).

Os níveis de suplementação de zinco para satisfazer a atividade produtiva e prevenir deficiências em frangos de corte, segundo Rostagno et al. (2011), são de 81,3; 71,5; 65,0 e 48,8 mg de zinco/kg de ração para as fases: 1 a 7; 8 a 21; 22 a 33 e 34 a 42 dias, respectivamente. Já o NRC (1994) recomenda o nível de 40 mg de zinco/kg de ração para todas as fases de criação.

A deficiência de zinco é caracterizada pela redução no crescimento, na eficiência alimentar, empenamento anormal, dermatites, retardo no desenvolvimento sexual (McDOWELL, 1992), além de elevado índice apoptótico, principalmente em tecidos com maior taxa mitótica, como os linfóides, já que as células ficam mais vulneráveis aos compostos tóxicos (CUI et al., 2004).

O zinco é adicionado às dietas de frangos de corte, geralmente, como sulfato, cloreto, óxido, acetato ou carbonato, que são formas salinas inorgânicas. Entretanto, as formas orgânicas são descritas como mais biodisponíveis para as aves. Existem diferentes formas de zinco orgânico disponíveis no mercado e essas formas estão classificadas como: complexo metal aminoácido específico, resultante da complexação de um sal de metal solúvel com um aminoácido específico, exemplos – zinco-metionina e zinco-lisina. O complexo metal aminoácido, semelhante ao complexo metal aminoácido específico, é resultante da complexação de um sal de metal com uma mistura de aminoácidos livres. A diferença entre as duas formas, é que neste último caso, o aminoácido não é especificado, exemplo – complexo zinco aminoácido. Também, destaca-se o complexo metal polissacarídeo, resultante da complexação de um sal solúvel com um polissacarídeo, exemplo – complexo zinco polissacarídeo, bem como o quelato metal aminoácido, resultante da reação de um íon metálico de um sal solúvel com aminoácidos, o qual pode apresentar melhor absorção que o metal proteinato, em virtude do baixo peso molecular, exemplo - zinco aminoácido quelatado. Por sua vez, o metal proteinato é resultante da quelatação de um sal solúvel com aminoácidos e/ou proteínas parcialmente hidrolisadas, como por exemplo: zinco proteinato (AAFCO, 1999).

Star et al. (2012) verificaram que a biodisponibilidade do zinco, na forma orgânica, pode ser 64% maior do que a fonte inorgânica na forma de sulfato de zinco.

A maior biodisponibilidade da forma orgânica está no fato do zinco formar complexos solúveis, com o agente quelatante, para ser absorvido na mucosa intestinal pelas vias de absorção das moléculas que o ligam, e não por transportadores intestinais clássicos de minerais. Esse modo diferenciado, além de apresentar menor toxicidade, evita competição entre os minerais pelo mesmo mecanismo de absorção (LEESON; SUMMERS, 2005).

Os minerais quelatados podem substituir as fontes inorgânicas em níveis mais baixos, sem prejuízos ao desempenho e à absorção de aminoácidos que podem até ser melhorados. Leeson; Summers (2005) não observaram piora no desempenho de frangos de corte quando reduziram a quantidade de zinco nas dietas a 20% dos níveis de zinco inorgânico, utilizando o mineral na forma proteinada. A maior eficiência no aproveitamento de aminoácidos, com a suplementação de zinco, foi conferida por Trindade Neto et al. (2010), ao verificarem que a concentração de 253 mg de zinco quelatado/kg de ração resultou em maior efetividade para o acréscimo de lisina, pois o aumento dos níveis de lisina digestível, em até 1,03%, coincidiu com o acréscimo linear do peso médio final, do ganho de peso médio e a melhoria da conversão alimentar de frangos de corte, no período de 22 a 42 dias de idade.

Melhora na cicatrização, resistência da pele e no empenamento de frangos de corte é observada quando se adiciona zinco às dietas desses animais (ROSSI et al., 2007; LAI et al., 2010). A resistência da pele está altamente correlacionada com o teor de colágeno, que funciona como um elemento estrutural extracelular no tecido conjuntivo, portanto a pele com maior teor de colágeno é menos propensa a romper. O zinco participa tanto da síntese de colágeno quanto de queratina e de ácido nucleico na pele, contribuindo assim para a manutenção de sua qualidade (LEESON; SUMMERS, 2005). O aumento na espessura total e no teor de colágeno da pele de frangos de corte machos e fêmeas, com a suplementação dietética de 40 mg de zinco/kg de ração na forma de proteínato de zinco foram relatados por Salim et al. (2012).

A adequada nutrição dietética de zinco é essencial para o desenvolvimento, manutenção e função normal do sistema imunológico e das células a ele associadas, incluindo os heterófilos, basófilos, macrófagos, linfócitos B e T (SAJADIFAR; MIRANZADEH, 2013). Kidd et al. (2000) demonstraram que níveis elevados de zinco produzem melhor status imune em aves. Melhora na contagem de leucócitos no sangue de frangos de corte, e maiores pesos de baço e bolsa cloacal, foram verificados por Sajadifar; Miranzadeh (2013), quando as dietas foram suplementadas com 200 mg de zinco/kg de ração.

Um papel peculiar do zinco é exercido sobre as funções do timo. Ao combinar-se ao hormônio timulina, secretado pelas células epiteliais do timo, o zinco ativa a sua função de promoção da maturação das células T e regulação das células imunomediadas (KAKHKI et al., 2016).

A atuação do zinco na microbiota intestinal ocorre devido à sua capacidade de manter a integridade da mucosa ao inibir o crescimento de bactérias causadoras de infecções (*Escherichia coli*, *Salmonella* entérica), e protozoários (*Eimeria acervulina*, *Eimeria tenella*) que penetram nas células epiteliais do intestino delgado, provocando hemorragias e alterações no metabolismo dos nutrientes da dieta (RAPP et al., 2004; ZHAO et al., 2006; ZHANG et al., 2012). Zhang et al. (2012) observaram que a suplementação dietética de 80 mg ou 120 mg de zinco/kg de ração alivia a perda de função da barreira da mucosa intestinal induzida por *Salmonella enterica* sorotipo Typhimurium, pois os frangos de corte apresentaram aumento na altura das vilosidades e melhora na relação altura das vilosidades/profundidade das criptas do íleo.

A participação do zinco como antioxidante ocorre de forma indireta, uma vez que o íon zinco não é ativo em reações de oxirredução. Os principais mecanismos de proteção antioxidante, que envolvem a participação do zinco, são: regulação da expressão da metalotioneína e atividade da enzima superóxido dismutase (SOD). A metalotioneína inibe reações de propagação de radicais livres por meio da ligação seletiva de íons de metais pró-oxidantes como ferro e cobre, e dos potencialmente tóxicos como cádmio e mercúrio. A ação da SOD é catalisar a redução de dois radicais de oxigênio, íon superóxido e peróxido de hidrogênio, diminuindo a toxicidade das espécies reativas de oxigênio que desencadeiam a peroxidação lipídica (LAITY; ANDREWS, 2007).

2.4 Metabolismo da arginina e seus efeitos na nutrição de frangos de corte

As aves excretam a maior parte do nitrogênio do catabolismo das proteínas orgânicas na forma de ácido úrico, diferentemente dos mamíferos que o fazem na forma de ureia (BERTECHINI, 2012). A inoperabilidade fisiológica do ciclo da ureia nas aves domésticas é devido ao fato da ausência da enzima carbamoil fosfato sintetase, que forma citrulina a partir da ornitina, e catalisa o primeiro passo do mecanismo de detoxificação da amônia que leva à síntese de ureia e arginina. A enzima mitocondrial que desempenha função paralela é a glutamina sintetase, no entanto, é gerado, ao final do ciclo, apenas ácido úrico, cuja formação não é dependente de arginina (LENINGHER, 2002).

Em decorrência da impossibilidade da obtenção de arginina pelo ciclo da ureia, como ocorre nos mamíferos, a exigência de arginina para manutenção das aves é alta, sendo considerada, portanto, um aminoácido essencial (BERTECHINI, 2012). A exigência nutricional de arginina digestível em frangos de corte varia de 0,850 a 1,448% de acordo com a fase de vida e sexo das aves (ROSTAGNO et al., 2011). Em contrapartida, NRC (1994) recomenda apenas dois níveis de suplementação, 1,25% e 1,1%, para frangos de corte da 1ª à 3ª e da 3ª a 4ª semanas de vida, respectivamente.

A síntese da arginina ocorre, principalmente, no eixo intestinal-renal. A citrulina, produto final do metabolismo da glutamina no intestino, é captada pelas células dos tubos proximais dos rins e convertida em arginina que é, posteriormente, liberada para a circulação sanguínea (BROSNAN; BROSNAN, 2004). Apesar da ausência do eixo intestinal-renal para o fornecimento de citrulina para a síntese renal de arginina nas aves, alguns tecidos possuem capacidade de converter citrulina em arginina, sendo que o tecido renal é o maior sítio de conversão. As células endoteliais e os macrófagos e neutrófilos também podem reciclar arginina, a partir da citrulina produzida pelo óxido nítrico sintetase (FERNANDES; MURAKAMI, 2010).

A arginina é um dos mais versáteis aminoácidos nas células animais, pois participa de uma gama de atividades biológicas, tais como: (a) componente de muitas proteínas, incluindo nucleoproteínas e colágeno; (b) é precursora de aminoácidos tais como a ornitina, semialdeído glutâmico, ácido glutâmico e prolina; (c) ao formar ornitina, que está envolvida na síntese de prolina e poliaminas (espermidina, espermina e putrescina), a arginina exerce papel chave na divisão celular, síntese de DNA e regulação do ciclo celular (FOUAD et al., 2012); (d) atua como um fator secretagogo para vários hormônios (hormônio de crescimento, insulina, glucagon, polipeptídeos pancreáticos, somatostatina e prolactina), aumentando as suas concentrações no plasma; (e) é requerida para a síntese de creatinina e óxido nítrico, um radical livre de natureza gasosa (FERNANDES; MURAKAMI, 2010).

A arginina é convertida a óxido nítrico por ação catalítica de um grupo de isoenzimas denominadas óxido nítrico sintetase construtiva (cNOS) e óxido nítrico sintetase indusível (iNOS), sendo esta a única via fisiológica de produção de óxido nítrico. O óxido nítrico é um agente sinalizador celular; participa de vários fenômenos, como vasorrelaxamento dependente do endotélio; citotoxicidade mediada por macrófagos; inibição da ativação, adesão e agregação plaquetária. Como principal mediador citotóxico de células imunes efetoras ativadas, o óxido nítrico, se constitui na mais importante molécula reguladora do sistema imune (FERNANDES; MURAKAMI, 2010).

A arginina é adicionada às dietas de frangos de corte na forma de L-arginina, quimicamente conhecido como ácido 2-amino-5-guanido-pentanóico. O aminoácido é, normalmente, fabricado por fermentação, a partir de fontes de carboidrato, mas, também, por extração a partir de hidrolisados de proteína animal (BERTECHINI, 2012).

Os benefícios da suplementação de arginina sobre o desempenho, qualidade da carne e modulação do sistema imune foram observados em vários estudos com frangos de corte (KIDD et al., 2001; RUIZ-FERIA; ABDUKALYKOVAS, 2009). Corzo; Kidd (2003) verificaram que o ganho de peso e a conversão alimentar de frangos de corte machos, de 1 a 18 dias de idade, melhora, com a suplementação de arginina nas dietas, até os níveis estimados de 1,15 e 1,28%, respectivamente. A adição de arginina ao nível de 120% acima da recomendação do NRC (1994) promove melhorias no crescimento muscular, especialmente, do músculo do peito, além de influenciar nas propriedades do colágeno e no status da mioglobina, fatores importantes na formação das características finais da carne (JIAO et al., 2010).

Além de melhorias no ganho de peso e na conversão alimentar de frangos de corte, Emadi et al. (2010) observaram aumento nas concentrações séricas de albumina, creatina quinase, glicose, ureia e ácido úrico e diminuição nos teores de aspartato amino-transferase e colesterol, com a suplementação de arginina acima de 2%. Os autores atribuíram os resultados à capacidade da arginina em aumentar a liberação do hormônio de crescimento e estimular o pâncreas a produzir insulina.

A ação da arginina sobre os órgãos linfoides de frangos de corte foi descrita por D'Amato; Humphrey (2010), que não observaram alterações nos pesos do timo e baço. No entanto, a adição de 1,1% e 1,2% de arginina nas dietas resultou na maior proliferação de timócitos nas aves aos 10 e 21 dias de idade, respectivamente, indicando que baixos níveis de arginina são suficientes para o desenvolvimento de células T.

3 CAPÍTULO I

Artigo Científico

Zinco e arginina em dietas para frangos de corte estressados por calor: desempenho produtivo e rendimento de carcaça e de cortes

Zinco e arginina em dietas para frangos de corte estressados por calor: desempenho produtivo e rendimento de carcaça e de cortes

RESUMO - Objetivou-se avaliar o efeito da suplementação de zinco e arginina, em dietas para frangos de corte estressados por calor, sobre o desempenho produtivo, no período 1 a 7 e 1 a 21 dias de idade bem como sobre os pesos absoluto e relativo de órgãos digestivos (intestino e moela) e coração e o rendimento de carcaça e de cortes nobres (peito, coxa e sobrecoxa) das aves aos 21 dias de idade. No experimento, foram utilizados 700 pintos de corte, machos, com um dia de idade. Os tratamentos consistiram de uma dieta controle e por dietas suplementadas com zinco, na forma de complexo zinco aminoácido, em três níveis: 0 mg, 60 mg e 120 mg de zinco/kg de ração, em associação a dois níveis de L-arginina: 1% e 2%. A associação de 1% de arginina e 120 mg de zinco/kg de ração e de 2% de arginina e 60 mg de zinco/kg de ração, respectivamente, para o período de 1 a 7 e 1 a 21 dias de idade, piorou a conversão alimentar das aves. O zinco suplementar, de forma independente, e a associação de 2% de arginina com 120 mg de zinco/kg de ração proporcionaram menores valores de viabilidade criatória e índice de eficiência produtiva nas aves na fase pré-inicial. O peso do intestino foi reduzido com a associação de 1% de arginina e 60 mg de zinco/kg de ração e, os pesos absoluto e relativo do coração, assim como os rendimentos de coxa e de sobrecoxa das aves aumentaram com a suplementação de 2% de arginina nas dietas. A suplementação de dietas de frangos de corte estressados por calor, com zinco e arginina combinados ou não, não melhora o desempenho produtivo, no período de 1 a 7 e 1 a 21 dias de idade, o peso de órgãos digestivos e os rendimentos de carcaça e peito das aves aos 21 dias. A suplementação de 2% de arginina nas dietas proporciona maiores pesos absoluto e relativo do coração e aumento nos rendimentos de coxa e sobrecoxa dos frangos de corte.

Palavras-chave aminoácido, coração, interação, intestino, mineral orgânico, viabilidade criatória

Introdução

As linhagens de frangos de corte modernas destacam-se pelo crescimento rápido e alta eficiência para ganho de carne. Entretanto, fatores estressantes, como as altas

35 temperaturas ambientais, interferem, diretamente, no desempenho produtivo e no
36 rendimento de carcaça e de cortes das aves, pois, em condições de estresse por calor,
37 estas reduzem o consumo de ração e aumentam a ingestão de água, como estratégia para
38 diminuir a produção de calor corporal e auxiliar na manutenção da homeotermia,
39 diminuindo, assim, a concentração de nutrientes circulantes para a manutenção e produção
40 (Oba et al., 2012).

41 A utilização de equipamentos, que permitam melhor controle da temperatura e
42 da umidade relativa do ar nos galpões, aliada ao uso de dietas suplementadas com
43 minerais complexados, como o zinco, e de aminoácidos industriais, como a arginina,
44 são estratégias que podem melhorar os índices produtivos de aves criadas em ambientes
45 com temperaturas elevadas, pois o zinco, componente ativo de várias metaloenzimas, é
46 fundamental no processo de crescimento ósseo e na proteção antioxidante do
47 organismo; e, a arginina, é capaz de estimular a secreção do hormônio do crescimento,
48 além de ser essencial para a síntese de proteínas envolvidas no crescimento muscular
49 (Richards et al., 2010; Santos e Fonseca, 2012; Ribeiro Jr. et al., 2015).

50 Então, objetivou-se avaliar o efeito da suplementação de zinco e arginina, em
51 dietas para frangos de corte estressados por calor, sobre o desempenho produtivo, no
52 período 1 a 7 e 1 a 21 dias de idade, bem como sobre os pesos absoluto e relativo de
53 órgãos digestivos e do coração e o rendimento de carcaça e de cortes nobres das aves
54 aos 21 dias de idade.

55

56 **Material e Métodos**

57 O experimento foi conduzido nos galpões do setor de avicultura do
58 Departamento de Zootecnia, do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal
59 do Piauí (DZO/CCA/UFPI), em Teresina - Piauí - Brasil, nos meses de novembro e

60 dezembro de 2015, após ser aprovado pelo Comitê de Ética no Uso de Animais em
61 Experimentação da UFPI (Parecer de Aprovação n°. 087/12).

62 O município de Teresina, situado na latitude 05° 05' 21'' sul e na longitude 42°
63 48' 07'' oeste, apresenta, de acordo com a classificação de Köppen, clima Aw, ou seja, do
64 tipo tropical úmido, com inverno seco e índices pluviométricos bastantes irregulares. Está
65 localizado próximo à linha do equador, o que favorece a difusão do calor por convecção
66 e resulta no registro de temperaturas médias de 29,3°C, umidade relativa do ar média de
67 60% e precipitação média abaixo dos 50 mm, nos meses de setembro a dezembro,
68 caracterizando desconforto térmico neste período (PMT, 2015).

69 No experimento, foram utilizados 700 pintos de corte, machos, da linhagem
70 Ross® 308, com um dia de idade, vacinados contra as doenças de Marek e Gumboro no
71 incubatório. O delineamento experimental adotado foi o em blocos casualizados, em
72 esquema fatorial 3 x 2 + 1, sendo três níveis de zinco, dois níveis de arginina, uma dieta
73 controle e cinco repetições. Os galpões de alojamento constituíram os blocos e, em cada
74 repetição, foram distribuídas 20 aves com peso inicial médio de 48,0 gramas.

75 As aves receberam duas dietas experimentais, isoproteicas e isoenergéticas, uma
76 na fase pré-inicial, de 1 a 7 dias (Tabela 1), e outra na fase inicial, de 8 a 21 dias (Tabela
77 2), à base de milho e farelo de soja, formuladas para atender as exigências nutricionais
78 das aves conforme as recomendações de Rostagno et al. (2011). As dietas dos
79 tratamentos teste foram suplementadas com zinco na forma de complexo zinco
80 aminoácido em três níveis: 0 mg, 60 mg e 120 mg de zinco/kg de ração, em associação
81 a dois níveis de L-arginina: 1% e 2%, adicionados em substituição ao material inerte
82 (caulim).

83 Os boxes de alojamento eram dotados de comedouros tubulares e bebedouros
84 automáticos pendulares; localizados em galpão de alvenaria coberto de telhas de

85 cerâmica, piso cimentado e cortinas nas laterais para o controle das correntes de ar. A
86 densidade de criação foi de oito aves/m² e o fornecimento de água e de ração foi à
87 vontade. Os galpões eram equipados com ventiladores e nebulizadores, os quais foram
88 acionados, diariamente, a partir do sétimo dia de vida das aves, das 11h00min às
89 19h00min.

90 As informações sobre temperatura e umidade relativa do ar foram coletadas duas
91 vezes ao dia, às 08h00min e às 16h00min, de termômetros de máxima e de mínima,
92 bulbo seco e bulbo úmido e de globo negro, mantidos no centro do galpão. Os dados
93 foram, posteriormente, convertidos em Índice de Temperatura de Globo e Umidade
94 (ITGU), conforme proposto por Buffington et al. (1981). O programa de luz adotado foi
95 o contínuo (24 horas de luz natural + artificial), utilizando-se lâmpadas incandescentes
96 de 60 W.

97 As variáveis de desempenho produtivo avaliadas, no período de 1 a 7 e de 1 a 21
98 dias de idade, foram: consumo de ração, ganho de peso, conversão alimentar,
99 viabilidade criatória e índice de eficiência produtiva. O consumo de ração foi
100 determinado pela diferença entre a quantidade de ração fornecida no início e no final de
101 cada fase experimental, levando-se em consideração as sobras dos comedouros. Na
102 avaliação do ganho de peso, as aves foram pesadas com 1, 7 e 21 dias de idade e, por
103 diferença, foi calculado o ganho de peso nas fases pré-inicial e inicial. A conversão
104 alimentar foi calculada pela razão entre o consumo de ração e o ganho de peso das aves.

105 A Viabilidade Criatória (VC), em percentual, e o Índice de Eficiência Produtiva
106 (IEP) foram calculados, respectivamente, segundo as fórmulas: $VC = 100 - (\% \text{ de aves}$
107 $\text{mortas})$ e $IEP = \{[(\text{peso vivo (kg)} \times \% \text{ viabilidade criatória}) / (\text{idade em dias} \times \text{conversão}$
108 $\text{alimentar})] \times 100\}$.

109 No 21º dia, o experimento foi finalizado, as aves foram pesadas e as duas que
110 apresentaram peso vivo próximo da média de peso das aves da repetição, foram
111 colocadas em jejum alimentar de 12 horas e abatidas para a avaliação das seguintes
112 variáveis: pesos absoluto e relativo de órgãos digestivos (intestino e moela) e coração, e
113 rendimento de carcaça e de cortes nobres (peito, coxa e sobrecoxa). As aves foram
114 abatidas por deslocamento cervical, sangradas, escaldadas, depenadas e evisceradas,
115 conforme preconizado pelo Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos
116 de Origem Animal - RIISPOA (MAPA, 1997).

117 Os órgãos digestivos e o coração foram coletados e pesados em balança analítica
118 de precisão, para a avaliação do peso absoluto. O peso relativo desses órgãos foi
119 determinado dividindo-se o peso absoluto pelo peso da ave em jejum e multiplicando-se
120 o resultado obtido por 100.

121 O rendimento de carcaça foi calculado pela divisão entre o peso da carcaça
122 eviscerada (com pés, cabeça e pescoço) e o peso da ave em jejum, tendo o resultado
123 multiplicado por 100. Já para o cálculo do rendimento dos cortes nobres, o peso de cada
124 corte foi dividido pelo peso da carcaça eviscerada e o resultado multiplicado por 100.

125 As informações sobre a temperatura e a umidade relativa do ar, coletadas
126 durante todo o período experimental, foram submetidas aos cálculos de média e desvio
127 padrão. Já os dados de desempenho produtivo, rendimento de carcaça e de cortes nobres
128 e os pesos absoluto e relativo de órgãos digestivos e do coração foram avaliados,
129 estatisticamente, por meio de análise de variância e teste de regressão, bem como pelo
130 teste de Tukey. No confronto de cada tratamento com a dieta controle, aplicou-se o teste
131 de Dunnett, segundo os procedimentos estatísticos do software SAS (Statistical
132 Analysis System, versão 9.2.). Considerou-se o $\alpha = 0,05$.

133

134

Resultados

135 A partir da primeira semana de vida, os frangos de corte foram submetidos a
136 temperaturas ambientais acima das recomendadas para a linhagem Ross[®] 308 (Tabela
137 3).

138 Na avaliação do desempenho produtivo das aves no período de 1 a 7 dias de
139 idade (Tabela 4), verificou-se interação entre os níveis zinco e arginina testados apenas
140 para a viabilidade criatória ($P < 0,05$).

141 No desdobramento da interação observou-se que para o nível 120 mg de
142 zinco/kg de ração, a suplementação de 1% de arginina, nas dietas, proporcionou maiores
143 valores de viabilidade criatória para as aves ($P < 0,05$). Nos demais níveis de zinco, a
144 suplementação de arginina não influenciou a resposta da variável ($P > 0,05$).
145 Considerando o fator arginina, no nível 1% de suplementação, não houve interferência
146 do zinco sobre a resposta ($P > 0,05$); mas, no nível 2% de adição, houve efeito linear
147 decrescente ($P < 0,05$) dos níveis de zinco para a viabilidade criatória, representado pela
148 equação: $\hat{Y} = 101,167 - 0,092x$ ($R^2 = 0,88$).

149 A variável índice de eficiência produtiva foi influenciada, negativamente, de
150 forma linear ($P < 0,05$), com o aumento dos níveis de zinco nas dietas, segundo a
151 equação: $\hat{Y} = 269,5483 - 0,2186x$ ($R^2 = 0,95$), porém não houve interferência dos níveis
152 de arginina ($P > 0,05$). Com relação ao ganho de peso, o consumo de ração e a conversão
153 alimentar, nem os níveis de zinco nem os de arginina influenciaram estas variáveis
154 ($P > 0,05$), no período de 1 a 7 dias.

155 Na comparação do tratamento controle com os demais tratamentos verificou-se
156 que as aves que receberam 1% de arginina associada a 120 mg de zinco/kg de ração,
157 apresentaram maior consumo de ração e pior conversão alimentar comparadas às aves
158 do tratamento referência ($P < 0,05$). Já as aves que receberam os níveis máximos de

159 suplementação de arginina e zinco nas dietas, de forma associada, tiveram menores
160 valores de viabilidade criatória e de índice de eficiência produtiva comparadas às aves
161 do tratamento controle ($P < 0,05$).

162 No período de 1 a 21 dias de idade, não houve interação ($P > 0,05$) entre os níveis
163 de zinco e arginina suplementados nas dietas para o consumo de ração, o ganho de peso,
164 a conversão alimentar, a viabilidade criatória e o índice de eficiência produtiva das aves
165 (Tabela 5). Os fatores zinco e arginina atuaram, de forma separada, na promoção de
166 alterações nas respostas das variáveis de desempenho produtivo à suplementação dos
167 nutrientes nas dietas.

168 Houve efeito quadrático ($P < 0,05$) dos níveis de zinco sobre o consumo de ração
169 das aves, com ponto de menor valor no nível de 64,28 mg de zinco/kg de ração,
170 conforme a equação: $\hat{Y} = 54,94 - 0,09x + 0,0007x^2$ ($R^2 = 1,00$). O aumento dos níveis de
171 zinco nas dietas, também, proporcionou redução linear ($P < 0,05$), na viabilidade criatória
172 das aves, segundo a equação: $\hat{Y} = 83,93 - 0,083x$ ($R^2 = 0,96$).

173 A suplementação de arginina promoveu melhor conversão alimentar nas aves
174 que receberam 1% do aminoácido nas dietas, comparadas àquelas que receberam 2%
175 ($P < 0,05$). Por outro lado, os frangos de corte alimentados com dietas suplementadas
176 com 2% de arginina e 60 mg de zinco/kg de ração, de forma associada, apresentaram
177 pior conversão alimentar quando comparados aos do tratamento controle.

178 Não foi verificada interação ($P > 0,05$), entre os níveis de zinco e arginina
179 testados, para o peso em jejum e os pesos absoluto e relativo do intestino, da moela e do
180 coração (Tabela 6). A suplementação de zinco nas dietas não influenciou essas variáveis
181 ($P > 0,05$), mas, de forma separada, o nível de 2% de arginina promoveu maiores pesos
182 absoluto e relativo do coração comparado ao nível 1% ($P < 0,05$). O peso do intestino das

183 aves do tratamento controle foi maior comparado ao das aves que receberam 1% de
184 arginina associado a 60 mg de zinco/kg de ração ($P<0,05$).

185 Não houve interação entre os níveis de zinco e a arginina suplementados para o
186 peso da carcaça eviscerada, o rendimento de carcaça e os rendimentos de peito, coxa e
187 sobrecoxa ($P<0,05$) das aves aos 21 dias de idade (Tabela 7).

188 Na avaliação dos níveis de arginina, constatou-se maior rendimento de
189 sobrecoxa com a suplementação de 2% de arginina nas dietas ($P<0,05$).

190 Efeito do zinco sobre as variáveis da carcaça foi verificado apenas para o
191 rendimento de coxa, na comparação do tratamento referência com os demais. Tanto o
192 fornecimento de 1% e 2% de arginina no nível zero de zinco, quanto o de 1% e 2% de
193 arginina associados a 60 mg de zinco/kg de ração, proporcionaram maiores rendimentos
194 de coxa nas aves que receberam a suplementação, comparadas às aves do tratamento
195 controle ($P<0,05$).

196

197

Discussão

198 A temperatura ideal para frangos de corte nos primeiros sete dias de idade é de
199 30,0°C, e reduz, gradativamente, para 24,0°C quando as aves estão entre 15 e 21 dias de
200 idade, considerando a umidade relativa do ar entre 60% e 70% (Aviagen Ross, 2014).
201 Apesar de, na fase de 1 a 7 dias, as aves terem sido expostas a temperaturas abaixo da
202 zona de conforto térmico, caracterizando a ocorrência de estresse por frio, houve o
203 registro, durante todo o período experimental, nos horários mais quentes do dia, de
204 temperaturas acima dos 38°C e de umidade relativa do ar abaixo dos 30%, gerando
205 grande desconforto térmico por calor.

206 O ITGU, índice considerado mais adequado para avaliar o ambiente térmico,
207 encontrava-se acima do preconizado para frangos de corte em fase inicial de criação.

208 Em condições de conforto térmico, o ITGU deve estar entre 77,0 e 81,6 pontos, na
209 primeira semana e entre 73,2 e 76,5 pontos na segunda e terceira semana de vida das
210 aves (Oliveira et al., 2006).

211 Os índices térmicos utilizados para caracterização das condições ambientais,
212 durante o experimento, mostram que as aves foram mantidas em ambiente de estresse
213 por calor. Nestas condições, grande parte da energia ingerida, que poderia ser utilizada
214 para produção, é desviada para a manutenção da homeotermia, o que pode provocar
215 atraso no crescimento (Cordeiro et al., 2010).

216 Na avaliação do desempenho produtivo dos frangos de corte, na fase pré-inicial,
217 verificou-se que a associação de 1% de arginina e 120 mg de zinco/kg de ração
218 proporcionou maior consumo de ração. Entretanto, o acréscimo de ração ingerida não
219 foi utilizado para a síntese proteica ou de gordura, pois melhora no ganho de peso não
220 foi observada.

221 O aumento no consumo de ração sem melhoria no ganho de peso foi refletido
222 sobre a conversão alimentar das aves, que piorou com a associação de 1% de arginina e
223 120 mg de zinco/kg de ração. A maior demanda energética, para eliminação do
224 excedente de arginina e de zinco consumidos, pode explicar os efeitos negativos da
225 suplementação sobre a conversão alimentar (Namazu et al., 2008; Sunder et al., 2008).
226 De modo semelhante, Murakami et al. (2012) observaram piora na conversão alimentar
227 de frangos de corte, na primeira semana de vida, quando suplementaram dietas com
228 0,4% de arginina e melhores valores, para a variável, com a suplementação de 0,26% do
229 aminoácido, demonstrando que a exigência de arginina, para o ótimo desempenho das
230 aves, na fase pré-inicial, encontra-se abaixo dos valores aqui testados.

231 A viabilidade criatória, no período de 1 a 7 dias de idade, foi reduzida pela
232 combinação de zinco e arginina nas dietas, sendo que o menor valor, para a variável, foi

233 registrado nas aves que receberam os maiores níveis de suplementação do mineral e do
234 aminoácido nas dietas. Uma maior produção de calor corporal, como resultado do
235 catabolismo dos nutrientes em excesso, pode ter levado ao aumento na mortalidade e,
236 conseqüentemente, queda na viabilidade criatória.

237 Logo na fase pré-inicial de criação, as aves apresentavam metabolismo alterado em
238 função do estresse, pois o calor proveniente do catabolismo dos nutrientes, que deveria
239 auxiliar na manutenção da homeotermia, aumentou a necessidade de dissipação de calor
240 corporal e, como as aves apresentavam pouca capacidade de termorregulação, a viabilidade
241 criatória foi afetada (Lopes et al., 2015a).

242 Na avaliação do índice de eficiência produtiva, observou-se que a suplementação de
243 zinco nas dietas, assim como a associação de 2% de arginina com 120 mg de zinco/kg de
244 ração, reduziu os valores desse índice, conseqüências da interação negativa ocorrida entre
245 os nutrientes para a variável viabilidade criatória. Lopes et al. (2015b), assim como
246 verificado nessa pesquisa, observaram queda no índice de eficiência produtiva de
247 frangos de corte de 1 a 7 dias de idade, mantidos em ambiente de estresse por calor, em
248 função da inclusão de 120 mg de zinco/kg de ração; confirmando que, nesse nível de
249 suplementação do mineral, a eficiência produtiva das aves, em fase pré-inicial, é
250 comprometida e, portanto, não deve ser utilizado.

251 No período de 1 a 21 dias de idade, verificou-se que o menor consumo de ração
252 nas aves, 46,27 g/ave/dia, foi observado com a suplementação de zinco nas dietas, mas
253 essa redução no consumo não interferiu no ganho de peso das aves. Avaliando os
254 resultados da variável conversão alimentar observou-se que as aves que receberam 1%
255 de arginina nas dietas, apresentaram melhor conversão alimentar; e, apesar da
256 suplementação de 2% do aminoácido, de forma separada, não ter implicado em piora na
257 conversão alimentar, efeito negativo desse nível de inclusão, sobre a variável, foi
258 observado quando em associação a 60 mg de zinco/kg de ração.

259 Piora na conversão alimentar ocorre quando a energia perdida para o incremento
260 calórico é superior à disponibilizada para a energia líquida, refletindo em redução no
261 ganho de peso das aves quando não há aumento no consumo de ração (Silva et al.,
262 2013). No entanto, redução no ganho de peso não foi observada, o que significa dizer
263 que o gasto energético desprendido para a eliminação do excesso do aminoácido e do
264 mineral, durante 21 dias, não foi suficiente para interferir no desenvolvimento inicial da
265 ave.

266 Com exceção dos frangos de corte que receberam 2% de arginina de forma
267 separada ou associada a 60 mg de zinco/kg de ração, as aves dos demais tratamentos,
268 apresentaram conversão alimentar próxima à esperada para o período de 1 a 21 dias de
269 idade, segundo o manual da linhagem Ross® 308 (Aviagen Ross, 2014), que é de 1,291.

270 A viabilidade criatória das aves, no período de 1 a 21 dias de idade, foi reduzida em
271 função do aumento dos níveis de zinco nas dietas. Ao contrário do demonstrando em vários
272 estudos (Hosseini-Mansoub et al., 2010; Salabi et al., 2011), o poder antioxidante do zinco
273 não contribuiu para a melhora na viabilidade criatória das aves criadas sob altas
274 temperaturas e, inclusive, reduziu a capacidade do organismo em responder a esse agente
275 estressor.

276 A redução na viabilidade criatória das aves não afetou o índice de eficiência
277 produtiva, o que significa dizer que as modificações ocorridas no peso vivo e na conversão
278 alimentar, variáveis que também são consideradas no cálculo, em função da suplementação
279 de zinco e arginina nas dietas, não foram suficientes para promover alterações no índice.

280 Considerando a importância das variáveis de desempenho produtivo, na criação
281 de frangos de corte e, a partir dos resultados observados, pode-se inferir que nem os
282 níveis de suplementação de zinco e arginina, que mantiveram essas variáveis dentro dos
283 padrões esperados, devem ser utilizados nas dietas, pois não conferiram resposta
284 superior à apresentada pelas aves que receberam a dieta controle. Logo, os teores de

285 zinco e arginina presentes na ração basal são suficientes para o desenvolvimento dos
286 frangos de corte em fase inicial, mesmo quando mantidos em ambiente de alta
287 temperatura.

288 Redução no peso absoluto do intestino foi observada com a associação de 1% de
289 arginina com 60 mg de zinco/kg de ração, mas quando se levou em consideração a
290 influência do peso vivo (peso em jejum) sobre a resposta, o efeito negativo da
291 associação não foi pronunciado e, redução no peso relativo do órgão não foi observada,
292 implicando dizer que as variações individuais ocorridas no seu tamanho induziram o
293 resultado. No entanto, em virtude da importância do desenvolvimento intestinal para o
294 desempenho das aves, em fase inicial, essa resposta não deve ser ignorada.

295 Redução no peso do intestino ocorre quando há redução no turnover celular, em
296 função da diminuição no número de vilos, ou por aumento na espessura da parede
297 intestinal, pois, nessas condições, a capacidade digestiva e absorptiva do animal é
298 reduzida e, como estratégia para a manutenção da homeostase energética, o organismo
299 reduz o tamanho do órgão (Silva et al., 2010). Entretanto, seriam necessárias avaliações
300 morfométricas intestinais para identificar por qual mecanismo os nutrientes
301 contribuíram para a redução no peso do intestino.

302 Pesquisas com a suplementação de zinco em dietas de frangos de corte mostram
303 que, assim como o peso do fígado, o peso do intestino (Jahanian et al., 2008; Ao et al.,
304 2009) aumenta em virtude da maior síntese de metalotioneína intestinal, proporcionada
305 pela presença de maiores quantidades do mineral no trato, mas em nenhum dos níveis
306 de suplementação de zinco testados nesta pesquisa, houve aumento no peso do órgão.

307 Os pesos absoluto e relativo da moela não foram alterados nem pelos níveis de
308 zinco, nem pelos níveis de arginina suplementar, logo presume-se que os nutrientes
309 testados não interferiram na taxa de passagem da digesta e, estando a moela em

310 atividade normal, as funções de motilidade intestinal foram mantidas (Oliveira et al.,
311 2011).

312 Os pesos absoluto e relativo do coração das aves, que receberam dietas
313 suplementadas com 2% de arginina, foram maiores, comparados aos das aves que
314 receberam 1% do aminoácido, provavelmente, em função do aumento na síntese de
315 proteína muscular proporcionada pela maior concentração do aminoácido no organismo.
316 O aumento no tamanho do coração, em frangos de corte estressados por calor, pode
317 melhorar a atividade cardíaca desses animais, reduzindo a incidência de infarto do
318 miocárdio provocada pelo aumento na demanda de oxigênio para a homeotermia (Brito
319 et al., 2010).

320 Quando o aumento nas atividades hepáticas coincide com a síntese de proteína,
321 decorrente da suplementação de aminoácidos nas dietas, há maior acúmulo muscular na
322 carcaça (Trindade Neto et al., 2010), e este foi verificado nos rendimentos de coxa e
323 sobrecoxa das aves com a inclusão de arginina nas dietas. Além disso, a arginina possui
324 um metabólito endógeno, a creatina, composto orgânico que está envolvido no
325 metabolismo de proteínas e participa do sistema de armazenamento de energia muscular
326 (Fouad et al., 2012).

327 O aumento na concentração de arginina, em dietas para frangos de corte,
328 promove maior depósito de creatina muscular nos principais cortes da carcaça,
329 aumentando seus rendimentos (Chamruspollert et al., 2002). Então, pode-se inferir que
330 a suplementação das dietas com arginina, nesta pesquisa estimulou a formação de
331 creatina no músculo da coxa e da sobrecoxa, aumentando o peso desses cortes, mas não
332 foi o suficiente para incrementar os rendimentos de carcaça e de peito, possivelmente,
333 pelo curto período de suplementação (Fouad et al., 2012).

334 Pesquisas apontam que o zinco está mais associado à síntese proteica nas células
335 ósseas do que a implicações no acréscimo de massa muscular não contribuindo,
336 portanto, para o aumento no rendimento de carcaça e de cortes das aves (Trindade Neto
337 et al., 2010; Medeiros et al., 2012). Assim, deduz-se que, quando 60 mg de zinco/kg de
338 ração foi associado a 1% e 2% de arginina nas dietas, o mineral não interferiu na ação
339 do aminoácido em aumentar o peso relativo da coxa das aves, mas ao nível de 120 mg
340 de zinco/kg de ração, a presença de maiores concentrações do mineral reduziu esse
341 efeito.

342 Os fatores que determinam a capacidade geral de linhagens modernas de frangos
343 de corte são o desempenho produtivo e as características da carcaça e, para que se atinja
344 melhores valores dessas características, especialmente em aves estressadas por calor, é
345 necessário equilíbrio dos nutrientes nas dietas, pois as exigências de alguns para o
346 aumento no rendimento de cortes são superiores à demanda para o ganho de peso, e isso
347 pode ser constatado nesta pesquisa.

348

349 **Conclusões**

350 A suplementação de dietas de frangos de corte estressados por calor com zinco e
351 arginina, combinados ou não, não melhora o desempenho produtivo, no período de 1 a 7
352 e 1 a 21 dias de idade, o peso de órgãos digestivos e os rendimentos de carcaça e peito
353 das aves aos 21 dias. A suplementação de 2% de arginina nas dietas proporciona
354 maiores pesos absoluto e relativo do coração e aumento nos rendimentos de coxa e
355 sobrecoxa dos frangos de corte.

356

357 **Referências**

358 Ao, T.; Pierce, J. L.; Power, R.; Pescatore, A. J.; Cantor, A. H.; Dawson, K. A.; Ford,
359 M. J. 2009. Effects of feeding different forms of zinc and copper on the performance
360 and tissue mineral content of chicks. Poultry Science 88: 2171-2175.

- 361 Aviagen Ross 2014. Ross broiler management manual. Disponível em:
362 <[http://pt.aviagen.com/assets/Tech_Center/Ross_Broiler/Ross-Broiler-Handbook-](http://pt.aviagen.com/assets/Tech_Center/Ross_Broiler/Ross-Broiler-Handbook-2014i-EN.pdf)
363 2014i-EN.pdf> Acesso em: 16 de março de 2017.
- 364 Brito, A. B.; Carrer, S. C.; Viana, A. 2010. Distúrbios metabólicos em frangos de corte.
365 In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE NUTRIÇÃO ANIMAL, 4., Estância
366 de São Pedro. Anais eletrônicos... Colégio Brasileiro de Nutrição Animal, 2010.
367 Disponível em: <[http://data.novo.gessulli.com.br/file/2010/12/01/E142916-F00001-](http://data.novo.gessulli.com.br/file/2010/12/01/E142916-F00001-P419.pdf)
368 P419.pdf > Acesso em: 16 de março de 2017.
- 369 Buffington, D. E.; Colazzo-Arocho, A.; Canton, G. H.; Pitt, D.; Thatcher, W. W.;
370 Collier, R. J. 1981. Black globe-humidity index (BGHI) as comfort equation for
371 dairy cows. Transactions of the A.S.A.E. 24: 711-714.
- 372 Chamruspollert, M.; Pesti, G. M.; Bakalli, R. I. 2002. Dietary interrelationships among
373 arginine, methionine, and lysine in young broiler chicks. British Journal of Nutrition
374 88: 655–660.
- 375 Cordeiro, M. B.; Tinôco, I. F. F.; Silva, J. N.; Vigoderis, R. B.; Pinto, F. A. C.; Cecon,
376 P. R. 2010. Conforto térmico e desempenho de pintos de corte submetidos a
377 diferentes sistemas de aquecimento no período de inverno. Revista Brasileira de
378 Zootecnia 39: 217-224.
- 379 Fouad, A. M.; El-Senousey, H. K.; Yang, X. J.; Yao, J. H. 2012. Role of dietary L-
380 arginine in poultry production. International Journal of Poultry Science 11: 718-729.
- 381 Hosseini-Mansoub, N.; Chekani-Azar, S.; Tehrani, A. A.; Lotfi, A.; Manesh, M. K.
382 2010. Influence of dietary vitamin E and zinc on performance, oxidative stability and
383 some blood measures of broiler chickens reared under heat stress (35 °C). Journal of
384 Agrobiology 27: 103-110.
- 385 Jahanian, R.; Moghaddam, H. N.; Rezaei, A., 2008. Improved broiler chick
386 performance by dietary supplementation of organic zinc sources. Asian-Australasina
387 Journal of Animal Science 21: 1348 – 1354.
- 388 Lopes, J. C. O.; Ribeiro, M. N.; Lima, V. B. S. 2015a. Estresse por calor em frangos de
389 corte. Nutritime Revista Eletrônica 12: 4478-4487.
- 390 Lopes, J. C. O.; Figueiredo, A. V.; Lopes, J. B.; Lima, D. C. P.; Ribeiro, M. N.; Lima, V.
391 B. S. 2015b. Zinco e vitamina E em dietas para frangos de corte criados em estresse
392 calórico. Revista Brasileira de Saúde Produção Animal 16: 350-364.
- 393 Mapa – Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Regulamento da Inspeção
394 Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal - RIISPOA, Brasília, DF, 1997.
- 395 Medeiros, I. M.; Teixeira, E. N. M.; Sobrinho, J. P.; Santos, G. C. A.; Souza, J. G.;
396 Sobrinho, A. P. A.; Franca, M. J.; Santos, R. A. 2012. Efeito do zinco orgânico sobre
397 o rendimento de carcaça e cortes de frangos de corte criados em cama nova e
398 reciclada. Revista Científica de Produção Animal 14: 62-64.

- 399 Murakami, A.; Fernandes, J. I. M.; Hernandez, L.; Santos, T. C. 2012. Effects of starter
400 diet supplementation with arginine on broiler production performance and on small
401 intestine morphometry. *Pesquisa Veterinária Brasileira* 32: 259-266.
- 402 Namazu, L. B.; Kobashigawa, E.; Albuquerque, R.; Schammass, E. A.; Takeara, P.;
403 Trindade neto, M. A. 2008. Lisina digestível e zinco quelado para frangos de corte
404 machos: desempenho e retenção de nitrogênio na fase pré-inicial. *Revista Brasileira*
405 *de Zootecnia* 37: 1634-1640.
- 406 Oba, A., Lopes, P. C. F.; Boiago, M. M.; Silva, A. M. S.; Montassier, H. J.; Souza, P. A.
407 S. 2012. Características produtivas e imunológicas de frangos de corte submetidos a
408 dietas suplementadas com cromo, criados sob diferentes condições de ambiente.
409 *Revista Brasileira de Zootecnia* 41: 1186-1192.
- 410 Oliveira, A. A.; Gomes, A. V. C.; Oliveira, A. G. R.; Lima, M. F.; Dias, G. E. A.;
411 Agostinho, T. S. P.; Sousa, F. D. R.; Lima, C. A. R. 2011. Desempenho e
412 características da carcaça de frangos de corte alimentados com rações de diferentes
413 formas físicas. *Revista Brasileira de Zootecnia* 40: 2450-2455.
- 414 Oliveira, R. F. M.; Donzele, J. L.; Abreu, M. L. T.; Ferreira, R. A.; Vaz, R. G. M. V.;
415 Cella, P. S. 2006. Efeitos da temperatura e da umidade relativa sobre o desempenho e
416 o rendimento de cortes nobres de frangos de corte de 1 a 49 dias de idade. *Revista*
417 *Brasileira de Zootecnia* 35: 797-803.
- 418 PMT – Prefeitura Municipal de Teresina. Secretaria Municipal de Planejamento e
419 Coordenação. Caracterização do município de Teresina. Teresina 2015. Disponível
420 em:<<http://semplan.teresina.pi.gov.br/wp-content/uploads/2015/02/TERESINA->
421 [Caracteriza% C3%83% C2% A7% C3%83% C2% A3o-do-Munic% C3%83-pio-](http://semplan.teresina.pi.gov.br/wp-content/uploads/2015/02/TERESINA-)
422 [2015.pdf](http://semplan.teresina.pi.gov.br/wp-content/uploads/2015/02/TERESINA-)> Acesso em: 16 de março de 2017.
- 423 Ribeiro JR., V.; Ribeiro, C. L. N.; Messias, R. K. G.; Rocha, T. C. 2015. Importância
424 nutricional da arginina em dietas de aves. *Revista Eletrônica Nutritime* 4: 4149-4161.
- 425 Richards, J. D.; Zhao, J.; Harrell, R. J.; Atwell, C. A.; Dibner, J. J. 2010. Trace mineral
426 nutrition in poultry and swine. *Journal Animal Science* 23: 1527-1534.
- 427 Rostagno, H. S.; Albino, L. F. T.; Donzele, J. L.; Gomes, P. C.; Oliveira, R. F.; Lopes,
428 D. C.; Ferreira, A. S.; Barreto, S. L. T.; Euclides, R. F. 2011. Tabelas brasileiras para
429 aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais. 3ª ed. UFV,
430 Viçosa.
- 431 Salabi, F.; Boujarpoor, M.; Fayanzi, J.; Salari, S.; Nazari, M. 2011. Effects of different
432 levels of zinc on the performance and carcass characteristics of broiler reared under
433 heat stress condition. *Journal of Animal and Veterinary Advance* 10: 1332-1335.
- 434 Santos, C.; Fonseca, J. 2012. Zinco: fisiopatologia, clínica e nutrição. *Associação*
435 *Portuguesa de Nutrição Entérica e Parentérica* 6: 01-09.
- 436 Silva, M. A.; Pessotti, B. M. S.; Zanini, S. F.; Colnago, G. L.; Nunes, L. C.; Rodrigues,
437 M. R. A.; Ferreira, L. 2010. Óleo de aroeira-vermelha sobre o desempenho e a
438 morfometria intestinal de frangos de corte. *Ciência Rural* 40: 2151-2156.

439 Silva, M. C. M.; Figueirêdo, A. V.; Santana, Y. A. G.; Carvalho Filho, D. U. C.; costa,
440 E. M. S.; Lima, D. C. P.; Araújo, T. P.; Pereira, A. C.; Melo, S. S. 2013. Densidades
441 nutricionais para frangos de corte estressados por calor cíclico. Pubvet 7: 1517.

442 Sunder, G. S.; Panda, A. K.; Gopinath, N. C. S.; Rama RAO, S. V.; Raju, M. V. L. N.;
443 Reddy, M. R.; Kumar, V. C. 2008. Effects of Higher Levels of Zinc Supplementation
444 on Performance, Mineral Availability, and Immune Competence in Broiler Chickens.
445 Journal Applied Poultry Research 17: 79–86.

446 Trindade Neto, M. A.; Kobashigawa, E.; Namazu, L. B.; Takeara, P.; Araújo, L. F.;
447 Albuquerque, R., 2010. Lisina digestível e zinco orgânico para frangos de corte
448 machos na fase de 22 a 42 dias de idade. Revista Brasileira de Zootecnia 39: 2460-
449 2470.

450

451

452

453

454

455

456

457

458

459

460

461

462

463

464

465

466

467

468

469

470

471

472

473 **Legenda das Tabelas**

474

475 **Tabela 1** Composição percentual e calculada das dietas experimentais dos frangos de
476 corte na fase de 1 a 7 dias de idade

477 **Tabela 2** Composição percentual e calculada das dietas experimentais dos frangos de
478 corte na fase de 8 a 21 dias de idade

479 **Tabela 3** Condições ambientais observadas durante o período experimental

480 **Tabela 4** Desempenho produtivo de frangos de corte, de 1 a 7 dias de idade,
481 alimentados com dietas suplementadas com zinco e arginina

482 **Tabela 5** Desempenho produtivo de frangos de corte, de 1 a 21 dias de idade,
483 alimentados com dietas suplementadas com zinco e arginina

484 **Tabela 6** Peso absoluto (g) e peso relativo (%) de órgãos digestivos e do coração de
485 frangos de corte, aos 21 dias de idade, alimentados com dietas suplementadas
486 com zinco e arginina

487 **Tabela 7** Rendimento de carcaça e de cortes nobres de frangos de corte, aos 21 dias de
488 idade, alimentados com dietas suplementadas com zinco e arginina

489

490

491

492

493

494

495

496

497

498

499

500 Tabelas

501 Tabela 1 - Composição percentual e calculada das dietas experimentais dos frangos de corte na
502 fase de 1 a 7 dias de idade

Ingredientes (%)	Controle	Níveis de Arginina (%) / Níveis de Zinco (mg/kg)					
		1/0	1/60	1/120	2/0	2/60	2/120
Milho (7,88%)	56,334	60,847	60,847	60,847	64,000	64,000	64,000
Farelo de soja 48%	36,867	31,735	31,735	31,735	26,779	26,779	26,779
Óleo de soja	2,259	1,401	1,401	1,401	1,003	1,003	1,003
Fosfato bicálcico	1,880	1,930	1,930	1,930	1,985	1,985	1,985
Calcário calcítico	0,871	0,876	0,876	0,876	0,880	0,880	0,880
NaCl	0,508	0,508	0,508	0,508	0,509	0,509	0,509
L-Lisina - HCL (99%)	0,109	0,241	0,241	0,241	0,371	0,371	0,371
DL-Metionina (99%)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
L-Triptofano (98%)	0,000	0,001	0,001	0,001	0,030	0,030	0,030
Treonina (98,5%)	0,104	0,179	0,179	0,179	0,255	0,255	0,255
Valina (98,5%)	0,068	0,162	0,162	0,162	0,256	0,256	0,256
Premix vitamínico, mineral e aminoacídico ¹	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Material inerte	0,000	0,120	0,060	0,000	0,932	0,872	0,812
Zinco (Availa Zn 100) ²	0,000	0,000	0,060	0,120	0,000	0,060	0,120
L-Arginina (89,03%) ³	0,000	1,000	1,000	1,000	2,000	2,000	2,000
TOTAL	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Composição calculada							
Proteína bruta (%)	22,400	22,400	22,400	22,400	22,400	22,400	22,400
EM (kcal/kg)	2,960	2,960	2,960	2,960	2,960	2,960	2,960
Lisina digestível (%)	1,324	1,324	1,324	1,324	1,324	1,324	1,324
Metionina digestível (%)	0,656	0,632	0,632	0,632	0,607	0,607	0,607
Metionina + cistina digestível (%)	0,963	0,914	0,914	0,914	0,862	0,862	0,862
Triptofano digestível (%)	0,253	0,225	0,225	0,225	0,225	0,225	0,225
Treonina digestível (%)	0,861	0,861	0,861	0,861	0,861	0,861	0,861
Valina digestível (%)	1,020	1,020	1,020	1,020	1,020	1,020	1,020
Cálcio (%)	0,920	0,920	0,920	0,920	0,920	0,920	0,920
Fósforo disponível (%)	0,470	0,470	0,470	0,470	0,470	0,470	0,470
Sódio (%)	0,220	0,220	0,220	0,220	0,220	0,220	0,220
Zinco ⁴ (mg/kg)	88,628	87,299	147,299	207,299	85,757	145,757	205,757
Arginina digestível ⁵ (%)	1,393	2,132	2,132	2,132	2,871	2,871	2,871

503 ¹Níveis de garantia por kg do produto: ácido fólico: 115,20 mg; ácido pantotênico: 1.264,80 mg; biotina: 6,32
504 mg; selênio: 30,40 mg; cobre: 1.000,00 mg; zinco: 6.000,00 mg; colina: 50,00 g; ferro: 4.000,00 mg; iodo:
505 100,00 mg; manganês: 7.000,00 mg; niacina: 4.024,80 mg; nicarbazina: 12,5 g; enramicina: 1.000,00 mg;
506 vitamina A: 920.000,00 UI; vitamina B1: 206,40 mg; vitamina B12: 1.500,00 mcg; vitamina B2: 690,40 mg;
507 vitamina B6: 298,40 mg; vitamina D3: 230.000,00 UI; vitamina E: 1.954,40 UI; vitamina K3: 230,40 mg; lisina:
508 110,00 g; metionina: 350,00 g. Recomendação: 10 kg/ tonelada de ração.

509 ²Complexo Zinco Aminoácido. Níveis de garantia por kg do produto: 100.000,00 mg/kg. Recomendação para
510 aves: 400 g/tonelada de ração.

511 ³L-Arginina HCl ou L-Arginina Cloridrato (Arginina Monohydrochloride).

512 ⁴Quantidade total de zinco nas rações (zinco dos alimentos + óxido de zinco + complexo zinco aminoácido).

513 ⁵Quantidade total de arginina nas rações (arginina dos alimentos + L-arginina).

514
515

516 Tabela 2 - Composição percentual e calculada das dietas experimentais dos frangos de corte na
517 fase de 8 a 21 dias de idade

Ingredientes (%)	Controle	Níveis de Arginina (%) / Níveis de Zinco (mg/kg)					
		1/0	1/60	1/120	2/0	2/60	2/120
Milho (7,88%)	58,573	63,081	63,081	63,081	66,000	66,000	66,000
Farelo de soja 48%	34,125	28,995	28,995	28,995	24,081	24,081	24,081
Óleo de soja	3,171	2,315	2,315	2,315	1,997	1,997	1,997
Fosfato bicálcico	1,534	1,585	1,585	1,585	1,643	1,643	1,643
Calcário calcítico	0,906	0,912	0,912	0,912	0,912	0,912	0,912
NaCl	0,483	0,483	0,483	0,483	0,484	0,484	0,484
L-Lisina - HCL (99%)	0,102	0,234	0,234	0,234	0,363	0,363	0,363
DL-Metionina (99%)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
L-Triptofano (98%)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,028	0,028	0,028
Treonina (98,5%)	0,072	0,147	0,147	0,147	0,223	0,223	0,223
Valina (98,5%)	0,034	0,128	0,128	0,128	0,222	0,222	0,222
Premix vitamínico, mineral e aminoacídico ¹	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Material inerte	0,000	0,120	0,060	0,000	1,047	0,987	0,927
Zinco (Availa Zn 100) ²	0,000	0,000	0,060	0,120	0,000	0,060	0,120
L-Arginina (89,03%) ³	0,000	1,000	1,000	1,000	2,000	2,000	2,000
TOTAL	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Composição calculada

Proteína bruta (%)	21,200	21,200	21,200	21,200	21,200	21,200	21,200
EM (kcal/kg)	3.050	3.050	3.050	3.050	3.050	3.050	3.050
Lisina digestível (%)	1,217	1,217	1,217	1,217	1,217	1,217	1,217
Metionina digestível (%)	0,603	0,579	0,579	0,579	0,553	0,553	0,553
Metionina + cistina digestível (%)	0,896	0,847	0,847	0,847	0,795	0,795	0,795
Triptofano digestível (%)	0,237	0,208	0,208	0,208	0,207	0,207	0,207
Treonina digestível (%)	0,791	0,791	0,791	0,791	0,791	0,791	0,791
Valina digestível (%)	0,937	0,937	0,937	0,937	0,937	0,937	0,937
Cálcio (%)	0,841	0,841	0,841	0,841	0,841	0,841	0,841
Fósforo disponível (%)	0,401	0,401	0,401	0,401	0,401	0,401	0,401
Sódio (%)	0,210	0,210	0,210	0,210	0,210	0,210	0,210
Zinco ⁴ (mg/kg)	87,881	86,552	146,552	206,552	84,978	144,978	204,978
Arginina digestível ⁵ (%)	1,312	2,050	2,050	2,050	2,790	2,790	2,790

518 ¹Níveis de garantia por kg do produto: ácido fólico: 100,00 mg; ácido pantotênico: 1.100,00 mg; biotina: 5,52 mg;
519 selênio: 30,40 mg; cobre: 1.000,00 mg; zinco: 6.000,00 mg; colina: 47,50 g; ferro: 4.000,00 mg; iodo: 100,00 mg;
520 manganês: 7.000,00 mg; niacina: 3.500,00 mg; nicarbazina - narasina 5.000,00 mg / 5.000,00 mg; enramicina:
521 1.000,00 mg; vitamina A: 800.000,00 UI; vitamina B1: 180,00 mg; vitamina B12: 1.304,00 mcg; vitamina B2:
522 600,00 mg; vitamina B6: 260,00 mg; vitamina D3: 200.000,00 UI; vitamina E: 1.700,00 UI; vitamina K3: 200,00
523 mg; lisina: 80,00 g; metionina: 310,00 g. Recomendação: 10 kg/ tonelada de ração.

524 ²Complexo Zinco Aminoácido. Níveis de garantia por kg do produto: 100.000,00 mg/kg. Recomendação para
525 aves: 400 g/tonelada de ração.

526 ³L-Arginina HCl ou L-Arginina Cloridrato (Arginina Monohydrochloride).

527 ⁴Quantidade total de zinco nas rações (zinco dos alimentos + óxido de zinco + complexo zinco aminoácido).

528 ⁵Quantidade total de arginina nas rações (arginina dos alimentos + L-arginina).

529
530
531
532
533
534

535 Tabela 3 - Condições ambientais observadas durante o período experimental¹

Semana	Temperatura (°C)		Umidade Relativa (%)		ITGU
	Máxima	Mínima	Máxima	Mínima	
1 ^a	38,75 ± 0,51	24,84 ± 0,42	71,21 ± 0,81	29,79 ± 1,95	81,97 ± 1,54
2 ^a	38,15 ± 0,70	25,41 ± 0,30	73,29 ± 4,84	29,71 ± 4,54	82,39 ± 0,62
3 ^a	38,38 ± 0,97	25,61 ± 0,97	74,07 ± 4,59	28,43 ± 5,51	81,84 ± 1,45
Média	38,43 ± 0,73	25,29 ± 0,56	72,86 ± 3,41	29,31 ± 4,00	82,07 ± 1,20

536 ¹Valores médios.

537 ITGU - Índice de Temperatura de Globo e Umidade.

538

539

540

541

542

543

544

545

546

547

548

549

550

551

552

553

554

555

556

557

558

559 Tabela 4 - Desempenho produtivo de frangos de corte, de 1 a 7 dias de idade, alimentados
 560 com dietas suplementadas com zinco e arginina

Variáveis	Controle ¹	Arginina (%)	Zinco (mg/kg)			Média ²	CV (%)	Valor P ³	
			0	60	120			L	Q
Consumo de ração (g/ave/dia)	22,26*	1	23,89	23,38	24,26*	23,84a	5,19	0,7277	0,8835
		2	23,86	24,01	23,07	23,65a			
		Média	23,87	23,69	23,67				
Ganho de peso (g/ave/dia)	21,04	1	22,20	21,51	21,51	21,74a	3,98	0,5083	0,9681
		2	22,05	21,84	21,00	21,63a			
		Média	22,13	21,68	21,26				
Conversão alimentar	1,06*	1	1,08	1,09	1,13*	1,10a	3,67	0,0680	0,8345
		2	1,08	1,10	1,10	1,09a			
		Média	1,08	1,09	1,11				
Viabilidade criatória (%)	98,00*	1	99,00a	97,00a	99,00a	98,33	4,12	1,000	0,1564
		2	100,00a	98,00a	89,00b*	95,67			
		Média	99,50	97,50	94,00				
Índice de eficiência produtiva	260,83*	1	269,54	256,49	251,21	259,08a	5,79	0,0004	0,7954
		2	268,56	258,36	234,43*	253,78a			
		Média	269,05	257,43	242,82				

561 ¹Médias seguidas de asterisco diferem, do tratamento controle, pelo teste de Dunnett (P<0,05).

562 ²Médias seguidas de mesma letra minúscula, na coluna, para uma mesma variável, não diferem entre si pelo teste
 563 de Tukey (P>0,05).

564 ³L, Q: efeitos de ordem linear e quadrática relativos à inclusão de zinco na dieta.

565

566

567

568

569

570

571

572

573

574

575

576

577

578 Tabela 5 - Desempenho produtivo de frangos de corte, de 1 a 21 dias de idade, alimentados
 579 com dietas suplementadas com zinco e arginina

Variáveis	Controle ¹	Arginina (%)	Zinco (mg/kg)			Média ²	CV (%)	Valor P ³	
			0	60	120			L	Q
Consumo de ração (g/ave/dia)	52,89	1	55,65	51,00	54,24	53,63a	5,19	0,6130	0,0399
		2	54,23	53,19	54,44	53,92a			
Média			54,94	52,09	54,34				
Ganho de peso (g/ave/dia)	42,25	1	43,76	40,00	41,08	41,61a	8,56	0,7784	0,0588
		2	39,65	37,50	41,66	39,46a			
Média			41,70	38,75	41,37				
Conversão alimentar	1,25*	1	1,27	1,27	1,32	1,29a	5,40	0,9564	0,3305
		2	1,37	1,42*	1,31	1,37b			
Média			1,32	1,34	1,31				
Viabilidade criatória (%)	80,00	1	83,75	76,00	73,00	77,14a	10,11	0,0101	0,5902
		2	83,00	84,00	73,75	80,71a			
Média			83,37	80,00	73,37				
Índice de eficiência Produtiva	289,33	1	287,33	257,67	247,27	264,09a	20,36	0,3391	0,5282
		2	258,19	240,29	254,64	250,78a			
Média			272,76	248,98	250,95				

580 ¹Médias seguidas de asterisco diferem, do tratamento controle, pelo teste de Dunnett (P<0,05).

581 ²Médias seguidas de mesma letra minúscula, na coluna, para uma mesma variável, não diferem entre si pelo teste
 582 de Tukey (P>0,05).

583 ³L, Q: efeitos de ordem linear e quadrática relativos à inclusão de zinco na dieta.

584

585

586

587

588

589

590

591

592

593

594

595

596

597 Tabela 6 - Peso absoluto (g) e peso relativo (%) de órgãos digestivos e do coração de frangos
 598 de corte, aos 21 dias de idade, alimentados com dietas suplementadas com zinco e
 599 arginina

Variáveis	Controle ¹	Arginina (%)	Zinco (mg/kg)			Média ²	CV (%)	Valor P ³	
			0	60	120			L	Q
Peso em jejum (g)	872,00	1	893,50	822,50	850,00	855,33a	6,57	0,5616	0,0631
		2	823,00	795,00	837,00	818,33a			
Média			858,25	808,75	843,50				
Intestino (g)	39,15*	1	34,11	32,10*	34,00	33,40a	10,21	0,8866	0,7248
		2	33,88	34,70	33,54	34,04a			
Média			33,99	33,40	33,77				
Intestino (%)	4,50	1	3,82	3,92	4,01	3,91a	11,84	0,8699	0,4604
		2	4,14	4,36	4,02	4,17a			
Média			3,98	4,14	4,02				
Moela (g)	23,42	1	25,31	23,49	24,62	24,47a	12,88	0,3564	0,8000
		2	20,41	22,99	23,98	22,46a			
Média			22,86	23,24	24,30				
Moela (%)	2,69	1	2,83	2,88	2,89	2,87a	13,20	0,2222	0,4461
		2	2,49	2,90	2,87	2,75a			
Média			2,66	2,89	2,88				
Coração (g)	4,66	1	4,73	4,07	3,97	4,26b	15,47	0,1334	0,2307
		2	5,09	4,54	4,83	4,82a			
Média			4,91	4,30	4,40				
Coração (%)	0,53	1	0,53	0,50	0,47	0,50b	15,55	0,2102	0,6644
		2	0,62	0,57	0,58	0,59a			
Média			0,58	0,53	0,52				

600 ¹Médias seguidas de asterisco diferem, do tratamento controle, pelo teste de Dunnett (P<0,05).

601 ²Médias seguidas de mesma letra minúscula, na coluna, para uma mesma variável, não diferem entre si pelo teste
 602 de Tukey (P>0,05).

603 ³L, Q: efeitos de ordem linear e quadrática relativos à inclusão de zinco na dieta.

604

605

606

607

608

609

610

611

612

613

614

615

616

617 Tabela 7 - Rendimento de carcaça e de cortes nobres de frangos de corte, aos 21 dias de idade,
618 alimentados com dietas contendo zinco e arginina

Variáveis	Controle ¹	Arginina (%)	Zinco (mg/kg)			Média ²	CV (%)	Valor P ³	
			0	60	120			L	Q
Peso da carcaça eviscerada (g)	710,00	1	730,50	679,50	699,00	703,00a	6,90	0,7836	0,0941
		2	670,00	650,00	689,50	669,83a			
Média			700,25	664,75	694,25				
Rendimento de carcaça (%)	81,45	1	81,71	82,66	82,26	82,21a	2,02	0,6569	0,2603
		2	81,38	81,76	81,18	81,46a			
Média			81,55	82,21	81,78				
Rendimento de peito (%)	29,03	1	27,95	27,91	27,89	27,92a	5,69	0,7815	0,4557
		2	27,93	26,87	27,61	27,47a			
Média			27,94	27,39	27,94				
Rendimento de coxa (%)	11,55*	1	12,48*	12,31*	12,08	12,29a	3,09	0,2750	0,7827
		2	12,37*	12,39*	12,26	12,34a			
Média			12,42	12,35	12,17				
Rendimento de sobrecoxa (%)	13,78	1	13,84	14,00	13,96	13,93b	4,46	0,6271	0,5862
		2	14,52	14,21	14,69	14,47a			
Média			14,18	14,11	14,33				

619 ¹Médias seguidas de asterisco diferem, do tratamento controle, pelo teste de Dunnett (P<0,05).

620 ²Médias seguidas de mesma letra minúscula, na coluna, para uma mesma variável, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P>0,05).

622 ³L, Q: efeitos de ordem linear e quadrática relativos à inclusão de zinco na dieta.

623

624

625

626

627

628

629

630

631

632

633

634

635

636

4 CAPÍTULO II

Artigo Científico

Suplementação de zinco e arginina sobre a metabolizabilidade e a deposição de nutrientes na carcaça de frangos de corte, mantidos em ambiente de alta temperatura

1 Suplementação de zinco e arginina sobre a metabolizabilidade e a deposição 2 de nutrientes na carcaça de frangos de corte, mantidos em ambiente de alta 3 temperatura

4
5 S. Natyelle de Oliveira Almendra¹, J. Batista Lopes²

6
7 1 Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Maranhão, Maranhão, Brasil

8 2 Departamento de Zootecnia, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Piauí, Piauí, Brasil

10 **Resumo**

11 Objetivou-se avaliar o efeito da suplementação de zinco e arginina em dietas para frangos
12 de corte (*Gallus gallus domesticus* L.), em fase inicial da criação, sobre a metabolizabilidade dos
13 nutrientes, balanço de nitrogênio e eficiência de utilização do nitrogênio das dietas (experimento
14 1); e sobre a composição química e a deposição de nutrientes na carcaça e a qualidade da cama
15 das aves (experimento 2), mantidas em ambiente de alta temperatura. No experimento 1, foram
16 alojados em gaiolas metabólicas 175 frangos de corte machos, dos 11 aos 17 dias de idade,
17 enquanto no experimento 2, foram alojados em galpões de desempenho 700 pintos de corte
18 machos no período de 1 a 21 dias de idade. Nos dois experimentos, os tratamentos consistiram
19 de uma dieta controle e as suplementadas com zinco, na forma de complexo zinco aminoácido,
20 em três níveis: 0 mg, 60 mg e 120 mg de zinco/kg de ração, em associação a dois níveis de L-
21 arginina: 1% e 2%. O zinco suplementar reduziu os coeficientes de metabolizabilidade da
22 matéria seca, da proteína bruta, do extrato etéreo das dietas e, nos níveis 1% e 2% de arginina, a
23 suplementação de zinco reduziu o coeficiente de metabolizabilidade da energia bruta, o
24 coeficiente de retenção de zinco e a energia metabolizável aparente corrigida para o balanço de
25 nitrogênio das dietas. As aves que receberam 1% de arginina nas dietas, apresentaram maiores
26 coeficientes de metabolizabilidade do extrato etéreo e maiores deposições de matéria seca,
27 matéria mineral e de energia bruta, comparadas às aves que receberam 2% do aminoácido nas
28 dietas. A suplementação de zinco e arginina, em dietas para frangos de corte em fase inicial de

29 criação, em aves mantidas em ambiente de alta temperatura, não melhora a metabolizabilidade
30 dos nutrientes, o balanço de nitrogênio e a eficiência de utilização do nitrogênio das dietas, nem
31 a composição química e a deposição de nutrientes na carcaça e a qualidade da cama das aves.

32
33 **Palavras-chave** absorção, amônia volatilizada, composição química, excreção, interação,
34 retenção

35
36 **Correspondência** Snaylla Natyelle de Oliveira Almendra, Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do
37 Maranhão – Campus Grajaú, Maranhão, Brasil. Endereço: BR 226, S/N, Bairro Vila Nova, Grajaú - Maranhão,
38 Brasil, CEP: 65.940-000; Tel: +55 86999627569; +55 999981293958; E-mails: snaylla.almendra@ifma.edu.br,
39 snaylla@gmail.com.

42 **Introdução**

43 A nutrição é um dos cinco pilares de sustentação dos altos índices de produtividade na
44 avicultura, assim como a genética, o manejo, a ambiência e a sanidade. O uso de tecnologias
45 associadas ao manejo nutricional de frangos de corte tem impulsionado a atividade, pois a
46 correta avaliação do valor proteico e energético das dietas permite melhor utilização do
47 nitrogênio e de outros nutrientes, pelos animais, além de promover redução na poluição
48 ambiental pela diminuição na excreção de minerais para o solo e mananciais
49 (VASCONCELLOS et al., 2011).

50 O ajuste nutricional de dietas, para frangos de corte, deve ser feito observando-se não
51 apenas a fase de vida do animal, mas o seu estado fisiológico em função do ambiente, já que
52 fatores externos, como as altas temperaturas, influenciam negativamente na metabolizabilidade
53 dos nutrientes das dietas. Expostas a altas temperaturas ambientais, as aves reduzem o consumo
54 de alimento, aumentam a ingestão de água e gastam mais energia para a manutenção da
55 homeotermia, sendo imprescindível o fornecimento, para esses animais, de dietas com o aporte
56 nutricional adequado, levando-se em consideração a redução na disponibilidade de aminoácidos
57 e minerais circulantes no organismo em função do estresse (CASSUCE et al., 2013).

58 A adição de aminoácidos sintéticos, como a L- arginina, e a utilização de minerais
59 complexados, como o zinco, em dietas para frangos de corte mantidos em ambiente de alta
60 temperatura, podem ser vistas como uma estratégia nutricional para aliviar os efeitos do estresse
61 por calor sobre as aves, pois o a arginina e o zinco, especialmente nessas condições, apresentam
62 alta demanda metabólica para a composição e ativação de enzimas e estimular a secreção de
63 hormônios essenciais nos processos de digestão, absorção, deposição e excreção de nutrientes
64 (SAHIN et al., 2009; THON et al., 2010).

65 Então, objetivou-se avaliar o efeito da suplementação de zinco e arginina em dietas para
66 frangos de corte em fase inicial de criação, sobre a metabolizabilidade dos nutrientes, o balanço
67 de nitrogênio e a eficiência de utilização do nitrogênio das dietas, bem como sobre a composição
68 química e a deposição de nutrientes na carcaça, e a qualidade da cama das aves, mantidas em
69 ambiente de alta temperatura.

70

71 **Material e Métodos**

72 *Condições ambientais nos galpões experimentais*

73 Dois experimentos foram realizados, um para a avaliação da metabolizabilidade dos
74 nutrientes, do balanço de nitrogênio e da eficiência de utilização do nitrogênio das dietas
75 (experimento 1) e, outro para a avaliação da composição química e deposição de nutrientes na
76 carcaça e da qualidade da cama (experimento 2), os quais foram conduzidos nos galpões de
77 metabolismo e de desempenho, respectivamente, do setor de avicultura do Departamento de
78 Zootecnia, do Centro de Ciências Agrárias, da Universidade Federal do Piauí (DZO/CCA/UFPI),
79 em Teresina - Piauí - Brasil, nos meses de novembro e dezembro de 2015, após ser aprovado
80 pelo Comitê de Ética no Uso de Animais em Experimentação da UFPI (Parecer de Aprovação
81 n°. 087/12).

82 O município de Teresina, situado na latitude 05° 05' 21'' sul e longitude 42° 48' 07''
83 oeste, apresenta, de acordo com a classificação de Köppen, clima Aw, ou seja, do tipo tropical
84 úmido, com inverno seco e índices pluviométricos bastantes irregulares. Nos meses mais quentes do
85 ano (setembro a dezembro), as temperaturas médias atingem os 29,3°C, a umidade relativa do ar
86 média fica em torno dos 60%, e a precipitação média abaixo dos 50 mm, gerando grande
87 desconforto térmico por calor nesse período (PMT, 2015).

88

89 *Metabolizabilidade dos nutrientes das dietas*

90 No experimento 1, foram utilizados 175 frangos de corte machos, da linhagem Ross®
91 308, no período de 11 a 17 dias de idade. Até 10º dia de vida, as aves foram mantidas em galpões
92 de alvenaria e piso cimentado, recebendo uma dieta à base de milho e farelo de soja, formulada
93 para atender as exigências nutricionais, conforme programas de alimentação recomendados por
94 Rostagno et al. (2011).

95 Aos 11 dias de idade, as aves foram pesadas e as que apresentaram peso vivo médio de
96 360 gramas, foram alojadas em gaiolas metabólicas dotadas de comedouro e bebedouro do tipo
97 calha e bandeja coletora de excretas. O delineamento experimental adotado foi o inteiramente
98 casualizado, em esquema fatorial 3 x 2 + 1, sendo três níveis de zinco, dois níveis de arginina,
99 uma dieta controle e cinco repetições. Em cada unidade experimental foram alojadas cinco aves,
100 totalizando 25 aves por tratamento.

101 Os frangos de corte receberam dietas isoproteicas e isoenergéticas, à base de milho e
102 farelo de soja. As rações dos tratamentos teste foram suplementadas com zinco, na forma de
103 complexo zinco aminoácido, em três níveis: 0 mg, 60 mg e 120 mg de zinco/kg de ração,
104 associados a dois níveis de L-arginina: 1 e 2%, adicionados, nas dietas, em substituição ao
105 material inerte (caulim). As dietas experimentais foram formuladas para atender as exigências

106 nutricionais das aves na fase inicial (8 a 21 dias de idade) (Tabela 2), conforme recomendações
107 de Rostagno et al. (2011).

108 As rações foram fornecidas à vontade e pesadas no início e no final do período de coleta,
109 para quantificação do consumo por unidade experimental. Os ventiladores permaneceram ligados
110 das 11h00min às 19h00min e o monitoramento da temperatura ambiental foi realizado por meio
111 de termo-higrômetros e de termômetros de bulbo seco e de bulbo úmido. Os registros das
112 temperaturas foram feitos, diariamente, às 08h00min e 16h00min. O programa de luz adotado foi
113 o contínuo (24 horas de luz natural + artificial), utilizando-se lâmpadas fluorescentes de 60 W.

114 O experimento teve duração de seis dias, sendo três dias de adaptação e três dias de coleta
115 de excretas. Foi utilizada a técnica de coleta total de excretas descrita por Sibbald; Slinger
116 (1963), as quais foram realizadas em intervalos de 12 horas, em cada gaiola, para evitar
117 fermentação e perda de nutrientes. Após coletadas, as excretas foram acondicionadas em sacos
118 plásticos, identificadas, pesadas e armazenadas em *freezer* (-5°C), até o período final do
119 experimento, para realização das análises laboratoriais.

120 Ao final do período de coleta, toda a excreta proveniente da mesma unidade experimental
121 foi descongelada e misturada, uniformemente, para a retirada de uma amostra. Após pré-
122 secagem, em estufa de circulação forçada de ar, por 72 horas a $60 \pm 5^\circ\text{C}$, as excretas foram
123 moídas, em moinho tipo facas e, assim como as dietas. As amostras foram analisadas quanto aos
124 teores de matéria seca, nitrogênio total, extrato etéreo, energia bruta, de acordo com os
125 procedimentos de Silva e Queiroz (2002). A energia bruta foi determinada em bomba
126 calorimétrica adiabática do tipo Parr e o nitrogênio total em aparelho semi-micro Kjeldahl. Após
127 determinação do nitrogênio total, o valor obtido foi multiplicado pelo fator 6,25 para
128 quantificação do teor de proteína bruta das excretas, conforme AOAC (1995).

129 O teor de zinco foi determinado por espectrofotometria de absorção atômica, segundo
130 AOAC (1995).

131 Após as análises laboratoriais, das dietas e das excretas, foram calculados os: (1)
132 coeficientes de metabolizabilidade dos nutrientes (CMn) e (2) da energia bruta (CM_{EB}); (3) o
133 coeficiente de retenção de zinco (CR_{ZN}); (4) o balanço de nitrogênio (BN); (5) a eficiência de
134 utilização do nitrogênio (EUN) e (6) a energia metabolizável aparente corrigida para o balanço
135 de nitrogênio (EMAn), utilizando-se as equações propostas por Matterson et al. (1965):

136
137 (1) $CMn = [(nutriente\ ingerido - nutriente\ excretado) \times 100] / nutriente\ ingerido$

138 (2) $CM_{EB} = [(EB\ ingerido - EB\ excretada) \times 100] / EB\ ingerido$

139 (3) $CR_{ZN} = [(Zn\ ingerido - Zn\ excretado) \times 100] / Zn\ ingerido$

140 (4) $BN = N\ ingerido - N\ excretado$

141 (5) $EUN = [N\ ingerido - N\ excretado] \times 100 / N\ ingerido$

142 (6) $EMAn = [EB\ ingerida - (EB\ excretada + 8,22 \times BN)] / MS\ ingerida$

143

144 Em que,

145 - CMn = Coeficiente de metabolizabilidade do nutriente

146 - CM_{EB} = Coeficiente de metabolizabilidade da energia bruta

147 - CR_{ZN} = Coeficiente de Retenção de zinco

148 - BN = Balanço de nitrogênio

149 - EUN = Eficiência de utilização do nitrogênio

150 - EMAn = Energia metabolizável aparente corrigida para balanço de nitrogênio

151 - MS = Matéria seca

152

153

154 *Composição química, deposição de nutrientes na carcaça e qualidade da cama*

155 No experimento 2, foram selecionados 700 pintos de corte, machos, da linhagem Ross®
156 308, com um dia de idade (peso inicial médio 48,0 gramas). As aves foram alojadas numa
157 densidade de 8 aves/m², permanecendo 20 aves/unidade experimental. Os boxes eram dotados de
158 comedouros tubulares e bebedouros automáticos pendulares, sendo o consumo de ração e de
159 água realizados à vontade.

160 No momento da pesagem e distribuição das aves, dez pintos foram abatidos, eviscerados
161 e armazenados em *freezer* a (-5°C), para posterior avaliação da composição química das
162 carcaças, em que os dados foram utilizados na determinação da deposição de nutrientes na
163 carcaça.

164 O delineamento experimental adotado foi o em blocos casualizados, em esquema fatorial
165 3 x 2 + 1, sendo três níveis de zinco, dois níveis de arginina e uma dieta controle, com cinco
166 repetições. Os galpões de alojamento constituíram os blocos.

167 As dietas experimentais foram elaboradas para atender as exigências nutricionais das aves
168 na fase pré-inicial - 1 a 7 dias (Tabela 1) e na fase inicial - 8 a 21 dias (Tabela 2), segundo as
169 recomendações de Rostagno et al. (2011). As dietas teste foram suplementadas com zinco na
170 forma de complexo zinco aminoácido em três níveis: 0 mg, 60 mg e 120 mg de zinco/kg de
171 ração, testados em associação a dois níveis de L-arginina: 1% e 2%, adicionados, nas dietas, em
172 substituição ao material inerte (caulim).

173 Com o auxílio de termômetros de máxima e mínima, de bulbo seco e bulbo úmido e de
174 globo negro, registrou-se informações sobre a temperatura e a umidade relativa do ar, duas vezes
175 ao dia, às 08h00min e 16h00min, que, posteriormente, foram convertidas em Índice de
176 Temperatura de Globo e Umidade (ITGU), conforme proposto por Buffington et al. (1981). Os

177 ventiladores e os nebulizadores dos galpões permaneciam ligados, diariamente, das 11h00h às
178 19h00h.

179 Após 21 dias de experimento, os frangos de corte foram pesados e a ave que apresentou o
180 peso vivo próximo da média de peso das aves da repetição, foi colocada em jejum alimentar de
181 12 horas e abatida, conforme procedimento de abate preconizado pelo Regulamento da Inspeção
182 Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal – RIISPOA (MAPA, 1997).

183 As carcaças evisceradas (com pés, cabeça e pescoço), foram acondicionadas em sacos
184 plásticos, devidamente identificados, e armazenadas em *freezer* (-5°C) até a realização das
185 análises químicas. Durante o preparo das amostras, as carcaças dos pintos de 1 dia e das aves
186 com 21 dias de idade foram descongeladas, moídas em liquidificador industrial e pré-secas por
187 processo de liofilização. Depois de liofilizadas, as amostras foram trituradas e analisadas quanto
188 à composição química da matéria seca, nitrogênio total, extrato etéreo, energia bruta e zinco,
189 conforme procedimentos metodológicos adotados para as análises das excretas e das dietas no
190 experimento 1. A matéria mineral foi determinada de acordo com a metodologia proposta por
191 Silva e Queiroz (2002).

192 A deposição de nutrientes e da energia bruta na carcaça foi calculada a partir dos valores
193 de composição química, pela diferença do nutriente e da energia existente, na carcaça das aves,
194 aos 21 dias e no primeiro dia de idade. Os dados de composição química e de deposição foram
195 expressos na matéria natural e corrigidos pela matéria seca a 105°C.

196 Amostras de cama foram coletadas, após 21 dias de experimento, sendo avaliadas as
197 seguintes variáveis de qualidade da cama: amônia volatilizada, pH e umidade. A amostragem foi
198 realizada coletando-se 50 gramas de cama em frascos de 500 mL, de três pontos diferentes de
199 cada unidade experimental. Em laboratório, as amostras foram homogeneizadas e quantificadas
200 com relação ao teor de amônia volatilizada, segundo a metodologia proposta por Hernandez e

201 Gazetta (2001). Na determinação do pH da cama adicionou-se 10 gramas da amostra a 50 mL de
202 água destilada e, com o auxílio de um pHmetro digital, previamente calibrado, aferiu-se o
203 potencial hidrogeniônico das amostras de cama de cada boxe, de acordo com os procedimentos
204 descritos por Tedesco et al. (1995). O teor de umidade da cama foi verificado por meio da
205 determinação da matéria seca das amostras coletadas, segundo preconizado por Silva e Queiroz
206 (2002).

207 Os dados de temperatura e de umidade relativa do ar, coletados durante todo o período
208 experimental, foram submetidos aos cálculos de média e desvio padrão. As demais variáveis
209 foram avaliadas, estatisticamente, por meio de análise de variância e teste de regressão, bem
210 como pelos testes de média Tukey e Duncan. No confronto de cada tratamento com a dieta
211 controle, aplicou-se o teste de Dunnett, segundo os procedimentos estatísticos do PROC GLM do
212 software SAS (Statistical Analysis System, versão 9.2.). Considerou-se o $\alpha = 0,05$.

213

214 **Resultados**

215 *Condições ambientais nos galpões experimentais*

216 Durante os ensaios de metabolizabilidade dos nutrientes (experimento 1) e de deposição
217 de nutrientes na carcaça (experimento 2), foram registradas temperaturas máximas médias acima
218 dos 38°C e umidade relativa do ar média abaixo dos 60% (Tabela 3). O ITGU, avaliado somente
219 no experimento 2, apresentou pouca variação nas três primeiras semanas de vida das aves,
220 apresentando valor médio de $82,07 \pm 1,20$ (Tabela 3).

221

222 *Metabolizabilidade dos nutrientes das dietas*

223 Não houve interação ($P > 0,05$) entre os níveis de zinco e arginina testados para o
224 consumo, a excreção e os coeficientes de metabolizabilidade da matéria seca e da proteína bruta

225 das dietas, indicando que os fatores atuaram de forma independente sobre as respostas das
226 variáveis (Tabela 4). A suplementação de zinco nas dietas influenciou, de forma quadrática
227 ($P < 0,05$), a matéria seca e a proteína bruta excretada, em que os valores máximos observados
228 foram nos níveis 60,22 mg e 57,12 mg de zinco/kg de ração, respectivamente, fundamentando-se
229 nas equações: $\hat{Y} = 17,45 + 0,1084x - 0,0009x^2$ ($R^2 = 1,00$); $\hat{Y} = 5,61 + 0,0457x - 0,0004x^2$ ($R^2 =$
230 $1,00$). Os coeficientes de metabolizabilidade da matéria seca e da proteína bruta foram afetados,
231 de forma quadrática ($P < 0,05$), com a suplementação de zinco nas dietas, conforme as respectivas
232 equações: $\hat{Y} = 76,42 - 0,1098x + 0,001x^2$ ($R^2 = 1,00$); $\hat{Y} = 65,88 - 0,3268x + 0,003x^2$ ($R^2 = 1,00$),
233 com os valores mínimos obtidos nos níveis de 54,90 mg e 54,47 mg de zinco/kg de ração,
234 respectivamente.

235 Na comparação do tratamento controle com os demais tratamentos teste, observou-se que
236 a suplementação de 1% e 2% de arginina, tanto no nível zero de zinco suplementar como
237 associados a 120 mg de zinco/kg de ração, proporcionou menores valores de matéria seca
238 excretada e, com exceção do nível 2% de arginina sem ao zinco suplementar, que apresentou
239 maiores coeficientes de metabolizabilidade da matéria seca no confronto com as aves do
240 tratamento referência ($P < 0,05$).

241 O consumo de proteína bruta foi menor para os frangos de corte que receberam 1% de
242 arginina, sem zinco suplementar, e também quando combinado com 60 mg de zinco/kg de ração
243 ($P < 0,05$). O mesmo comportamento foi observado com as aves que receberam 2% de arginina
244 combinados a 60 mg e 120 mg de zinco/kg de ração ($P < 0,05$), quando feita a comparação com o
245 teor de proteína bruta ingerida pelas aves do tratamento controle. Mesmo com a redução na
246 proteína bruta ingerida, as aves que receberam dietas suplementadas com 1% e 2% de arginina
247 associados a 60 mg de zinco/kg de ração apresentaram maiores conteúdos de proteína bruta

248 excretada e menores coeficientes de metabolizabilidade da proteína bruta, comparadas às aves
249 que não receberam zinco e arginina suplementar (P<0,05).

250 Interação foi observada (P<0,05), entre os níveis de zinco e arginina das dietas, para o
251 coeficiente de metabolizabilidade da energia bruta, porém, não foi verificada (P>0,05) para as
252 variáveis: extrato etéreo ingerido, extrato etéreo excretado, coeficiente de metabolizabilidade do
253 extrato etéreo, energia bruta consumida e energia bruta excretada (Tabela 5).

254 No desdobramento da interação constatou-se que, para o nível 0 mg de zinco/kg de ração,
255 a adição de 1% de arginina nas dietas proporcionou maiores valores do coeficiente de
256 metabolizabilidade da energia bruta, comparados ao das aves que receberam 2% do aminoácido
257 (P<0,05). Nos demais níveis de zinco, a suplementação de arginina não alterou a resposta da
258 variável (P>0,05). O zinco suplementar, nos dois níveis de arginina, alterou, de forma quadrática
259 (P<0,05) o coeficiente de metabolizabilidade da energia bruta. Para o nível 1% de arginina, o
260 ponto de valor mínimo ocorreu no nível de 65,10 mg de zinco/kg de ração, segundo a equação: \hat{Y}
261 = 81,97 - 0,0651x + 0,0005x² (R² = 1,00). Já para o nível 2% de arginina, o ponto de valor
262 mínimo foi atingido no nível de 30,37 mg de zinco/kg de ração, conforme a equação: \hat{Y} = 80,29 -
263 0,0243x + 0,0004x² (R² = 1,00).

264 A suplementação de zinco promoveu alterações, de forma quadrática (P<0,05), no extrato
265 etéreo ingerido, no coeficiente de metabolizabilidade do extrato etéreo e na energia bruta
266 excretada das dietas. Para o extrato etéreo ingerido, o ponto de valor mínimo foi atingido no
267 nível de 63,00 mg de zinco/kg de ração, segundo a equação: \hat{Y} = 3,96 - 0,0126x + 0,0001x² (R²
268 = 1,00); já para o coeficiente de metabolizabilidade do extrato etéreo o ponto de valor mínimo
269 ocorreu no nível 56,92 mg de zinco/kg de ração, conforme a equação: \hat{Y} = 83,80 - 0,0683x +
270 0,0006x² (R² = 1,00); e para a energia bruta excretada o valor máximo foi atingido no nível de
271 58,69 mg de zinco/kg de ração, segundo a equação: \hat{Y} = 60,18 + 0,3052x - 0,0026x² (R² = 1,00).

272 O fornecimento de 1% de arginina, nas dietas, proporcionou maiores valores de extrato
273 etéreo ingerido e no coeficiente de metabolizabilidade do extrato etéreo, do que o nível 2% de
274 suplementação ($P<0,05$). Quando foram comparados os valores de extrato etéreo ingerido pelas
275 aves, que receberam a suplementação de zinco e arginina nas dietas, com os das aves do
276 tratamento referência, observou-se que estas apresentaram maior consumo de extrato etéreo do
277 que as aves que receberam 1% e 2% de arginina associados ou não a 60 mg e a 120 mg de
278 zinco/kg de ração ($P<0,05$). Mesmo havendo redução para as aves de todos os tratamentos teste,
279 relativo ao extrato etéreo ingerido, apenas as aves alimentadas com dietas suplementadas com
280 2% de arginina associados a 60 mg de zinco/kg de ração tiveram menor coeficiente de
281 metabolizabilidade do extrato etéreo comparado ao das aves do tratamento controle ($P<0,05$).

282 Ainda na comparação do tratamento controle com os demais, observou-se que a adição de
283 1% de arginina sem zinco suplementar e de 2% de arginina combinado a 120 mg de zinco/kg de
284 ração, proporcionou menores valores de energia bruta excretada nas aves que receberam essas
285 dietas, comparadas às aves do tratamento controle. O maior valor do coeficiente de
286 metabolizabilidade da energia bruta foi verificado quando as aves receberam 2% de arginina
287 associados a 120 mg de zinco/kg de ração ($P<0,05$).

288 Constatou-se que houve interação entre os níveis de zinco e os de arginina testados para a
289 energia metabolizável aparente corrigida (EMAn) ($P<0,05$), mas não houve interação para o
290 nitrogênio ingerido, o nitrogênio excretado, o balanço de nitrogênio e para eficiência de
291 utilização de nitrogênio ($P>0,05$) (Tabela 6). Na decomposição da interação, observou-se que, no
292 nível 0 mg de zinco/kg de ração, a suplementação de 1% de arginina proporcionou maiores
293 valores de EMAn comparados à adição de 2% do aminoácido nas dietas ($P<0,05$). No nível 60
294 mg de zinco/kg de ração, não foi observado efeito da inclusão de arginina nas dietas ($P>0,05$),
295 porém no nível 120 mg de zinco/kg de ração, a suplementação de 2% de arginina foi a que

296 promoveu maior EMAn ($P < 0,05$). Quando o fator arginina foi considerado, no nível 1% de
297 suplementação, verificou-se efeito quadrático dos níveis de zinco sobre a EMAn, com ponto de
298 valor máximo obtido com 57,23 mg de zinco/kg de ração, segundo a equação: $\hat{Y} = 3.381,65 +$
299 $2,16x - 0,019x^2$ ($R^2 = 1,00$). Para o nível 2% de arginina, aumento linear nos valores de EMAn
300 foram observados com a suplementação do mineral nas dietas, segundo a equação: $\hat{Y} = 3.278,66$
301 $+ 1,63x$ ($R^2 = 0,90$).

302 Efeito quadrático dos níveis de zinco suplementar foi verificado para o nitrogênio
303 excretado, o balanço de nitrogênio e para a eficiência de utilização de nitrogênio das dietas
304 ($P < 0,05$). Para o nitrogênio excretado, o ponto de máxima foi verificado no nível de 58,33 mg de
305 zinco/kg de ração, segundo a equação: $\hat{Y} = 0,82 + 0,007x - 0,00006x^2$ ($R^2 = 1,00$). Com relação
306 ao balanço de nitrogênio, o menor valor foi atingido no nível de 51,50 mg de zinco/kg de ração,
307 conforme a equação: $\hat{Y} = 1,70 - 0,0103x + 0,0001x^2$ ($R^2 = 1,00$). Para a variável eficiência de
308 utilização de nitrogênio, o ponto de mínima foi verificado em 54,20 mg de zinco/kg de ração,
309 segundo a equação $\hat{Y} = 67,27 - 0,3252x + 0,003x^2$ ($R^2 = 1,00$).

310 As aves do tratamento controle apresentaram maiores valores de nitrogênio ingerido,
311 comparadas às aves que receberam 1% de arginina associado ou não a 60 mg de zinco/kg de
312 ração e, 2% de arginina associados a 60 mg e 120 mg de zinco/kg de ração ($P < 0,05$). O
313 nitrogênio excretado, pelas aves do tratamento referência, foi menor do que o nitrogênio
314 excretado pelas aves que receberam 1% e 2% de arginina associados a 60 mg de zinco/kg de
315 ração ($P < 0,05$). Os valores de balanço de nitrogênio e de EMAn das aves do tratamento controle
316 foram maiores do que os das aves que receberam 1% e 2% de arginina sem a suplementação de
317 zinco, respectivamente ($P < 0,05$). Já para as aves que receberam 1% e 2% de arginina associados
318 a 60 mg de zinco/kg de ração, tanto os valores de balanço de nitrogênio quanto os de eficiência
319 de utilização de nitrogênio foram menores do que os das aves do tratamento controle ($P < 0,05$).

320 Houve interação ($P < 0,05$) entre os níveis de zinco e arginina para o coeficiente de
321 retenção de zinco das dietas, porém, para os teores de zinco ingerido e de zinco excretado não foi
322 observada ($P > 0,05$) (Tabela 7). Assim, para os níveis 0 mg e 60 mg de zinco/kg de ração, a
323 adição de 1% de arginina nas dietas, proporcionou maior retenção de zinco, comparado ao nível
324 2% de suplementação ($P < 0,05$). Para o nível 120 mg de zinco/kg de ração, alteração nos valores
325 desse coeficiente não foi observado com suplementação de arginina ($P > 0,05$). Considerando o
326 fator arginina, observou-se que os níveis de zinco suplementar influenciaram de forma
327 quadrática ($P < 0,05$) o coeficiente de retenção de zinco das dietas, sendo que no nível 1% de
328 arginina o valor mínimo, para esse coeficiente, foi verificado em 53,74 mg de zinco/kg de ração
329 e, para o nível 2% de arginina, o ponto de mínima foi em 49,75 mg de zinco/kg de ração,
330 conforme as equações, respectivamente, $\hat{Y} = 41,70 - 0,9781x + 0,0091x^2$ ($R^2 = 1,00$); $\hat{Y} = 31,32 -$
331 $1,015x + 0,0102x^2$ ($R^2 = 1,00$).

332 Sem a influência da arginina na resposta, o zinco alterou de forma quadrática ($P < 0,05$) os
333 teores de zinco ingerido, com o valor mínimo obtido em 31,82 mg, segundo a equação: $\hat{Y} = 9,80$
334 $- 0,070x + 0,0011x^2$ ($R^2 = 1,00$). O zinco excretado, também respondeu de forma quadrática,
335 segundo a equação: $\hat{Y} = 6,17 + 0,064x - 0,0004x^2$ ($R^2 = 1,00$), apresentando o valor máximo com
336 80,00 mg de zinco/kg de ração. A variável zinco ingerido foi, ainda, influenciada pelos níveis de
337 arginina das dietas e, maior consumo de zinco foi observado nas aves que receberam 1% de
338 suplementação, comparado às aves que receberam 2% de arginina ($P < 0,05$).

339 Na comparação do tratamento controle com os demais, verificou-se que as aves que não
340 receberam suplementação de zinco e arginina nas dietas tiveram maior consumo de zinco e
341 maior coeficiente de retenção de zinco ($P < 0,05$) do que aquelas que receberam 1% e 2% de
342 arginina associados ou não a 60 mg de zinco/kg de ração; e apresentaram, menores valores de

343 zinco ingerido e de zinco excretado ($P < 0,05$) do que as aves que receberam 1% e 2% de arginina
344 combinados a 120 mg de zinco/kg, e a 60 mg de zinco/kg de ração, respectivamente.

345

346 *Composição química, deposição de nutrientes na carcaça e qualidade da cama*

347 Não houve interação entre os níveis de zinco e arginina testados para a composição da
348 matéria seca, da proteína bruta, da matéria mineral, do extrato etéreo, da energia bruta e do zinco
349 na carcaça das aves aos 21 dias de idade (Tabela 8). O zinco e a arginina, de forma independente,
350 promoveram alterações na composição da matéria seca das carcaças ($P < 0,05$).

351 A suplementação do mineral nas dietas, influenciou de forma quadrática ($P < 0,05$) o
352 percentual de matéria seca na carcaça das aves, com ponto de valor máximo obtido com 56,67
353 mg de zinco/kg de ração, segundo a equação: $\hat{Y} = 28,39 + 0,034x - 0,0003x^2$ ($R^2 = 1,00$).
354 Maiores valores de matéria seca na carcaça foram verificados nas aves que receberam
355 suplementação de 1% de arginina, comparado às aves que receberam 2% do aminoácido nas
356 dietas ($P < 0,05$). Os demais parâmetros da composição da carcaça não foram influenciados nem
357 pelo zinco, nem pelos níveis de arginina ($P > 0,05$)

358 Interação foi observada entre os níveis de zinco e arginina para a deposição de zinco na
359 carcaça ($P < 0,05$), mas essa resposta não foi verificada para o conteúdo de matéria seca, de
360 proteína bruta, de matéria mineral, de extrato etéreo e de energia bruta depositados na carcaça
361 das aves aos 21 dias de idade ($P > 0,05$) (Tabela 9). No desdobramento da interação, constatou-se
362 que para o nível 0 mg de zinco/kg de ração, o fornecimento de 1% de arginina proporcionou
363 maior deposição de zinco na carcaça das aves comparado ao nível 2% de suplementação
364 ($P < 0,05$). Nos demais níveis de zinco não houve efeito da suplementação de arginina sobre a
365 variável ($P > 0,05$). Considerando o fator arginina, observou-se que, para o nível 1% de inclusão,
366 houve redução linear ($P < 0,05$) na deposição de zinco na carcaça, com o aumento da

367 suplementação do mineral nas dietas, conforme a equação: $\hat{Y} = 11,84 - 0,014x$ ($R^2 = 0,76$). Já
368 para no nível 2% de arginina, o zinco suplementar não influenciou a deposição do mineral na
369 carcaça das aves ($P>0,05$). Para os demais parâmetros avaliados da deposição na carcaça não
370 houve influência dos níveis de zinco suplementares ($P>0,05$).

371 A suplementação de 1% de arginina nas dietas proporcionou maior deposição de matéria
372 seca, de matéria mineral, e de energia bruta nas aves que receberam essa suplementação,
373 comparadas às aves que receberam 2% do aminoácido nas dietas ($P<0,05$). Quando o maior nível
374 de arginina (2%) foi adicionado às dietas, em associação a 60 mg de zinco/kg de ração, menores
375 deposições de matéria seca, de energia bruta e de zinco foram observadas na carcaça dessas aves,
376 comparadas às das aves do tratamento controle ($P<0,05$).

377 Não houve interação entre os níveis de zinco e arginina suplementados ($P>0,05$) para o
378 teor de amônia volatilizada, o pH e a umidade da cama das aves, após 21 dias de alojamento
379 (Tabela 10). A arginina atuou de forma independente sobre as variáveis de qualidade da cama
380 ($P<0,05$). O nível 2% de suplementação promoveu maiores valores de amônia volatilizada e de
381 pH na cama das aves, comparado ao nível 1% de inclusão do aminoácido nas dietas ($P<0,05$).
382 Os níveis de zinco não interferiram nos parâmetros avaliados ($P>0,05$).

383

384 **Discussão**

385 *Condições ambientais nos galpões experimentais*

386 As temperaturas ambientais consideradas ideais para o máximo desempenho de frangos
387 de corte da linhagem Ross® 308, são: 30,0°C para a primeira, 26,0°C para a segunda e 24,0°C
388 para a terceira semana de vida das aves, considerando a umidade relativa do ar entre 60% e 70%
389 (AVIAGEN ROSS, 2014). O ITGU acima dos 80 pontos, registrados nos galpões do segundo

390 experimento, caracteriza segundo Oliveira et al. (2006), ambiente com temperaturas elevadas e
391 alto índice de desconforto térmico.

392 A partir da avaliação dos índices de conforto térmico, nos dois experimentos, pode-se
393 inferir que os frangos de corte foram submetidos a ambientes de estresse por calor, que apesar de
394 ter ocorrido de forma intermitente, foi capaz de promover alterações metabólicas, no corpo da
395 ave, como ajuste fisiológico para manutenção da homeotermia (SILVA et al., 2015).

396

397 *Metabolizabilidade dos nutrientes das dietas*

398 Na avaliação do consumo dos nutrientes e da energia das dietas, observou-se que, apesar
399 da suplementação de zinco e arginina não ter influenciado, significativamente, o consumo de
400 matéria seca, as pequenas variações ocorridas na ingestão de ração, pelas aves, foram suficientes
401 para reduzir o conteúdo de proteína bruta consumida. Sendo as rações isoproteicas e
402 isoenergéticas, esperava-se que, assim como verificado para a energia bruta consumida, o
403 consumo de proteína bruta não fosse alterado.

404 A suplementação de zinco nas dietas aumentou os conteúdos de matéria seca e de
405 proteína bruta excretados, reduzindo, assim, os seus coeficientes de metabolizabilidade. Os
406 menores coeficientes de metabolizabilidade da matéria seca e da proteína bruta das dietas
407 ocorreram em torno do nível 55 mg de zinco/kg de ração. Nessa concentração do mineral, houve
408 redução da fração digerível e assimilável do alimento, afetando diretamente a absorção de
409 proteína bruta pelo organismo, já que é na matéria seca onde os nutrientes estão contidos
410 (SILVA et al., 2009).

411 A inclusão de 1% de arginina, sem associação ao zinco, e de 1% e 2% de arginina
412 associados a 120 mg de zinco/kg de ração, propiciou aumento no coeficiente de
413 metabolizabilidade da matéria seca, mas o maior conteúdo de nutrientes assimilado foi

414 encaminhado para a manutenção e não para a produção. O zinco e a arginina suplementar
415 provocaram alterações metabólicas no organismo que demandaram mais energia para o
416 incremento calórico e isso pode ser constatado por meio da observação dos valores dos
417 coeficientes de metabolizabilidade da proteína e da energia bruta e das deposições de proteína e
418 de energia bruta na carcaça. A melhora no coeficiente de metabolizabilidade da matéria seca, nas
419 aves que receberam as suplementações, não incorreu em melhora no coeficiente de
420 metabolizabilidade da proteína bruta, por isso uma maior deposição do nutriente na carcaça não
421 foi observada, mas proporcionou aumento nos valores do coeficiente de metabolizabilidade da
422 energia bruta sem depósito extra de energia nas carcaças. Portanto, fica evidente que, parte do
423 conteúdo de proteína e de energia absorvido, foi utilizada para a manutenção e, seguramente, para a
424 manutenção da homeotermia, pois o calor gerado para metabolização do excesso de zinco e
425 arginina nas dietas teve que ser eliminado (STRINGHINI et al., 2007; SING et al., 2015).

426 O extrato etéreo ingerido reduziu com a suplementação de zinco e arginina nas dietas, de
427 forma associada ou não, e essa redução no consumo, sem alteração no teor de extrato etéreo
428 excretado, influenciou negativamente o seu coeficiente de metabolizabilidade. O pior coeficiente
429 de metabolizabilidade do extrato etéreo (77,97%) foi constatado no nível 56,92 mg de zinco/kg
430 de ração. Além disso, a suplementação de 2% de arginina nas dietas reduziu os valores desse
431 coeficiente nas aves que receberam a suplementação.

432 Pesquisas mostram que há melhora nos coeficientes de metabolizabilidade da matéria
433 seca, da proteína bruta e do extrato etéreo em frangos de corte que recebem dietas suplementadas
434 com zinco, pois o mineral estimula a secreção de enzimas digestivas pelo pâncreas tendo
435 importante papel no metabolismo dos carboidratos, proteínas e lipídeos (MONDAL et al., 2010;
436 TRINDADE NETO et al., 2010). No entanto, a absorção de zinco, pelas aves, depende da
437 maturidade do trato digestivo (SANTOS e FONSECA, 2012) e como, nesta pesquisa, as aves,

438 em fase inicial, ainda não apresentavam grande eficiência de digestão e absorção dos nutrientes
439 da dieta, o excesso de zinco no lúmen intestinal teve efeito contrário sobre esses.

440 Em virtude do papel da arginina em estimular as células β do pâncreas a secretar insulina,
441 esperava-se que a suplementação do aminoácido nas dietas, sem associação ao zinco, melhorasse
442 o coeficiente de metabolizabilidade da matéria seca e, conseqüentemente, os coeficientes de
443 metabolizabilidade dos demais nutrientes da dieta (STRINGHINI et al., 2007). Contudo, nem o
444 menor nível de suplementação do aminoácido promoveu melhorias nesses coeficientes, pelo
445 contrário, o maior consumo de arginina demandou mais energia para a excreção dos produtos
446 nitrogenados oriundos do seu catabolismo.

447 A redução observada no conteúdo de nitrogênio ingerido pelas aves que receberam dietas
448 suplementadas com zinco e arginina de forma associada, acompanhou o decréscimo no consumo
449 de proteína bruta. As aves que receberam 1% e 2% de arginina associados a 60 mg de zinco/kg
450 de ração, apresentaram os menores teores de nitrogênio ingerido, mas foram as que tiveram
451 maior excreção de nitrogênio, comparadas às aves do tratamento controle; o que significa dizer
452 que a retenção de nitrogênio, nesses níveis de suplementação, foi baixa e resultou em diminuição
453 na eficiência de utilização do elemento. De forma separada, o zinco, também, promoveu queda
454 na eficiência de utilização de nitrogênio pelas aves, sendo que o menor percentual (40,83%) foi
455 observado no nível 54,20 mg de zinco/kg de ração.

456 Alta retenção de nitrogênio ocorre quando os aminoácidos da dieta estão sendo utilizados
457 eficientemente pelo tecido em crescimento e, portanto, há absorção total dos aminoácidos
458 disponíveis. Por outro lado, quando a eficiência de utilização de nitrogênio é baixa, menos
459 aminoácidos são utilizados para a síntese proteica e maior conteúdo é disponibilizado como fonte
460 de energia, e isso está diretamente relacionado ao desbalanço entre aminoácidos da dieta
461 (ESPÍNDOLA, 2011). Então, pode-se inferir que o fornecimento de altos teores de zinco e

462 arginina nas dietas das aves, reduziu a disponibilidade de aminoácidos para o crescimento e
463 aumentou a utilização destes como fonte de energia para que o excesso fosse excretado como
464 ácido úrico, um processo que requer alta demanda energética.

465 As aves do tratamento controle apresentaram eficiência de utilização de nitrogênio
466 próxima à verificada por Longo et al. (2001), para frangos de corte, que é de 72%. A maior
467 retenção de nitrogênio nessas aves indica que a necessidade de aminoácidos para o crescimento
468 (síntese proteica) foi atendida por meio do consumo (NAMAZU et al., 2008).

469 A determinação da EMAn baseia-se no fato de que, em aves em crescimento, a proteína
470 retida no corpo da ave e, não catabolizada até os produtos de excreção nitrogenada, não contribui
471 para a energia das fezes e da urina (SAKOMURA; ROSTAGNO, 2007). Nesta pesquisa,
472 observou-se que quando 2% de arginina foram suplementados nas dietas, sem associação ao
473 zinco, menores valores de EMAn foram verificados, apontando que mais energia foi utilizada
474 para a excreção do excedente em aminoácidos, já que um menor conteúdo de energia foi retido
475 no corpo da ave, como pode ser verificado nos valores de deposição de energia bruta nas
476 carcaças.

477 Quando o zinco foi suplementado nas dietas, que apresentavam 1% e 2% de arginina, os
478 valores de EMAn foram aumentados e menos energia foi perdida para os processos metabólicos
479 e para a manutenção da homeotermia. Segundo Namazu et al. (2008) e Trindade Neto et al.
480 (2010), a suplementação de zinco, em dietas para frangos de corte, melhora a utilização da
481 energia dietética, pois além de ser depositada em maiores quantidades nas carcaças, parte da
482 energia é encaminhada para a manutenção da imunidade. Como nesta pesquisa, a energia que
483 não foi perdida, não foi utilizada nos processos indicados por esses autores, supõe-se que o zinco
484 tenha estimulado maior acúmulo de energia na forma de gordura abdominal (TRINDADE NETO
485 et al., 2010).

486 A redução observada no teor de zinco ingerido, pelas aves, em função da suplementação de
487 zinco e arginina nas dietas levou à queda no coeficiente de retenção do mineral e foi
488 proporcionada pela interação entre os níveis desses nutrientes. A absorção de zinco pelas aves,
489 além de depender da maturidade e integridade intestinal, é influenciada pela presença de
490 inibidores e potencializadores de absorção nas dietas. Na presença de inibidores, a eficiência de
491 absorção de zinco diminui para 15,0% a 40,0%, dependendo do antagonista (FERNANDES,
492 2010), mas altos níveis de zinco, também, podem reduzir a eficiência de utilização do mineral e
493 aumentar a sua excreção, estando as aves expostas ou não a um agente estressor (YOGESH et
494 al., 2013). Então, a partir dos resultados observados, verificou-se que a arginina suplementar
495 inibiu a absorção de zinco, assim como a inclusão do mineral nas dietas, sendo o pior efeito,
496 sobre a absorção, demonstrado quando os dois nutrientes foram suplementados de forma
497 associada.

498 O efeito antagônico do excesso de arginina sobre a absorção do zinco foi identificado logo
499 quando, no menor nível de suplementação do aminoácido, sem associação ao mineral, o
500 coeficiente de retenção de zinco das dietas foi menor comparado ao das aves do tratamento
501 controle, evidenciando que a arginina apresentou taxa de passagem e/ou absorção aumentada
502 comparando-se a outros componentes da dieta, e por isso o alto nível do aminoácido exerceu
503 efeito antagonista na absorção do zinco (COLEMAN et al., 1971). Apenas quando 120 mg de
504 zinco/kg de ração foi suplementado nas dietas, o coeficiente de retenção de zinco foi mantido
505 próximo à normalidade, mesmo quando 2% de arginina foi adicionada.

506 Segundo Santos e Fonseca (2012), o consumo normal de zinco por ave varia de 7,0 mg a
507 15,0 mg de zinco/kg de ração, a excreção total é de 3,0 mg a 4,6 mg de zinco/kg de ração, então
508 o coeficiente de retenção de zinco, dentro dos padrões, varia entre 57% e 70%. Com base nessas
509 informações, verificou-se que apenas as aves do tratamento controle e as que receberam dietas

510 suplementadas com 1% e 2% de arginina combinados a 120 mg de zinco/kg de ração,
511 apresentaram valores próximos aos preconizados pelos autores. No entanto, em virtude da
512 suplementação desses níveis de zinco e arginina nas dietas não terem promovido melhora nos
513 coeficientes de metabolizabilidade dos nutrientes e, ainda, terem aumentado a demanda
514 energética para a eliminação de seus excedentes do organismo, a associação não deve ser
515 utilizada.

516 Ao estudar o efeito da suplementação de zinco sobre o coeficiente de retenção do mineral,
517 em dietas de frangos de corte, em fase inicial, mantidos em ambiente de alta temperatura, Burrell
518 et al. (2004) verificaram melhor coeficiente de retenção de zinco (70%), quando suplementaram
519 as dietas com 20 mg de zinco/kg de ração, mas o valor do coeficiente foi diminuído (51%)
520 quando o fornecimento foi aumentado para 80 mg de zinco/kg de ração, sugerindo que a
521 suplementação de zinco nas dietas dessas aves pode melhorar o coeficiente de retenção do
522 mineral, desde que a inclusão seja feita em níveis próximos à exigência nutricional.

523

524 *Composição química, deposição de nutrientes na carcaça e qualidade da cama*

525 Os efeitos negativos da suplementação de zinco e arginina nas dietas, sobre os coeficientes
526 de metabolizabilidade da proteína bruta, do extrato etéreo, da energia bruta e sobre o coeficiente
527 de retenção de zinco, não promoveram alterações na composição química desses nutrientes, e da
528 energia, na carcaça dos frangos de corte aos 21 dias de idade; exceto sobre a composição
529 química da matéria seca, que foi menor nas aves que receberam 2% de arginina nas dietas. Isso é
530 justificado pelo fato de frangos de corte, em fase inicial, apresentarem alta taxa de crescimento,
531 portanto, mesmo com a redução na absorção dos nutrientes e com a alta demanda energética para
532 a manutenção da homeotermia, estes foram encaminhados de forma prioritária para os tecidos
533 (VASCONCELLOS et al., 2010).

534 As diferenças na composição química da matéria seca, com a suplementação de arginina
535 nas dietas, refletiram sobre a sua deposição na carcaça. O menor percentual de matéria seca nas
536 aves, que receberam 2% de arginina nas dietas, indica que essas apresentavam maior conteúdo
537 de água na carcaça, comparadas às aves que receberam 1% de arginina, do mesmo modo que as
538 aves que receberam 2% de arginina combinados a 60 mg de zinco/kg de ração, comparadas às
539 aves do tratamento controle. Segundo Takeara et al. (2010), quanto menor o conteúdo de água na
540 carcaça, menos proteína e mais gordura estão sendo depositados. Entretanto, alterações na
541 deposição de proteína bruta e de extrato etéreo não foram verificados nas aves desta pesquisa.

542 Os esqueletos carbônicos resultantes da desaminação do excesso de arginina, assim como
543 altos teores de zinco, em dietas para frangos de corte, afetam o rendimento e a composição
544 química da carcaça aves, pois aumentam os depósitos de gordura nos tecidos e na cavidade
545 abdominal (MONTANHINI NETO et al., 2013; TRINDADE NETO et al., 2011). Essa relação
546 do excesso de zinco e arginina nas dietas com o aumento no teor de extrato etéreo na carcaça não
547 foi observada nos frangos de corte, aos 21 dias de idade. Porém, com maior período de
548 suplementação, os efeitos poderão ser evidenciados em virtude da redução nos depósitos de
549 matéria seca.

550 A redução na eficiência de utilização dos nutrientes, apresentada pelos animais que
551 receberam 2% de arginina nas dietas, e que foi expresso nos coeficientes de metabolizabilidade
552 dos nutrientes, diminuiu o depósito de matéria mineral na carcaça das aves, o que significa que
553 menos minerais foram direcionados para o tecido ósseo e que houve maior excreção destes na
554 cama (CAROLINO et al., 2014).

555 Tanto a diminuição no coeficiente de metabolizabilidade da energia bruta, proporcionado
556 pela suplementação de 2% de arginina nas dietas, quanto a interação negativa entre os níveis de
557 zinco e arginina testados, para o coeficiente de retenção de zinco, reduziram a deposição de

558 energia bruta e de zinco nas carcaças das aves, respectivamente. Os frangos de corte do
559 tratamento controle apresentaram melhores valores de deposição de energia bruta e de zinco na
560 carcaça, comparados aos que receberam 2% de arginina associado a 60 mg de zinco/kg de ração.

561 A resposta negativa da suplementação de 2% de arginina combinada a 60 mg de zinco/kg
562 de ração, não foi observada apenas para a deposição de energia bruta e de zinco nas carcaças,
563 mas foi verificada, também, na deposição de matéria seca e sobre os coeficientes de
564 metabolizabilidade da proteína bruta e do extrato etéreo, o balanço de nitrogênio e a eficiência de
565 utilização de nitrogênio das dietas, demonstrando que, dentre os níveis testados, esse foi o que
566 mais prejudicou a metabolizabilidade e a deposição de nutrientes na carcaça das aves aos 21 dias
567 de idade. Portanto, para aves mantidas em estresse por calor, deve-se priorizar o fornecimento de
568 dietas com conteúdo de aminoácidos balanceados e sem excesso de zinco, pois essa prática se
569 traduz em melhor eficiência de utilização dos nutrientes e da energia da dieta e em carcaças com
570 o aporte de nutrientes adequados (VASCONCELLOS et al., 2011), como pode ser constatado
571 nas aves do tratamento controle.

572 Na observação das variáveis de qualidade da cama, verificou-se que a suplementação de
573 2% de arginina nas dietas das aves, proporcionou maiores teores de amônia volatilizada nos
574 galpões, resultado do aumento da excreção nitrogenada pela desaminação do aminoácido em
575 excesso. A amônia é um gás incolor e irritante às mucosas, sendo formado a partir da
576 decomposição microbiana do ácido úrico eliminado pelas aves. Altos níveis de amônia no
577 ambiente (acima de 0,6 mg/kg), predispõe a ave a doenças respiratórias e prejudica os processos
578 fisiológicos de trocas gasosas com o meio, especialmente para manutenção da homeotermia
579 (OLIVEIRA et al., 2003). Como os níveis de amônia, lançados nos galpões, não foram
580 considerados tóxicos, a saúde das aves e as perdas de calor por meio do processo evaporativo
581 respiratório não foram prejudicadas.

582 Maiores valores de pH foram verificados na cama das aves que receberam 2% de arginina
583 nas dietas, mas a umidade da cama não foi alterada nem pelos níveis de zinco, nem pelos níveis
584 de arginina suplementar. Segundo Oliveira et al. (2005) o pH e a umidade da cama
585 desempenham importante papel na volatilização da amônia. O pH da cama de frangos de corte é
586 em torno de 7,0 a 8,5 e, quanto maior for o pH e a umidade da cama, menor será a conversão de
587 NH_3 , que é volátil, em NH_4^+ , que não volatiliza. Então, mesmo que o pH da cama das aves, que
588 receberam o maior nível do aminoácido básico nas dietas, estivesse dentro do preconizado pelos
589 autores, a suplementação de 2% de arginina nas dietas, reduziu a capacidade retenção de
590 nitrogênio na cama e aumentou a liberação de amônia para os galpões, e isso foi confirmado no
591 resultado da concentração de amônia volatilizada.

592 Apesar da suplementação de zinco nas dietas das aves não ter influenciado as variáveis de
593 qualidade da cama, Kim e Patterson (2004), ao adicionar 1.500 mg de zinco/kg de ração nas
594 dietas de frangos de corte, na fase inicial, observaram que, após 21 dias de alojamento, a cama
595 das aves, que receberam a suplementação, apresentavam menores perdas de nitrogênio, portanto
596 maior retenção de nitrogênio no material, quando comparadas às aves que não receberam a
597 suplementação. Os autores relataram que o zinco não só pareceu inibir a atividade da urease
598 microbiana, mas, também, reduziu a atividade de outras enzimas microbianas relacionadas com a
599 produção de amônia na cama das aves, diminuindo a sua volatilização.

600 Em síntese, a suplementação de zinco e arginina, de forma associada ou não em dietas para
601 frangos de corte, em fase inicial, mantidos em ambiente de alta temperatura, reduz os
602 coeficientes de metabolizabilidade dos nutrientes e da energia bruta, o balanço de nitrogênio e a
603 eficiência de utilização do nitrogênio das dietas. A suplementação de 2% de arginina prejudica a
604 deposição de matéria seca, de energia bruta e de zinco na carcaça das aves e, ainda, aumenta o
605 teor de amônia volatilizada nos galpões. Para melhores resultados dessas variáveis, as dietas

606 devem apresentar somente os teores de zinco e arginina sugeridos pelas tabelas de exigências
607 nutricionais para o máximo desempenho de frangos de corte, em fase inicial de criação.

608

609 **Referências**

610 AOAC., 1995: *Official methods of analysis of the association of official analytical chemists*
611 *international*, (16 ed.), Arlington, USA.

612

613 AVIAGEN ROSS, 2014: *Ross Broiler Management Manual*. Disponível em:
614 <[http://pt.aviagen.com/assets/Tech_Center/Ross_Broiler/Ross-Broiler-Handbook-2014i-](http://pt.aviagen.com/assets/Tech_Center/Ross_Broiler/Ross-Broiler-Handbook-2014i-EN.pdf)
615 [EN.pdf](http://pt.aviagen.com/assets/Tech_Center/Ross_Broiler/Ross-Broiler-Handbook-2014i-EN.pdf)> Acesso em: 26 de fevereiro de 2017.

616

617 BUFFINGTON, D. E.; COLAZZO-AROCHO, A.; CANTON, G. H.; PITT, D.; THATCHER,
618 W. W.; COLLIER, R. J., 1981: Black globe-humidity index (BGHI) as comfort equation for
619 dairy cows. *Transactions of the A.S.A.E.* **24**, 711-714.

620

621 BURRELL, A. L.; DOZIER, W. A.; DAVIS, A. J.; COMPTON, M. M.; FREEMAN, M.E.;
622 VENDRELL, P. F.; WARD, T. L., 2004: Responses of broilers to dietary zinc concentrations
623 and sources in relation to environmental implications. *British Poultry Science* **45**, 255–263.

624

625 CAROLINO, A. C. X. G.; SILVA, M. C. A.; LITZ, F. H.; FAGUNDES, N. S.; FERNANDES,
626 E. A., 2014: Rendimento e composição de carcaça de frangos de corte alimentados com dietas
627 contendo sorgo grão inteiro. *Bioscience Journal* **30**, 1139-1148.

628

629 CASSUCE, D. C.; TINÔCO, I. F. F.; BAÊTA, F. C.; ZOLNIER, S.; CECON, P. R.; VIEIRA,
630 M. F. A., 2013: Thermal comfort temperature update for broiler chickens up to 21 days of age.
631 *Engenharia Agrícola* **33**, 28-36.

632

633 COLEMAN, B. W.; REIMANN, E. M.; GRUMMER, R. H.; SUNDE, M. L.; HOEKSTRA, W.
634 G., 1971: Antagonistic effect of arginine on zinc metabolism in chicks. *Journal of Nutrition* **101**,
635 1695-1702.

636

637 ESPÍNDOLA, G. B., 2011: *Revisão dos parâmetros não zootécnicos aplicados em nutrição de*
638 *monogástricos*. Expressão Gráfica e Editora. 168 p.

639

640 FERNANDES, J. I. M.; MURAKAMI, A. E., 2010: Arginine metabolism in uricotelic species.
641 *Acta Scientiarum. Animal Sciences* **32**, 357-366.

642

643 HERNANDES, R. H.; GAZETTA, J. O., 2001: Método simples e acessível para determinar
644 amônia liberada pela cama aviária. *Revista Brasileira de Zootecnia* **30**, 824-829.

645

646 KIM, W. K.; PATTERSON, P. H., 2004: Effects of dietary zinc supplementation on broiler
647 performance and nitrogen loss from manure. *Poultry Science* **83**, 34 – 38.

648

649 LONGO, F. A.; SAKOMURA, N. K.; FIGUEIREDO, A. N.; RABELLO, C. B.; FERRAUDO,
650 A. S., 2001: Equações de predição das exigências proteicas para frangos de corte. *Revista*
651 *Brasileira de Zootecnia* **30**, 1521-1530.

652

653 MATTERSON, L. D., POTTER, L. M., STUTZ, M. W., 1965: *The metabolizable energy of feed*
654 *ingredients for chickens*. Storrs: The University of Connecticut, Agricultural Experiment Station,
655 1965. 11p.

656

657 MAPA - MINISTÉRIO DA AGRICULTURA PECUÁRIA E ABASTECIMENTO.
658 *Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal - RIISPOA*,
659 Brasília, DF, 1997.

660

661 MONDAL, S.; HALDAR, S.; SAHA, P.; GHOSH, T. K., 2010: Metabolism and tissue
662 distribution of trace elements in broiler chickens' fed diets containing deficient and plethoric
663 levels of copper, manganese, and zinc. *Biological Trace Element Research* **137**,190–205.

664

665 MONTANHINI NETO, R.; CECCANTINI, M. L.; FERNANDES, J. I. M, 2013: Effects of
666 methionine source, arginine: lysine ratio and sodium chloride level in the diets of grower broilers
667 reared under high-temperature conditions. *Brazilian Journal of Poultry Science* **15**, 151-160.

668

669 NAMAZU, L. B.; KOBASHIGAWA, E.; ALBUQUERQUE, R.; SCHAMMASS, E. A.;
670 TAKEARA, P.; TRINDADE NETO, M. A., 2008: Lisina digestível e zinco quelado para frangos
671 de corte machos: desempenho e retenção de nitrogênio na fase pré-inicial. *Revista Brasileira de*
672 *Zootecnia* **37**, 1634-1640.

673

674 OLIVEIRA, M. C.; ALMEIDA, C. V.; ANDRADE, D. O.; RODRIGUES, S. M. M., 2003: Teor
675 de matéria seca, ph e amônia volatilizada da cama de frango tratada ou não com diferentes
676 aditivos. *Revista Brasileira Zootecnia* **32**, 951-954.

677

678 OLIVEIRA, M.C.; BENTO, E. A.; CARVALHO, F. I.; RODRIGUES, S. M. M., 2005:
679 Características da cama e desempenho de frangos de corte criados em diferentes densidades
680 populacionais e tipos de cama. *Ars Veterinária* **21**, 303-310.

681

682 OLIVEIRA, R. F. M.; DONZELE, J. L.; ABREU, M. L. T.; FERREIRA, R. A.; VAZ, R. G. M.:
683 V.; CELLA, P. S. 2006: Efeitos da temperatura e da umidade relativa sobre o desempenho e o
684 rendimento de cortes nobres de frangos de corte de 1 a 49 dias de idade. *Revista Brasileira de*
685 *Zootecnia* **35**, 797-803.

686

687 PMT - PREFEITURA MUNICIPAL DE TERESINA. Secretaria Municipal de Planejamento e
688 Coordenação. *Caracterização do município de Teresina*. Teresina, 2015. Disponível em:
689 <[http://semplan.teresina.pi.gov.br/wp-content/uploads/2015/02/TERESINA-](http://semplan.teresina.pi.gov.br/wp-content/uploads/2015/02/TERESINA-Caracteriza%C3%83%C2%A7%C3%83%C2%A3o-do-Munic%C3%83-pio-2015.pdf)
690 *Caracteriza%C3%83%C2%A7%C3%83%C2%A3o-do-Munic%C3%83-pio-2015.pdf*> Acesso
691 em: 19 de março de 2017.

692

693 ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; DONZELE, J. L.; GOMES, P. C.; OLIVEIRA, R. F.;
694 LOPES, D. C.; FERREIRA, A. S.; BARRETO, S. L. T.; EUCLIDES, R. F., 2011 *Tabelas*
695 *brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais*. (3 ed.) ,
696 Universidade Federal de Viçosa: Viçosa. 252p.

- 697 SAHIN, K.; SAHIN, N.; KUCUK, O.; HAYIRLI, A.; PRASAD, A. S., 2009: Role of dietary
698 zinc in heat-stressed poultry: A review. *Poultry Science* **88**, 2176–2183.
699
- 700 SANTOS, C.; FONSECA, J., 2012: Zinco: fisiopatologia, clínica e nutrição. *Associação*
701 *Portuguesa de Nutrição Entérica e Parentérica* **6**, 01-09.
702
- 703 SAKOMURA, N. K.; ROSTAGNO, H. S., 2007: *Métodos de pesquisa em nutrição de*
704 *monogástricos*. Funep: Jaboticabal. 283p.
705
- 706 SIBBALD, I. R.; SLINGER, S. J., 1963: A biological assay for metabolizable energy in poultry
707 feed ingredients together with findings which demonstrate some of the problems associated with
708 the evaluation of fats. *Poultry Science* **42**, 313-325.
709
- 710 SILVA, D. J.; QUEIROZ, C., 2002: *Análise de alimentos (Métodos químicos e biológicos)*.
711 Universidade Federal de Viçosa: Viçosa. 235p.
712
- 713 SILVA, E. P.; SILVA, D. A. T.; RABELLO, C. B.; LIMA, R. B.; LIMA, M. B.; LUDKE, J. V.,
714 2009: Composição físico-química e valores energéticos dos resíduos de goiaba e tomate para
715 frangos de corte de crescimento lento. *Revista Brasileira de Zootecnia* **38**, 1051-1058.
716
- 717 SILVA, G. C.; NASCIMENTO, M. R. B. M.; PENHA-SILVA, N.; FERNANDES, E. A.;
718 VILELA, D. R.; SOUTO, M. M. 2015: Suplementação com zinco e selênio em frangos de corte
719 submetidos a estresse cíclico de calor. *Revista Ceres* **62**, 372-378.
720
- 721 SING, A. K.; GHOSH, T. K.; HALDAR, S., 2015: Effects of Methionine Chelate- or Yeast
722 Proteinate-Based Supplement of Copper, Iron, Manganese and Zinc on Broiler Growth
723 Performance, Their Distribution in the Tibia and Excretion into the Environment. *Biologic Trace*
724 *Element Research* **164**, 253–260.
725
- 726 STRINGHINI, J. H.; CRUZ, C. P.; THON, M. S.; ANDRADE, M. A.; LEANDRO, N. S. M.;
727 CAFÉ, M. B., 2007: Níveis de arginina e lisina digestíveis na dieta de frangos de corte na fase
728 pré-inicial. *Revista Brasileira de Zootecnia* **36**, 1083-1089 (supl.).
729
- 730 TAKEARA, P.; TOLEDO, A. L.; GANDRA, E. R. S.; ALBUQUERQUE, R.; TRINDADE
731 NETO, M. A., 2010: Lisina digestível para frangos de corte machos entre 12 e 22 dias de idade.
732 *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia* **62**, 1455-1461.
733
- 734 TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S. J., 1995:
735 *Análise de solo, plantas e outros materiais*. (2 ed.) Universidade Federal do Rio Grande do Sul:
736 Porto Alegre, 174p.
737
- 738 THON, M. S.; STRINGHINI, J. H.; JARDIM FILHO, R. M.; ANDRADE, M. A.; CAFÉ, M. B.;
739 LEANDRO, N. S. M., 2010: Níveis de proteína e de arginina digestível na ração pré-inicial de
740 frangos de corte. *Revista Brasileira de Zootecnia* **39**, 1105-1111.
741
- 742 TRINDADE NETO, M. A.; KOBASHIGAWA, E.; NAMAZU, L. B.; TAKEARA, P.;
743 ARAÚJO, L. F.; ALBUQUERQUE, R., 2010: Lisina digestível e zinco orgânico para frangos de
744 corte machos na fase de 22 a 42 dias de idade. *Revista Brasileira de Zootecnia* **39**, 2460-2470.

745 TRINDADE NETO, M. A.; NAMAZU, L. B.; KOBASHIGAWA, E.; TAKEARA, P.;
746 DONATO, D. C. Z.; ALBUQUERQUE, R., 2011: Digestible lysine and organic zinc for male
747 broiler from 1 to 11 days of age: performance and body composition. *Revista Brasileira de*
748 *Zootecnia* **40**, 602-608.
749
750 VASCONCELLOS, C. H. F.; FONTES, D. O.; LARA, L. J. C.; VIDAL, T. Z. B.; SILVA, M.
751 A.; SILVA, P.C., 2011: Determinação da energia metabolizável e balanço de nitrogênio de dietas
752 com diferentes teores de proteína bruta para frangos de corte. *Arquivo Brasileiro de Medicina*
753 *Veterinária e Zootecnia* **63**, 659-669.
754
755 VASCONCELLOS, C. H. F.; FONTES D. O.; VIDAL, T. Z. B.; LARA, L. J. C.; RODRIGUES,
756 P. B.; VASCONCELOS, R. J. C., 2010: Efeito de diferentes níveis de proteína bruta sobre o
757 desempenho e composição de carcaça de frangos de corte machos de 21 a 42 dias de idade.
758 *Ciência e Agrotecnologia* **34**, 1039-1048.
759
760 YOGESH, K.; CHANDRA, D. E. O; SHRIVASTAVA, H. P.; MANDAL, A. B.; WADHWA,
761 A.; SINGH, I., 2013: Growth performance, carcass yield, and immune competence of broiler
762 chickens as influenced by dietary supplemental zinc sources and levels. *Agricultural Research* **2**,
763 270–274.
764
765
766
767
768
769
770
771
772
773
774
775
776
777
778
779
780
781
782
783
784
785
786
787
788
789
790
791
792

793 **Legenda das Tabelas**

- 794
- 795 **Tabela 1** Composição percentual e calculada das dietas experimentais dos frangos de corte na
796 fase de 1 a 7 dias de idade
- 797 **Tabela 2** Composição percentual e calculada das dietas experimentais dos frangos de corte na
798 fase de 8 a 21 dias de idade
- 799 **Tabela 3** Condições ambientais observadas durante os períodos experimentais
- 800 **Tabela 4** Consumo, excreção e coeficiente de metabolizabilidade da matéria seca (CM_{MS}) e da
801 proteína bruta (CM_{PB}) de dietas, suplementadas com zinco e arginina, para frangos de
802 corte, na fase inicial
- 803 **Tabela 5** Consumo, excreção e coeficiente de metabolizabilidade do extrato etéreo (CM_{EE}) e da
804 energia bruta (CM_{EB}) de dietas, suplementadas com zinco e arginina, para frangos de
805 corte, na fase inicial
- 806 **Tabela 6** Balanço de nitrogênio (BN), eficiência de utilização do nitrogênio (EUN) e energia
807 metabolizável aparente corrigida para o balanço de nitrogênio (EMAn) de dietas,
808 suplementadas com zinco e arginina, para frangos de corte, na fase inicial
- 809 **Tabela 7** Consumo, excreção e coeficiente de retenção de zinco (CR_{ZN}) de dietas, suplementadas
810 com zinco e arginina, para frangos de corte, na fase inicial
- 811 **Tabela 8** Composição química da carcaça de pintos de 1 dia e de frangos de corte aos 21 dias de
812 idade, alimentados com dietas suplementadas com zinco e arginina
- 813 **Tabela 9** Composição química da carcaça de pintos de 1 dia e deposição de nutrientes na carcaça
814 de frangos de corte aos 21 dias de idade, alimentados com dietas suplementadas com
815 zinco e arginina
- 816 **Tabela 10** Quantidade de amônia volatilizada, pH e umidade da cama de frangos de corte,
817 alimentados com dietas suplementadas com zinco e arginina, após 21 dias de
818 alojamento

819

820

821

822

824 **Tabela 1** Composição percentual e calculada das dietas experimentais dos frangos de corte na
825 fase de 1 a 7 dias de idade

Ingredientes (%)	Controle	Níveis de Arginina (%) / Níveis de Zinco (mg/kg)					
		1/0	1/60	1/120	2/0	2/60	2/120
Milho (7,88%)	56,334	60,847	60,847	60,847	64,000	64,000	64,000
Farelo de soja 48%	36,867	31,735	31,735	31,735	26,779	26,779	26,779
Óleo de soja	2,259	1,401	1,401	1,401	1,003	1,003	1,003
Fosfato bicálcico	1,880	1,930	1,930	1,930	1,985	1,985	1,985
Calcário calcítico	0,871	0,876	0,876	0,876	0,880	0,880	0,880
NaCl	0,508	0,508	0,508	0,508	0,509	0,509	0,509
L-Lisina - HCL (99%)	0,109	0,241	0,241	0,241	0,371	0,371	0,371
DL-Metionina (99%)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
L-Triptofano (98%)	0,000	0,001	0,001	0,001	0,030	0,030	0,030
Treonina (98,5%)	0,104	0,179	0,179	0,179	0,255	0,255	0,255
Valina (98,5%)	0,068	0,162	0,162	0,162	0,256	0,256	0,256
Premix vitamínico, mineral e aminoacídico*	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Material inerte	0,000	0,120	0,060	0,000	0,932	0,872	0,812
Zinco (Availa Zn 100) [†]	0,000	0,000	0,060	0,120	0,000	0,060	0,120
L-Arginina (89,03%) [‡]	0,000	1,000	1,000	1,000	2,000	2,000	2,000
TOTAL	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Composição calculada							
Proteína bruta (%)	22,400	22,400	22,400	22,400	22,400	22,400	22,400
EM (kcal/kg)	2,960	2,960	2,960	2,960	2,960	2,960	2,960
Lisina digestível (%)	1,324	1,324	1,324	1,324	1,324	1,324	1,324
Metionina digestível (%)	0,656	0,632	0,632	0,632	0,607	0,607	0,607
Metionina + cistina digestível (%)	0,963	0,914	0,914	0,914	0,862	0,862	0,862
Triptofano digestível (%)	0,253	0,225	0,225	0,225	0,225	0,225	0,225
Treonina digestível (%)	0,861	0,861	0,861	0,861	0,861	0,861	0,861
Valina digestível (%)	1,020	1,020	1,020	1,020	1,020	1,020	1,020
Cálcio (%)	0,920	0,920	0,920	0,920	0,920	0,920	0,920
Fósforo disponível (%)	0,470	0,470	0,470	0,470	0,470	0,470	0,470
Sódio (%)	0,220	0,220	0,220	0,220	0,220	0,220	0,220
Zinco [§] (mg/kg)	88,628	87,299	147,299	207,299	85,757	145,757	205,757
Arginina digestível [¶] (%)	1,393	2,132	2,132	2,132	2,871	2,871	2,871

826 *Níveis de garantia por kg do produto: ácido fólico: 115,20 mg; ácido pantotênico: 1.264,80 mg; biotina: 6,32 mg;
827 selênio: 30,40 mg; cobre: 1.000,00 mg; zinco: 6.000,00 mg; colina: 50,00 g; ferro: 4.000,00 mg; iodo: 100,00 mg;
828 manganês: 7.000,00 mg; niacina: 4.024,80 mg; nicarbazina: 12,5 g; enramicina: 1.000,00 mg; vitamina A:
829 920.000,00 UI; vitamina B1: 206,40 mg; vitamina B12: 1.500,00 mcg; vitamina B2: 690,40 mg; vitamina B6:
830 298,40 mg; vitamina D3: 230.000,00 UI; vitamina E: 1.954,40 UI; vitamina K3: 230,40 mg; lisina: 110,00 g;
831 metionina: 350,00 g. Recomendação: 10 kg/ tonelada de ração.

832 [†] Complexo Zinco Aminoácido. Níveis de garantia por kg do produto: 100.000,00 mg/kg. Recomendação para aves:
833 400 g/tonelada de ração.

834 [‡] L-Arginina HCl ou L-Arginina Cloridrato (Arginina Monohydrochloride).

835 [§] Quantidade total de zinco nas rações (zinco dos alimentos + óxido de zinco + complexo zinco aminoácido).

836 [¶] Quantidade total de arginina nas rações (arginina dos alimentos + L-arginina).

837 **Tabela 2** Composição percentual e calculada das dietas experimentais dos frangos de corte na
838 fase de 8 a 21 dias de idade

Ingredientes (%)	Controle	Níveis de Arginina (%) / Níveis de Zinco (mg/kg)					
		1/0	1/60	1/120	2/0	2/60	2/120
Milho (7,88%)	58,573	63,081	63,081	63,081	66,000	66,000	66,000
Farelo de soja 48%	34,125	28,995	28,995	28,995	24,081	24,081	24,081
Óleo de soja	3,171	2,315	2,315	2,315	1,997	1,997	1,997
Fosfato bicálcico	1,534	1,585	1,585	1,585	1,643	1,643	1,643
Calcário calcítico	0,906	0,912	0,912	0,912	0,912	0,912	0,912
NaCl	0,483	0,483	0,483	0,483	0,484	0,484	0,484
L-Lisina - HCL (99%)	0,102	0,234	0,234	0,234	0,363	0,363	0,363
DL-Metionina (99%)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
L-Triptofano (98%)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,028	0,028	0,028
Treonina (98,5%)	0,072	0,147	0,147	0,147	0,223	0,223	0,223
Valina (98,5%)	0,034	0,128	0,128	0,128	0,222	0,222	0,222
Premix vitamínico, mineral e aminoacídico*	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Material inerte	0,000	0,120	0,060	0,000	1,047	0,987	0,927
Zinco (Availa Zn 100) [†]	0,000	0,000	0,060	0,120	0,000	0,060	0,120
L-Arginina (89,03%) [‡]	0,000	1,000	1,000	1,000	2,000	2,000	2,000
TOTAL	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Composição calculada							
Proteína bruta (%)	21,200	21,200	21,200	21,200	21,200	21,200	21,200
EM (kcal/kg)	3.050	3.050	3.050	3.050	3.050	3.050	3.050
Lisina digestível (%)	1,217	1,217	1,217	1,217	1,217	1,217	1,217
Metionina digestível (%)	0,603	0,579	0,579	0,579	0,553	0,553	0,553
Metionina + cistina digestível (%)	0,896	0,847	0,847	0,847	0,795	0,795	0,795
Triptofano digestível (%)	0,237	0,208	0,208	0,208	0,207	0,207	0,207
Treonina digestível (%)	0,791	0,791	0,791	0,791	0,791	0,791	0,791
Valina digestível (%)	0,937	0,937	0,937	0,937	0,937	0,937	0,937
Cálcio (%)	0,841	0,841	0,841	0,841	0,841	0,841	0,841
Fósforo disponível (%)	0,401	0,401	0,401	0,401	0,401	0,401	0,401
Sódio (%)	0,210	0,210	0,210	0,210	0,210	0,210	0,210
Zinco [§] (mg/kg)	87,881	86,552	146,552	206,552	84,978	144,978	204,978
Arginina digestível [¶] (%)	1,312	2,050	2,050	2,050	2,790	2,790	2,790

839 *Níveis de garantia por kg do produto: ácido fólico: 100,00 mg; ácido pantotênico: 1.100,00 mg; biotina: 5,52 mg;
840 selênio: 30,40 mg; cobre: 1.000,00 mg; zinco: 6.000,00 mg; colina: 47,50 g; ferro: 4.000,00 mg; iodo: 100,00 mg;
841 manganês: 7.000,00 mg; niacina: 3.500,00 mg; nicarbazina - narasina 5.000,00 mg / 5.000,00 mg; enramicina:
842 1.000,00 mg; vitamina A: 800.000,00 UI; vitamina B1: 180,00 mg; vitamina B12: 1.304,00 mcg; vitamina B2:
843 600,00 mg; vitamina B6: 260,00 mg; vitamina D3: 200.000,00 UI; vitamina E: 1.700,00 UI; vitamina K3: 200,00
844 mg; lisina: 80,00 g; metionina: 310,00 g. Recomendação: 10 kg/ tonelada de ração.

845 [†]Complexo Zinco Aminoácido. Níveis de garantia por kg do produto: 100.000,00 mg/kg. Recomendação para aves:
846 400 g/tonelada de ração.

847 [‡]L-Arginina HCl ou L-Arginina Cloridrato (Arginina Monohydrochloride).

848 [§]Quantidade total de zinco nas rações (zinco dos alimentos + óxido de zinco + complexo zinco aminoácido).

849 [¶]Quantidade total de arginina nas rações (arginina dos alimentos + L-arginina).

850
851
852

853 **Tabela 3** Condições ambientais observadas durante os períodos experimentais*

Experimento 1					
Temperatura (°C)			Umidade Relativa (%)		
	Máxima	Mínima	Média		
	38,83 ± 0,82	26,25 ± 1,47	54,50 ± 0,81		
Experimento 2					
Semana	Temperatura (°C)		Umidade Relativa (%)		ITGU [†]
	Máxima	Mínima	Máxima	Mínima	
1 ^a	38,75 ± 0,51	24,84 ± 0,42	71,21 ± 0,81	29,79 ± 1,95	81,97 ± 1,54
2 ^a	38,15 ± 0,70	25,41 ± 0,30	73,29 ± 4,84	29,71 ± 4,54	82,39 ± 0,62
3 ^a	38,38 ± 0,97	25,61 ± 0,97	74,07 ± 4,59	28,43 ± 5,51	81,84 ± 1,45
Média	38,43 ± 0,73	25,29 ± 0,56	72,86 ± 3,41	29,31 ± 4,00	82,07 ± 1,20

855 *Valores médios.

856 †Índice de Temperatura de Globo e Umidade.

857
858
859
860
861
862
863
864
865
866
867
868
869
870
871
872
873
874
875
876
877
878
879
880
881
882
883
884
885
886
887
888

889 **Tabela 4** Consumo, excreção e coeficiente de metabolizabilidade da matéria seca (CM_{MS}) e da
 890 proteína bruta (CM_{PB}) de dietas, suplementadas com zinco e arginina, para frangos de
 891 corte, na fase inicial

Variáveis	Controle*	Arginina (%)	Zinco (mg/kg)			Média†	CV (%)	Valor P‡	
			0	60	120			L	Q
Matéria seca ingerida (g/dia)	79,59	1	75,91	78,11	78,49	77,50a	6,63	0,5530	0,6545
		2	76,13	76,95	76,17	76,42a			
Média			76,02	77,53	77,33				
Matéria seca excretada (g/dia)	20,06*	1	17,55*	20,54	17,68*	18,59a	7,16	0,5337	<0,0001
		2	17,33*	20,75	16,72*	18,33a			
Média			17,45	20,64	17,20				
CM _{MS} (%)	74,75*	1	76,86*	73,70	77,47*	76,01a	1,29	0,0857	<0,0001
		2	75,97	73,02	77,21*	75,27a			
Média			76,42	73,36	77,35				
Proteína bruta ingerida (g/dia)	18,52*	1	16,27*	15,95*	18,08	16,76a	6,69	0,1483	0,0797
		2	16,75	16,20*	16,49*	16,48a			
Média			16,51	16,07	17,28				
Proteína bruta excretada (g/dia)	5,70*	1	5,55	6,70*	5,21	5,82a	7,70	0,1103	<0,0001
		2	5,66	7,10*	5,34	6,04a			
Média			5,61	6,90	5,28				
CM _{PB} (%)	69,08*	1	65,74	57,86*	71,14	64,91a	5,07	0,0251	<0,0001
		2	66,03	56,04*	67,62	63,23a			
Média			65,88	56,95	69,38				

892 *Médias seguidas de asterisco diferem, do tratamento controle, pelo teste de Dunnett (P<0,05).

893 †Médias seguidas de mesma letra minúscula, na coluna, para uma mesma variável, não diferem entre si pelo teste de Tukey
 894 (P>0,05).

895 ‡L, Q: efeitos de ordem linear e quadrática relativos à inclusão de zinco na dieta.

896
897
898
899
900
901
902
903
904
905
906
907
908
909

910 **Tabela 5** Consumo, excreção e coeficiente de metabolizabilidade do extrato etéreo (CM_{EE}) e da
 911 energia bruta (CM_{EB}) de dietas, suplementadas com zinco e arginina, para frangos de
 912 corte, na fase inicial

Variáveis	Controle*	Arginina (%)	Zinco (mg/kg)			Média [†]	CV (%)	Valor P [‡]	
			0	60	120			L	Q
Extrato etéreo ingerido (g/dia)	5,41*	1	4,05*	3,82*	4,21*	4,03a	6,59	0,2314	0,0008
		2	3,87*	3,43*	4,01*	3,77b			
		Média	3,96	3,62	4,11				
Extrato etéreo excretado (g/dia)	0,68	1	0,62	0,63	0,60	0,61a	14,36	0,6948	0,7144
		2	0,64	0,69	0,70	0,68a			
		Média	0,63	0,65	0,65				
CM _{EE} (%)	85,82*	1	84,71	83,63	85,79	84,71a	2,61	0,6992	0,0444
		2	82,66	79,63*	82,61	81,81b			
		Média	83,80	81,85	84,20				
Energia bruta ingerida (kcal)	355,79	1	329,98	351,12	343,32	341,47a	6,60	0,3176	0,1161
		2	326,62	342,20	332,80	333,87a			
		Média	328,30	346,66	338,06				
Energia bruta excretada (kcal)	67,83*	1	59,46*	70,30	62,48	64,08a	6,92	0,5005	<0,0001
		2	61,07	67,81	55,61*	61,53a			
		Média	60,18	69,05	59,04				
CM _{EB} (%)	80,89*	1	81,97a	79,97a	81,78a	81,24	1,04	0,6586	0,0002
		2	80,29b	80,14a	82,60a*	80,90			
		Média	81,13	80,06	82,15				

913 *Médias seguidas de asterisco diferem, do tratamento controle, pelo teste de Dunnett (P<0,05).

914 †Médias seguidas de mesma letra minúscula, na coluna, para uma mesma variável, não diferem entre si pelo teste de Tukey
 915 (P>0,05).

916 ‡L, Q: efeitos de ordem linear e quadrática relativos à inclusão de zinco na dieta.

917
918
919
920
921
922
923
924
925
926
927
928
929
930
931

932 **Tabela 6** Balanço de nitrogênio (BN), eficiência de utilização do nitrogênio (EUN) e energia
 933 metabolizável aparente corrigida para o balanço de nitrogênio (EMAn) de dietas,
 934 suplementadas com zinco e arginina, para frangos de corte, na inicial

Variáveis	Controle*	Arginina (%)	Zinco (mg/kg)			Média†	CV (%)	Valor P‡	
			0	60	120			L	Q
Nitrogênio ingerido (g)	2,81*	1	2,49*	2,43*	2,76	2,56a	6,68	0,1784	0,0761
		2	2,54	2,45*	2,50*	2,50a			
		Média	2,52	2,44	2,63				
Nitrogênio excretado (g)	0,84*	1	0,80	0,99*	0,76	0,85a	8,01	0,1857	<0,0001
		2	0,83	1,04*	0,79	0,89a			
		Média	0,82	1,02	0,78				
BN (g)	1,97*	1	1,68*	1,44*	1,99	1,70a	9,37	0,0572	<0,0001
		2	1,71	1,41*	1,70	1,61a			
		Média	1,70	1,43	1,85				
EUN (%)	70,00*	1	67,37	59,17*	72,25	66,26a	4,48	0,0386	<0,0001
		2	67,17	57,35*	68,25	64,26a			
		Média	67,27	58,26	70,25				
EMAn (kcal/kg)	3.412,50*	1	3.381,65a	3.443,26a	3.368,48b	3.397,80	1,24	0,3627	0,0001
		2	3.260,03b*	3.413,56a	3.455,32a	3.376,30			
		Média	3.320,84	3.428,41	3.411,90				

935 *Médias seguidas de asterisco diferem, do tratamento controle, pelo teste de Dunnett (P<0,05).

936 †Médias seguidas de mesma letra minúscula, na coluna, para uma mesma variável, não diferem entre si pelo teste de Tukey
 937 (P>0,05).

938 ‡L, Q: efeitos de ordem linear e quadrática relativos à inclusão de zinco na dieta.

939
 940
 941
 942
 943
 944
 945
 946
 947
 948
 949
 950
 951
 952
 953
 954
 955
 956
 957
 958
 959
 960
 961
 962

963 **Tabela 7** Consumo, excreção e coeficiente de retenção de zinco (CR_{ZN}) de dietas, suplementadas
 964 com zinco e arginina, para frangos de corte, na fase inicial

Variáveis	Controle*	Arginina (%)	Zinco (mg/kg)			Média†	CV (%)	Valor P‡	
			0	60	120			L	Q
Zinco ingerido (mg/kg)	14,49*	1	10,70*	9,84*	17,43*	12,66a	6,33	<0,0001	<0,0001
		2	8,91*	9,31*	17,06*	11,76b			
Média			9,80	9,58	17,24				
Zinco excretado (mg/kg)	6,87*	1	6,23	8,26*	7,67	7,39a	7,19	<0,0001	<0,0001
		2	6,12	8,65*	7,54	7,44a			
Média			6,17	8,46	7,61				
CR _{ZN} (%)	52,48*	1	41,70a*	15,91a*	55,91a	37,84	10,12	<0,0001	<0,0001
		2	31,32b*	6,99b*	55,80a	31,37			
Média			36,51	11,45	55,86				

*Médias seguidas de asterisco diferem, do tratamento controle, pelo teste de Dunnett (P<0,05).

†Médias seguidas de mesma letra minúscula, na coluna, para uma mesma variável, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P>0,05).

‡L, Q: efeitos de ordem linear e quadrática relativos à inclusão de zinco na dieta.

965
966
967
968
969
970
971
972
973
974
975
976
977
978
979
980
981
982
983
984
985
986
987
988
989
990
991
992
993
994
995
996
997
998
999

1000 **Tabela 8** Composição química da carcaça de frangos de corte aos 21 dias de idade, alimentados
 1001 com dietas suplementadas com zinco e arginina

Variáveis	Controle	Arginina (%)	Zinco (mg/kg)			Média*	CV (%)	Valor P [†]	
			0	60	120			L	Q
MS (%)	29,15	1	28,82	30,08	27,88	28,93a	4,81	0,2217	0,0376
		2	27,95	28,34	27,26	27,85b			
Média			28,39	29,21	27,57				
PB (%)	52,73	1	53,99	52,63	54,05	53,56a	8,08	0,8596	0,3162
		2	55,11	53,48	55,71	54,77a			
Média			54,55	53,05	54,88				
MM (%)	8,87	1	9,04	7,98	8,96	8,66a	12,51	0,3058	0,3572
		2	7,72	8,48	8,82	8,34a			
Média			8,38	8,23	8,89				
EE (%)	34,53	1	32,61	36,58	33,76	34,32a	14,87	0,9363	0,1689
		2	33,12	34,67	32,32	33,37a			
Média			32,87	35,63	33,04				
EB (kcal/kg)	6.234,42	1	6.048,58	6.332,15	6.183,23	6.187,99a	3,75	0,5875	0,4063
		2	6.206,16	6.130,83	6.185,25	6.174,08a			
Média			6.127,40	6.231,50	6.184,20				
Zn (%)	0,0058	1	0,0060	0,0054	0,0056	0,0057a	11,88	0,5780	0,0990
		2	0,0053	0,0052	0,0060	0,0055a			
Média			0,0056	0,0053	0,0058				

1002 Legenda: MS – Matéria Seca; PB – Proteína Bruta; MM – Matéria Mineral; EE – Extrato Etéreo; EB – Energia Bruta; Zn – Zinco
 1003 (resultados expressos na matéria seca).

1004 *Médias seguidas de mesma letra minúscula, na coluna, para uma mesma variável, não diferem entre si pelo teste de Tukey
 1005 (P>0,05).

1006 †L, Q: efeito de ordem linear e quadrática, respectivamente, relativos ao efeito de zinco.
 1007

1008

1009

1010

1011

1012

1013

1014

1015

1016

1017

1018

1019

1020

1021

1022

1023 **Tabela 9** Composição química da carcaça de pintos de 1 dia e deposição de nutrientes na carcaça
 1024 de frangos de corte aos 21 dias de idade, alimentados com dietas suplementadas com
 1025 zinco e arginina

<i>Pintos de 1 dia de idade</i>									
	MS (g)	PB (g)	MM (g)	EE (g)	EB (kcal)	Zn (mg/kg)			
	6,64	3,89	0,56	1,57	40,57	0,49			
<i>Frangos de corte aos 21 dias de idade</i>									
Variáveis	Controle*	Arginina (%)	Zinco (mg/kg)			Média [†]	CV (%)	Valor P [‡]	
			0	60	120			L	Q
MS (g)	200,55*	1	203,97	197,29	188,08	196,45a	6,66	0,2782	0,8214
		2	180,51	176,95*	181,31	179,59b			
Média			192,24	187,12	184,69				
PB (g)	105,16	1	109,74	103,79	101,25	104,93a	10,79	0,4967	0,3784
		2	99,19	94,10	100,89	98,06a			
Média			104,46	101,07	98,95				
MM (g)	17,71	1	18,47	15,77	16,91	17,05a	14,49	0,8116	0,3709
		2	13,85	14,99	15,97	14,94b			
Média			16,16	15,38	16,44				
EE (g)	70,42	1	67,08	72,74	64,24	68,02a	16,38	0,6755	0,2717
		2	60,55	62,36	59,22	60,71a			
Média			63,81	67,55	61,73				
EB (kcal)	1.253,62*	1	1.233,87	1.248,33	1.163,24	1.215,15a	7,51	0,4562	0,8672
		2	1.121,70	1.085,74*	1.122,24	1.109,89b			
Média			1.177,78	1.167,04	1.142,74				
Zn (mg/kg)	11,47*	1	12,10a	10,48a	10,45a	11,01	12,50	0,0350	0,2024
		2	9,42b	9,07a*	10,82a	9,77			
Média			10,76	9,77	10,63				

1026 Legenda: MS – Matéria Seca; PB – Proteína Bruta; MM – Matéria Mineral; EE – Extrato Etéreo; EB – Energia Bruta; Zn – Zinco
 1027 (resultados expressos na matéria seca).

1028 *Médias seguidas de asterisco diferem, do tratamento controle, pelo teste de Dunnett (P<0,05).

1029 †Médias seguidas de mesma letra minúscula, na coluna, para uma mesma variável, não diferem entre si pelo teste de Tukey
 1030 (P>0,05).

1031 ‡L, Q: efeitos de ordem linear e quadrática relativos à inclusão de zinco na dieta.

1032
 1033
 1034
 1035
 1036
 1037
 1038
 1039
 1040
 1041
 1042
 1043
 1044

1045 **Tabela 10** Quantidade de amônia volatilizada, pH e umidade da cama de frangos de corte,
 1046 alimentados com dietas suplementadas com zinco e arginina, após 21 dias de
 1047 alojamento

Variáveis	Controle	Arginina (%)	Zinco (mg/kg)			Média*	CV (%)	Valor P [†]	
			0	60	120			L	Q
Amônia Volatilizada (mg/kg)	0,29	1	0,23	0,08	0,32	0,21b	47,27	0,6174	0,0998
		2	0,49	0,34	0,29	0,37a			
Média			0,36	0,21	0,31				
pH	7,84	1	6,98	7,32	7,64	7,31b	6,73	0,3736	0,5749
		2	7,98	7,62	7,78	7,79a			
Média			7,48	7,47	7,71				
Umidade (%)	25,69	1	25,37	23,82	20,05	23,08a	31,43	0,0836	0,6556
		2	33,74	25,73	25,73	28,40a			
Média			29,55	24,78	22,89				

1048 *Médias seguidas de mesma letra minúscula, na coluna, para uma mesma variável, não diferem entre si pelo teste de Duncan
 1049 (P>0,05).

1050 †L, Q: efeito de ordem linear e quadrática, respectivamente, relativos ao efeito de zinco.

1051
 1052
 1053
 1054
 1055
 1056
 1057
 1058
 1059
 1060
 1061
 1062
 1063
 1064
 1065
 1066
 1067
 1068
 1069
 1070

5 CAPÍTULO III

Artigo Científico

Zinco e arginina sobre a bioquímica sérica, a resposta imune, a morfometria intestinal e a resistência da pele de frangos de corte em estresse por calor

Zinco e arginina sobre a bioquímica sérica, a resposta imune, a morfometria intestinal e a resistência da pele de frangos de corte em estresse por calor

S. Natyelle de Oliveira Almendra¹, J. Batista Lopes²

¹ Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Maranhão, Maranhão, Brasil

² Departamento de Zootecnia, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Piauí, Piauí, Brasil

Resumo

Objetivou-se avaliar o efeito da suplementação de zinco e arginina sobre a bioquímica sérica, peso de órgãos digestivos e linfoides, morfometria da bolsa cloacal e da mucosa intestinal do duodeno, do jejuno e do íleo, além da ação desses nutrientes sobre o empenamento, a resistência e a histomorfometria da pele de frangos de corte (*Gallus gallus domesticus* L.), no período de 1 a 21 dias de idade, mantidos em ambiente de estresse por calor. 700 pintos de corte machos foram alimentados com dietas suplementadas com complexo zinco aminoácido em três níveis: 0 mg, 60 mg e 120 mg de zinco/kg de ração, em associação a dois níveis de L-arginina: 1% e 2%. O conteúdo de proteínas totais, albumina, globulina, a relação albumina: globulina, níveis de aspartato aminotransferase (AST), de creatina quinase e de ácido úrico permaneceram inalterados com a adição de zinco e arginina nas dietas, mas os níveis alanina aminotransferase (ALT) foram aumentados em resposta as alterações nos pesos absoluto e relativo do fígado proporcionadas pelos nutrientes testados. A suplementação associada de zinco e arginina não modificou o peso do pâncreas e não melhorou a absorção de nutrientes no duodeno, no jejuno e no íleo. Redução no peso do timo, no empenamento e na espessura da derme ocorreram em função da suplementação do zinco. A inclusão de 2% de arginina nas dietas aumentou a espessura da derme das aves, mas não alterou o peso dos órgãos linfoides e a morfometria da bolsa cloacal. A suplementação de zinco e arginina de forma associada, nas dietas, não melhora a bioquímica sérica, a resposta imune, a morfometria intestinal e a resistência da pele de frangos de corte, na fase inicial de criação, mantidos em ambiente de estresse por calor.

29 **Palavras-chave** derme, epiderme, fibroblastos, órgãos digestivos, órgãos linfoides, resistência
30 da pele.

31
32 **Correspondência** Snaylla Natyelle de Oliveira Almendra, Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do
33 Maranhão – Campus Grajaú, Maranhão, Brasil. Endereço: BR 226, S/N, Bairro Vila Nova, Grajaú - Maranhão,
34 Brasil, CEP: 65.940-000; Tel: +55 86999627569; +55 999981293958; E-mails: snaylla.almendra@ifma.edu.br,
35 snaylla@gmail.com.

36

37 **Introdução**

38 Os frangos de corte são intensamente criados e geneticamente selecionados para máxima
39 produção e alta rentabilidade econômica. No entanto, quando mantidos em ambiente de alta
40 temperatura, além de limitação na expressão do potencial genético, para obtenção de melhores
41 resultados de desempenho, apresentam imunocompetência reduzida em virtude da baixa
42 disponibilidade de nutrientes no sangue, que, também, levam a alterações nas concentrações
43 plasmáticas de proteínas totais, albumina, globulinas e glicose (LANGANÁ et al., 2007).

44 Reforçar o sistema imunitário por meio da utilização de nutrientes funcionais como o
45 zinco e a arginina, nas dietas, pode ser um meio eficiente de melhorar o desempenho de aves
46 mantidas em condições ambientais adversas. Enquanto o mineral estimula a produção de células
47 T do timo, aumentando o peso desse órgão e, mantém a integridade da mucosa intestinal inibindo
48 a infecção por agentes patogênicos (TANG et al., 2014; KAKHKI et al., 2016), o aminoácido
49 arginina, que atua na síntese proteica e no desenvolvimento intestinal, melhora a absorção de
50 nutrientes e promove melhores relações viloso:cripta no duodeno, no jejuno e no íleo
51 (MONTANHINI NETO et al., 2013).

52 A arginina é um modulador imunológico essencial para as aves, principalmente em fase
53 inicial de criação, mas que precisa ser fornecida por meio das dietas, pois, em espécies
54 uricotélicas, o ciclo bioquímico da ureia não é funcional, ficando as mesmas impossibilitadas de
55 sintetizar arginina (FERNANDES e MURAKAMI, 2010). Por estar envolvida na produção de
56 óxido nítrico, principal mediador citotóxico de células imunes, a arginina aumenta a atividade

57 fagocitária de macrófagos e reduz a depleção nos linfócitos imaturos da bolsa cloacal,
58 aumentando o percentual de área cortical e promovendo melhores relações área cortical: área
59 medular nesse órgão linfoide (MURAKAMI et al., 2014).

60 Além de proporcionarem melhor status imunológico, o zinco e a arginina melhoram o
61 empenamento e a resistência da pele de frangos de corte (CORZO et al., 2003; LAI et al., 2010;
62 SALIM et al., 2012a). Entretanto, pesquisas apontam que os níveis nutricionais exigidos pelo
63 organismo para melhora nessas variáveis são superiores aos níveis exigidos para maximizar a
64 digestão e absorção de nutrientes e a taxa de crescimento das aves (MOGHADDAM e
65 JAHANIAN, 2009; EMADI et al., 2011).

66 Compreender como as necessidades de zinco e arginina destinadas à manutenção do
67 sistema imune se relacionam com o nível exigido para o crescimento, torna-se essencial para se
68 definir o melhor nível de associação desses nutrientes nas dietas, especialmente, para aves
69 submetidas a altas temperaturas ambientais. Então, objetivou-se avaliar o efeito da
70 suplementação de zinco e arginina sobre a bioquímica sérica, peso de órgãos digestivos e
71 linfoides, morfometria da bolsa cloacal e da mucosa intestinal do duodeno, do jejuno e do íleo,
72 empenamento, bem com a resistência e a histomorfometria da pele de frangos de corte, no
73 período de 1 a 21 dias de idade, mantidos em ambiente de estresse por calor.

74

75 **Material e Métodos**

76 A pesquisa foi conduzida nos galpões de Avicultura do Departamento de Zootecnia, do
77 Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Piauí (DZO/CCA/UFPI), em Teresina -
78 Piauí - Brasil, nos meses de novembro e dezembro de 2015, após ser aprovado pelo Comitê de
79 Ética no Uso de Animais em Experimentação da UFPI (Parecer de Aprovação n°. 087/12).

80 A cidade de Teresina situada na latitude 05° 05' 21'' sul e longitude 42° 48' 07'' oeste,
81 apresenta, de acordo com a classificação de Köppen, clima Aw, ou seja, do tipo tropical úmido, com
82 inverno seco e índices pluviométricos bastantes irregulares. Está localizada próxima à linha do
83 equador, o que favorece a difusão do calor por convecção e resulta no registro de temperaturas
84 médias de 29,3°C, umidade relativa do ar média de 60% e precipitação média abaixo dos 50 mm,
85 nos meses mais quentes do ano (setembro a dezembro) (PMT, 2015).

86 No experimento foram utilizados 700 pintos de corte, machos, da linhagem Ross® 308,
87 com um dia de idade, vacinados contra as doenças de Marek e Gumboro no incubatório. O
88 delineamento experimental adotado foi o em blocos casualizados, em esquema fatorial 3 x 2 + 1,
89 sendo três níveis de zinco, associados a dois níveis de arginina, uma dieta controle e cinco
90 repetições. Foram distribuídas 20 aves por repetição, com peso inicial médio de 48,0 ± 3,32
91 gramas. Os galpões de alojamento constituíram os blocos.

92 Os frangos de corte receberam duas dietas isoproteicas e isoenergéticas, à base de milho e
93 farelo de soja, uma na fase pré-inicial - 1 a 7 dias (Tabela 1) e outra na fase inicial - 8 a 21 dias
94 (Tabela 2), conforme o atendimento das exigências nutricionais preconizadas por Rostagno et al.
95 (2011). As dietas dos tratamentos teste foram suplementadas com zinco na forma de complexo
96 zinco aminoácido em três níveis: 0 mg, 60 mg e 120 mg de zinco/kg de ração, os quais foram
97 testados em associação a dois níveis de L-arginina: 1% e 2%, adicionados, em substituição ao
98 material inerte (caulim).

99 A densidade de alojamento foi de oito aves/m² e cada unidade experimental era dotada de
100 comedouro tubular e bebedouro automático pendular, localizados em galpão de alvenaria coberto
101 de telhas de cerâmica, piso cimentado e cortinas nas laterais. Os galpões foram equipados com
102 ventiladores e nebulizadores, os quais foram acionados, diariamente, a partir do sétimo dia de
103 vida das aves, das 11h00min às 19h00min. O fornecimento de água e ração foi à vontade.

104 Diariamente, às 08h00min e às 16h00min, informações sobre a temperatura e a umidade
105 relativa do ar foram registradas, usando-se termômetros de máxima e mínima, de bulbo seco e
106 bulbo úmido e de globo negro, mantidos no centro do galpão. Os dados foram, posteriormente,
107 convertidos em Índice de Temperatura de Globo e Umidade (ITGU), conforme proposto por
108 Buffington et al. (1981). O programa de luz adotado foi o contínuo (24 horas de luz natural +
109 artificial) utilizando lâmpadas incandescentes de 60 W.

110 Na avaliação do perfil bioquímico sérico, duas aves de cada repetição, totalizando dez
111 aves por tratamento, foram selecionadas para coleta de sangue no 20º dia de experimento. Por
112 punção na veia jugular, 3 mL de sangue foram coletados, depois de coagulados e centrifugados
113 para obtenção do soro e armazenados a -20°C, para posteriores análises de proteínas totais,
114 albumina, alanina aminotransferase (ALT), aspartato aminotransferase (AST), creatina quinase,
115 glicose e ácido úrico, utilizando-se kits enzimáticos comerciais em analisador bioquímico Bio-
116 200F, Bioplus®, conforme protocolo do fabricante. O conteúdo de globulinas no sangue foi
117 obtido pela diferença entre os níveis de proteínas totais e de albumina e, a relação albumina:
118 globulina, foi calculada a partir da razão entre as duas variáveis.

119 Após 21 dias de seu início, o experimento foi finalizado, as aves foram pesadas, e, as
120 duas que apresentaram peso vivo próximo da média das aves da repetição (dez aves por
121 tratamento) foram colocadas em jejum alimentar de 12 horas e abatidas conforme procedimento
122 de abate preconizado pelo Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de
123 Origem Animal – RIISPOA (MAPA, 1997), que inclui deslocamento cervical, sangria,
124 escaldagem, depenagem e evisceração.

125 Na avaliação do empenamento, as aves foram pesadas depois da sangria e após a
126 depenagem e, por diferença, foi calculado o peso das penas. Na determinação das variáveis de
127 resistência da pele, as aves, depois de abatidas, receberam um corte de, aproximadamente, dois

128 centímetros na região entre a sobrecoxa e o dorso, cujo corte foi medido com auxílio de um
129 paquímetro. Posteriormente, essas aves foram submetidas aos procedimentos de escaldagem e
130 depenagem, tendo a extensão do orifício medida novamente. A diferença de lesão, em
131 centímetros, foi calculada pela diferença entre a extensão do corte antes e após a depenagem,
132 considerando-se, quanto menor a diferença do corte, maior a resistência da pele.

133 O fígado e o pâncreas das aves foram coletados e pesados em balança analítica para
134 avaliação do peso absoluto. O peso relativo desses órgãos foi calculado dividindo-se o peso
135 absoluto pelo peso da ave em jejum e multiplicando-se o resultado obtido por 100. Os órgãos
136 linfoides (timo, baço e bolsa cloacal), também, foram coletados e pesados em balança analítica
137 de precisão para avaliação do peso absoluto. A bolsa cloacal após pesada, foi armazenada em
138 solução de formol a 10% tamponado para posterior análise morfométrica no Laboratório de
139 Patologia Animal do CCA/UFPI.

140 Uma amostra de, aproximadamente, 2 cm de comprimento, foi coletada de cada segmento
141 do intestino delgado das aves (duodeno, jejuno e íleo). Após a coleta, os fragmentos foram
142 lavados com água destilada para retirada do excesso de conteúdo luminal e, posteriormente,
143 imersos em solução de formol a 10% tamponado. Cerca de 2 cm² de pele foram retirados da coxa
144 direita de cada ave, imersos em solução de formol a 10% tamponado, e encaminhados para as
145 análises de histomorfometria.

146 Durante o processamento e preparo das lâminas, as amostras da bolsa cloacal, dos
147 segmentos intestinais e da pele foram desidratadas em soluções crescentes de álcool,
148 diafanizadas em xilol, incluídas em parafina, cortadas a 5 µm de espessura e coradas com
149 hematoxilina e eosina. A captura das imagens das avaliações morfométricas foram realizadas por
150 meio de câmara digital de alta resolução, acoplada a um microscópio e, as leituras foram feitas,

151 utilizando-se o analisador de imagem computadorizado Leica Qwin D-1000, versão 4.1
152 (Cambridge, UK).

153 A área total do parênquima e a área da zona medular da bolsa cloacal foram medidas
154 utilizando-se dez folículos bursais completos, sob aumento de 4X. Os folículos selecionados
155 foram circundados por uma linha, obtendo-se a área total do parênquima. Em seguida, a porção
156 medular do mesmo folículo foi delimitada, passando uma linha sobre a membrana basal que
157 dividia as duas áreas foliculares (MUNIZ et al., 2006). A área da zona cortical foi calculada
158 subtraindo-se a área medular da área total do parênquima de cada folículo. Já o percentual de
159 área cortical foi obtido pela razão entre a área cortical e a área total do parênquima, com o
160 resultado multiplicado por 100.

161 As medidas de altura do vilão, profundidade da cripta e largura do vilão foram realizadas
162 segundo Cunha et al. (2016). A altura do enterócito foi medida desde a base do enterócito até o
163 extremo de seus microvilos, no terço médio da altura do vilão. A espessura da parede foi aferida
164 do ápice do vilão até a superfície da serosa do segmento. A relação altura do vilão: profundidade
165 da cripta foi obtida pela razão entre essas variáveis. Todas as avaliações morfométricas do
166 intestino foram realizadas em dez campos por lâmina, sob aumento de 4X.

167 A espessura do estrato córneo da epiderme, a espessura da epiderme e a espessura da
168 derme foram mensuradas segundo Salim et al. (2012b), em três leituras por campo, sendo cinco
169 campos por lâmina, onde cada campo compreendia uma área de 2. 214. 784 μm^2 , totalizando 15
170 observações por animal, sob aumento de 20X. O número de células da epiderme e o número de
171 fibroblastos da derme foram contabilizados em dez campos por lâmina, considerando-se uma
172 observação por campo. Para o número de células da epiderme foram consideradas as células que
173 apresentavam núcleo bem definido em 1.000 μm de epiderme (largura), sob aumento de 40X. Os
174 fibroblastos foram quantificados em 250.000 μm^2 de área, sob aumento de 40X. Assim como a

175 variável diferença de lesão, as variáveis de histomorfometria da pele foram avaliadas para
176 predição do grau de resistência da pele.

177 Os valores de temperatura e a umidade relativa do ar, coletados durante todo o período
178 experimental, foram submetidos a cálculos de média e desvio padrão. As demais variáveis foram
179 avaliadas, estatisticamente, por meio de análise de variância e teste de regressão, bem como pelo
180 teste de SNK. No confronto de cada tratamento com a dieta controle, aplicou-se o teste de
181 Dunnett, segundo os procedimentos estatísticos do PROC GLM do software SAS (Statistical
182 Analysis System, versão 9.2.). Considerou-se o $\alpha = 0,05$.

183

184 **Resultados**

185 As temperaturas e as umidades relativas do ar, máximas e mínimas, com valores médios
186 de $38,43 \pm 0,73^{\circ}\text{C}$ e $25,29 \pm 0,56^{\circ}\text{C}$, respectivamente, e com o ITGU médio de $82,07 \pm 1,20$,
187 registrados durante as três primeiras semanas de vida das aves, mostram que o ambiente, no
188 interior dos galpões, era considerado desfavorável para a máxima expressão do potencial
189 genético dos frangos de corte (Tabela 3).

190 Na avaliação da bioquímica sérica das aves, aos 21 dias de idade, não se verificou
191 interação entre os níveis de zinco e arginina suplementados para as proteínas totais, a albumina, a
192 globulina, a ALT, a AST, a creatina quinase, a glicose e o ácido úrico dosados ($P > 0,05$) (Tabela
193 4). O zinco e a arginina, de forma separada, foram capazes de promover alterações nos níveis
194 séricos de ALT das aves ($P < 0,05$). A concentração de ALT foi aumentada tanto com a adição de
195 2% de arginina ($P < 0,05$), quanto, de forma linear ($P < 0,05$), com o aumento dos níveis de zinco
196 nas dietas, segundo a equação: $\hat{Y} = 9,293 + 0,052x$ ($R^2 = 0,72$).

197 Os níveis de glicose no sangue das aves, que receberam dietas suplementadas com 2% de
198 arginina associados a 120 mg de zinco/kg de ração, foram maiores quando comparados aos

199 níveis de glicose das aves do tratamento controle ($P < 0,05$). Os demais parâmetros avaliados não
200 foram influenciados nem pelos níveis zinco nem pelos de arginina ($P > 0,05$).

201 Na investigação de variáveis, que pudessem indicar de forma mais precisa, possíveis
202 danos hepáticos com a suplementação de zinco e arginina nas dietas das aves, observou-se
203 interação entre os nutrientes testados para o peso absoluto do fígado ($P < 0,05$), mas a interação
204 entre o zinco e a arginina não foi expressa no peso relativo do fígado e nos pesos absoluto e
205 relativo do pâncreas ($P > 0,05$) (Tabela 5).

206 O desdobramento da interação mostrou que, para o nível 60 mg de zinco/kg de ração, a
207 suplementação de 2% de arginina promoveu maior peso absoluto do fígado das aves que
208 receberam essa suplementação, comparada aos das aves que receberam 1% do aminoácido nas
209 dietas ($P < 0,05$). Nos demais níveis de zinco, a inclusão de arginina nas dietas não alterou a
210 resposta da variável ($P > 0,05$). Considerando o fator arginina, no nível 1% de suplementação,
211 houve efeito quadrático dos níveis de zinco ($P < 0,05$), sobre o peso desse órgão, com ponto de
212 valor mínimo em 75,44 mg de zinco/kg de ração, segundo a equação: $\hat{Y} = 20,58 - 0,1358x +$
213 $0,0009x^2$ ($R^2 = 1,00$). Verificou-se, ainda, que para o nível 2% de arginina houve efeito linear
214 ($P < 0,05$) dos níveis de zinco sobre o peso absoluto do fígado, que reduziu com o aumento dos
215 níveis de suplementação do mineral nas dietas, conforme a equação: $\hat{Y} = 22,78 - 0,037x$ ($R^2 =$
216 $0,98$).

217 Na avaliação do peso relativo do fígado, quando se levou em consideração o peso da ave
218 em jejum, observou-se que os fatores zinco e arginina contribuíram, separadamente, para as
219 modificações ocorridas nessa variável ($P < 0,05$). O peso relativo do fígado foi aumentado com a
220 suplementação de 2% de arginina nas dietas ($P < 0,05$) e reduzido, de forma linear ($P < 0,05$), com
221 a adição de zinco, segundo a equação $\hat{Y} = 2,518 - 0,0034x$ ($R^2 = 0,99$).

222 Na comparação do tratamento controle com os demais tratamentos teste, observou-se que
223 o peso absoluto do fígado das aves que receberam 1% de arginina associados a 60 mg de
224 zinco/kg de ração foi menor ($P<0,05$) e, o das aves que receberam 2% de arginina, sem
225 associação ao zinco ($P<0,05$), foi maior comparado ao peso absoluto do fígado daquelas que não
226 receberam suplementação desses nutrientes nas dietas. Com relação ao peso relativo do fígado,
227 maiores valores dessa variável foram verificados nas aves que receberam 2% de arginina, sem
228 adição de zinco nas dietas, comparado às aves do tratamento referência ($P<0,05$). As demais
229 variáveis avaliadas não foram influenciadas nem pelos níveis de zinco nem pelos de arginina
230 ($P>0,05$).

231 Não houve interação entre os níveis de zinco e arginina testados para os pesos do timo, do
232 baço e da bolsa cloacal, nem para a área total do parênquima, a área da zona medular, a área da
233 zona cortical e o percentual da área cortical, da bolsa cloacal, dos frangos de corte ($P>0,05$)
234 (Tabela 6). Na avaliação dos fatores, de forma separada, verificou-se que o fornecimento de
235 zinco nas dietas alterou de forma quadrática o peso do timo ($P<0,05$). Para o peso desse órgão, o
236 valor mínimo foi atingido no nível de 64,00 mg de zinco/kg de ração, segundo a equação $\hat{Y} =$
237 $2,64 - 0,0128x + 0,0001x^2$ ($R^2 = 1,00$). Os níveis de zinco e arginina não interferiram nos demais
238 parâmetros ($P>0,05$).

239 As medidas morfométricas da mucosa duodenal dos frangos de corte revelam que não
240 houve alteração na altura do vilão, na profundidade da cripta, na relação altura do vilão:
241 profundidade da cripta, na largura do vilão, na altura do enterócito e na espessura da parede, desse
242 segmento intestinal, proporcionado pela suplementação de zinco e a arginina nas dietas das aves.
243 Não houve interação entre esses nutrientes e nem foi constatado efeito individual dos mesmos
244 sobre as variáveis ($P>0,05$) (Tabela 7). Apenas no confronto do tratamento controle, com os
245 demais tratamentos, verificou-se menor profundidade da cripta nas aves que receberam

246 suplementação de 2% de arginina associados a 120 mg de zinco/kg de ração, quando comparado
247 aos valores observados para essa variável, nas aves do tratamento referência (P<0,05).

248 No jejuno, segmento de maior absorção intestinal, houve interação (P<0,05) entre os
249 níveis de zinco e arginina das dietas para a espessura da parede, porém para as variáveis altura
250 do vilão, profundidade da cripta, relação altura do vilão: profundidade da cripta, largura do vilão e
251 altura do enterócito, não houve interação, nem a ação destes nutrientes de forma separada
252 (P>0,05) (Tabela 8).

253 Na decomposição da interação, verificou-se que, para o nível 60 mg de zinco/kg de ração,
254 a suplementação de 1% de arginina foi mais efetiva em aumentar a espessura da parede intestinal
255 do jejuno das aves (P<0,05). Entretanto, efeito dos níveis de arginina, sobre a variável, não foi
256 observado para os demais níveis de zinco suplementados (P>0,05). Considerando o fator
257 arginina, no nível 1% de suplementação, efeito quadrático (P<0,05) dos níveis de zinco, sobre a
258 espessura da parede intestinal do jejuno, foi observado, com ponto de valor máximo no nível de
259 57,69 mg de zinco/kg de ração, segundo a equação: $\hat{Y} = 930,00 + 4,2923x - 0,0372x^2$ ($R^2 = 1,00$).
260 No nível 2% de suplementação, não houve interferência do zinco na espessura da parede
261 intestinal do jejuno (P>0,05).

262 A associação de 1% de arginina e 60 mg de zinco/kg de ração promoveu maior
263 espessamento da parede intestinal do jejuno dos frangos de corte, que receberam essa
264 suplementação, comparado às aves do tratamento controle (P<0,05).

265 Interação não foi observada (P>0,05), entre os níveis de zinco e arginina suplementados
266 nas dietas, para a altura do vilão, a profundidade da cripta, a relação altura do vilão: profundidade
267 da cripta, a largura do vilão, a altura do enterócito e a espessura da parede intestinal do íleo das
268 aves (Tabela 9). Apenas o zinco suplementar promoveu alterações na largura do vilão, na altura
269 do enterócito e na espessura da parede do segmento intestinal em questão, os quais aumentaram

270 de forma linear ($P < 0,05$), com a suplementação do mineral nas dietas das aves, segundo as
271 equações, respectivamente: $\hat{Y} = 70,971 + 0,109x$ ($R^2 = 0,80$), $\hat{Y} = 34,884 + 0,067x$ ($R^2 = 0,89$), \hat{Y}
272 $= 768,345 + 0,956x$ ($R^2 = 0,98$).

273 Não houve interação ($P > 0,05$) entre os níveis de zinco e arginina testados para o peso das
274 penas; a diferença de lesão; as espessuras do estrato córneo da epiderme, da epiderme e da
275 derme; o número de células da epiderme e o número de fibroblastos da pele das aves (Tabela
276 10). A ausência de interação entre os fatores, indica que eles atuaram de forma independente
277 sobre as variáveis e isso pode ser constatado por meio das alterações no peso das penas e na
278 espessura da derme, proporcionadas pelo zinco e pela arginina separadamente ($P < 0,05$).

279 Houve efeito quadrático ($P < 0,05$) dos níveis de zinco testados para o peso das penas, com
280 valor mínimo obtido no nível de 63,76 mg de zinco/kg de ração, segundo a equação: $\hat{Y} = 48,50 -$
281 $0,3188x + 0,0025x^2$ ($R^2 = 1,00$).

282 A adição de zinco nas dietas reduziu, de forma linear ($P < 0,05$), a espessura da derme das
283 aves, segundo a equação: $\hat{Y} = 628,400 - 0,725x$ ($R^2 = 0,91$). A arginina no nível 2% de
284 suplementação, proporcionou maiores valores, para essa variável, comparado ao nível 1% de
285 adição ($P < 0,05$). A espessura da derme das aves que receberam 2% de arginina, nas dietas, sem
286 associação ao zinco, foi superior à das aves do tratamento controle ($P < 0,05$).

287

288 **Discussão**

289 As temperaturas consideradas ideais, para a criação de frangos de corte da linhagem
290 Ross® 308, nas três primeiras semanas de vida das aves são, respectivamente: 30,0°C, 26,0°C e
291 24,0°C, para umidade relativa do ar entre 60% e 70% (AVIAGEN ROSS, 2014). Nesta pesquisa,
292 mesmo que as aves, na primeira e na segunda semana, tenham sido expostas, a temperaturas
293 abaixo das consideradas ideais para a manutenção da homeotermia, nos horários mais quentes do

294 dia, a temperatura ambiental ultrapassava a considerada crítica para a sobrevivência, que
295 segundo Nazareno et al. (2011), nesse período, está entre 32°C e 35°C, gerando grande
296 desconforto térmico por calor.

297 A caracterização ambiental deste estudo, como conduzido em ambiente de estresse por
298 calor, fica confirmada quando se observa o valor do ITGU, que permaneceu acima do
299 recomendado para as aves durante os 21 dias de experimento. Em condições de conforto térmico,
300 o ITGU deve apresentar-se entre 77,0 e 81,6 pontos, na primeira semana e entre 73,2 e 76,5
301 pontos para a segunda e terceira semana de vida das aves (OLIVEIRA et al., 2006).

302 A suplementação de zinco e arginina nas dietas não proporcionou melhorias nos teores de
303 proteínas totais, albumina e globulina no sangue das aves, não contribuindo, dessa forma, para o
304 aumento na resposta imunitária do organismo por meio dessas variáveis. Aumento nos níveis de
305 proteínas totais no sangue de frangos de corte, que recebem zinco nas dietas, é justificado pelo
306 fato deste mineral ser componente estrutural de grande número de enzimas, as quais participam
307 da síntese de proteínas e de ácidos nucleicos (FENG et al., 2010).

308 Os baixos valores de albumina, observados no sangue de todas as aves experimentais,
309 ocorreram em virtude das altas temperaturas ambientais, em que nem o zinco e nem a arginina
310 foram capazes de alterar essa resposta. Em condições de estresse por calor, a digestão e absorção
311 de nutrientes é prejudicada em função da redução no consumo de ração pela ave, como ajuste
312 fisiológico para manutenção da homeotermia, resultando em menor síntese de albumina no
313 fígado, conseqüentemente, menor liberação desta proteína transportadora para o sangue (HARR,
314 2002). Em aves, a albumina, proteína mais abundante do plasma sanguíneo, está presente em
315 concentrações que variam de 1,5 a 3,0 g/dL (THRALL, 2007).

316 A redução no conteúdo de albumina no sangue das aves proporcionou redução dos níveis
317 de proteínas totais e aumento na relação albumina: globulina. Em geral, valores de proteínas

318 totais abaixo de 2,5 g/dL e a relação albumina: globulina acima de 0,8 g/dL, estão associadas a
319 ocorrência de quadros de hipoalbuminemia e menores chances de recuperação frente a doenças
320 (LAGANÁ et al., 2007), entretanto, mesmo com esses índices reduzidos, as aves não
321 apresentaram disfunções hepáticas ou infecções, que pudessem ser identificadas por meio do
322 perfil bioquímico sérico.

323 Diferentemente da concentração de albumina e proteínas totais, os níveis séricos de
324 globulinas no sangue, excelente indicador de processo inflamatório, permaneceu dentro dos
325 padrões de normalidade (0,5 a 1,8 g/dL) (THRALL, 2007), o que significa, segundo González e
326 Silva (2006), uma adaptação das aves à situação de estresse, pois se não estivessem adaptadas os
327 níveis sérios de globulina estariam aumentados. A inexistência de grande variação entre a
328 concentração de globulinas no sangue das aves do tratamento controle e dos demais tratamentos,
329 significa que o fornecimento de zinco e arginina nas dietas não interferiu na proteção do corpo
330 pelos anticorpos humorais (imunoglobulinas), na manutenção da pressão osmótica do leito
331 vascular e no transporte de substâncias tais como: triglicerídeos, ácidos graxos, vitaminas e ferro
332 (BANKS, 1991).

333 Ao observar os efeitos da suplementação de arginina sobre a atividade hepática da ALT,
334 nota-se que o fornecimento de 2% do aminoácido, por meio das dietas, proporcionou aumento na
335 concentração dessa enzima no sangue, pela maior demanda da transaminase para o catabolismo
336 da arginina e no transporte de nitrogênio entre os órgãos (KANEKO et al., 2008). A
337 suplementação de zinco nas dietas, também, elevou o nível da enzima ALT no sangue, de modo
338 que a sua maior concentração foi observada em aves que receberam 120 mg de zinco/kg de
339 ração. Considerando que a ALT é liberada pelos hepatócitos lesados e, quando em alta
340 concentração, denota distúrbios hepáticos graves, pode-se presumir que tanto a arginina quanto o
341 zinco, promoveram alterações metabólicas no fígado, mas sem prejudicar as funções hepáticas,

342 pois os níveis de ALT se mantiveram dentro da normalidade de 14 a 34 UI/L (BORSA et al.,
343 2006).

344 Anormalidades no fígado das aves, que receberam suplementação de zinco e arginina nas
345 dietas, não foram detectadas pela dosagem de AST, outra enzima utilizada como indicador de
346 lesões hepáticas. A concentração de AST encontrava-se dentro do intervalo considerado normal
347 para aves: 202 a 325 UI/L (BORSA et al., 2006), mas como o teor dessa enzima possui maior
348 especificidade para danos musculares do que para problemas hepáticos, a resposta deve ser
349 analisada junto com os valores de creatina quinase (THRALL, 2007).

350 Os teores de creatina quinase, verificados no sangue das aves, encontravam-se acima dos
351 indicados por Silva et al. (2007), considerados padrão de normalidade para frangos de corte
352 ($2485 \pm 1,122\text{UI/L}$). A enzima creatina quinase se localiza no tecido muscular, cardíaco e no
353 cérebro, e, a sua determinação é utilizada para auxiliar na interpretação da atividade da AST com
354 o objetivo de diferenciar o dano muscular do hepatocelular. Portanto, como os níveis séricos de
355 AST nas aves eram considerados normais, a atividade muscular decorrente da contenção para
356 colheita sanguínea foi responsável pela elevação dos valores de creatina quinase nos frangos de
357 corte e não por lesões musculares provocadas pela suplementação de zinco e arginina nas dietas
358 (THRALL, 2007).

359 A glicemia é regulada por um eficiente mecanismo de controle hormonal, que assegura
360 concentrações constantes de glicose no sangue. Aves saudáveis apresentam níveis de glicose que
361 podem variar de 200 a 500 mg/dL e, em casos de hipoglicemia, os teores de glicose caem para
362 menos de 200 mg/dL (THRALL, 2007). Considerando esses índices, verifica-se que as aves
363 apresentavam quadro de hipoglicemia, apesar da coleta sanguínea não ter ocorrido em condições
364 de jejum alimentar.

365 O aumento nos teores de glicose observados nos frangos de corte que receberam
366 suplementação de 2% de arginina associados a 120 mg de zinco/kg de ração, comparado ao das
367 aves do tratamento controle, confirma a ação desses nutrientes no metabolismo da glicose,
368 mesmo que os níveis séricos tenham se mantido abaixo de 200 mg/dL. Tanto o zinco, quanto a
369 arginina estimulam as células β do pâncreas a secretar insulina, o que seria responsável pela
370 diminuição da concentração de glicose no sangue se estes, também, não estivessem envolvidos
371 diretamente com a secreção do hormônio de crescimento. Estimulados pelo aumento na
372 disponibilidade de zinco e arginina no organismo, o hormônio de crescimento (GH) e o fator de
373 crescimento do tipo insulina 1 (IGF-I) agem aumentando a síntese proteica e o consumo de
374 alimento, aumentando os níveis de glicose no sangue das aves (EDMONDSON et al., 2003;
375 NEWSHOLME et al., 2005).

376 Em nenhum dos níveis testados, a suplementação de zinco e arginina nas dietas, foi capaz
377 de alterar a concentração de ácido úrico no sangue das aves, o qual permaneceu dentro dos
378 limites indicados por Benez (2004) (2 a 15 mg/dL), mostrando que mesmo quando incluídos em
379 altas concentrações nas dietas de aves, os nutrientes não comprometeram as funções cardíacas,
380 hepáticas e renais das aves (BAGHBANZADE e DECUYPERE, 2008). Aumento na
381 concentração de ácido úrico pode ser verificado quando se associa altos níveis de arginina com
382 os de outro aminoácido, em virtude do aumento na demanda pela excreção de componentes
383 nitrogenados oriundos do catabolismo desses aminoácidos, mas não é observado quando a
384 arginina é fornecida em associação com minerais (OZTURK et al., 2006; EMADI et al., 2011;
385 CORZO, 2012).

386 Ao analisar os pesos absoluto e relativo do fígado das aves, observou-se que tanto o zinco
387 quanto a arginina têm influência sobre as atividades metabólicas desse órgão. Se levarmos em
388 consideração a influência do peso vivo do animal (peso em jejum) sobre a resposta, a interação

389 entre o zinco e a arginina demonstrada no peso absoluto do fígado não é pronunciada, o que leva
390 a crer que as variações individuais ocorridas nos tamanhos dos órgãos terminaram por induzir a
391 interação.

392 O aumento nos pesos absoluto e relativo do fígado, com a suplementação de 2% de
393 arginina nas dietas, é justificado pela maior atividade metabólica neste órgão em função da maior
394 concentração dietética do aminoácido (TRINDADE NETO et al., 2010). Segundo Viola et al.
395 (2009), quanto mais metabolicamente ativo for o tecido, maior a tendência de receber nutrientes,
396 por isso o fígado recebe os aminoácidos provenientes da dieta de forma prioritária e redistribui
397 para outros tecidos corporais.

398 Como o fígado está envolvido em todos os aspectos do metabolismo dos carboidratos,
399 proteínas e lipídeos (BANKS, 1991) e o seu pleno funcionamento está na dependência da total
400 atividade da função endócrina do pâncreas e, por ser este o órgão com maior capacidade de
401 acumular zinco no organismo, a avaliação dos pesos absoluto e relativo do pâncreas pode
402 fundamentar a redução ocorrida no peso do fígado com a suplementação de zinco, nas dietas das
403 aves (YAN et al., 2016).

404 Várias pesquisas mostram que quando se compara o pâncreas ao fígado, ocorre maior
405 tendência para acumular zinco ligado a metalotioneína, quando os níveis de zinco estão
406 aumentados na dieta, indicando que este mineral é um componente importante no metabolismo
407 normal pâncreas (HUANG et al., 2013). Dietas de aves deficientes em zinco podem afetar,
408 significativamente, a função endócrina do pâncreas e, estas aves apresentarem redução na
409 resposta insulínica a um desafio de glicose (MCCORMICK, 1984). Por outro lado, quando o
410 zinco está presente em teores considerados tóxicos nas dietas, as atividades das enzimas
411 pancreáticas (amilase, lipase, tripsinogênio e quimotripsinogênio) são rapidamente diminuídas e
412 redução no peso do pâncreas é observado (JAHANIAN et al., 2008). Nesta pesquisa, o peso do

413 pâncreas permaneceu inalterado, mesmo quando a suplementação nas dietas foi de 120 mg de
414 zinco/kg de ração, o que significa que os níveis utilizados não chegaram a causar toxicidade, já
415 que o pâncreas é o alvo primário para a intoxicação por zinco (JUNXUAN; COMBS JR., 1988).

416 A redução nos pesos absoluto e relativo do fígado mostra que o excesso de zinco nas
417 dietas, mesmo não tendo alcançado níveis tóxicos, reduziu a atividade metabólica no órgão. A
418 desordem hepática, sem prejuízos à saúde do animal, pode ser visualizada, inclusive, por meio da
419 dosagem ALT no sangue das aves, que embora não tenha apresentado níveis alarmantes, indicou
420 que lesões nos hepatócitos poderiam estar ocorrendo (BANKS, 1991).

421 Em virtude do papel dos órgãos linfoides no desenvolvimento e função do sistema
422 imunitário, o peso do timo, do baço e da bolsa cloacal de frangos de corte é frequentemente
423 avaliado como medida de imunidade. A redução no peso do timo, com a suplementação de zinco
424 nas dietas, reforça a hipótese de que a suplementação de altos níveis desse mineral nas dietas,
425 promove aumento na apoptose dos linfócitos T, causando atrofia do timo, do mesmo modo que a
426 sua deficiência, já que o zinco é um regulador da apoptose de linfócitos (WARING et al., 1990).
427 A apoptose tímica é um processo fisiológico normal de renovação celular, mas quando é superior
428 à taxa mitótica de produção de linfócitos T, causa atrofia do timo e redução no peso desse órgão
429 (JUNQUEIRA e CARNEIRO, 2008).

430 As consequências da queda no peso do timo, com a suplementação de zinco nas dietas,
431 não estão apenas na redução da resposta imunitária celular, que é mediada, principalmente, pelos
432 linfócitos T (BANKS, 1991), mas na habilidade do organismo em produzir respostas mediadas
433 por anticorpos, uma vez que a produção destes requer a colaboração dos linfócitos T
434 (JUNQUEIRA e CARNEIRO, 2008).

435 A depleção provocada pela suplementação do zinco, sobre a produção de linfócitos, não
436 foi visualizada por meio do peso do baço, órgão linfoide secundário que recebe células T do

437 timo, mas que produz células B (BANKS, 1991). A grande produção de anticorpos por
438 plasmócitos, células originárias dos linfócitos B do baço, explica a não involução no peso desse
439 órgão com a suplementação de zinco nas dietas das aves, pois segundo Waring et al. (1990) o
440 mineral atua de forma mais específica sobre os linfócitos T.

441 A bolsa cloacal, estrutura linfoide característica das aves, é o principal local de maturação
442 dos linfócitos B, mas que, também, apresenta alta concentração de macrófagos, os quais
443 cooperam com os linfócitos B na promoção da resposta imunitária do organismo (MURAKAMI
444 et al., 2014). Apesar de estudos demonstrarem que o peso e a porcentagem de parênquima da
445 bolsa cloacal de frangos de corte são aumentados em aves que recebem zinco e arginina nas
446 dietas, em virtude do poder antioxidante do primeiro nutriente (EZZATI et al., 2013), e, do
447 segundo, em aumentar a produção de óxido nítrico para defesa imunológica e regular a interação
448 entre macrófagos e linfócitos (RUBIN et al., 2007), alterações no peso e na morfometria desse
449 órgão não foram observadas nas aves mantidas em estresse por calor.

450 A área cortical da bolsa cloacal, local onde ocorre a maior parte da diferenciação e
451 maturação de linfócitos B, e, a área medular, formada predominantemente de linfoblastos e
452 poucos linfócitos médios e pequenos, quando ampliadas, denotam melhora na capacidade do
453 organismo para a resposta imune frente a desafios infecciosos (JUNQUEIRA e CARNEIRO,
454 2008). As áreas cortical e medular da bolsa cloacal das aves desta pesquisa não foram
455 aumentadas, portanto, melhora na imunocompetência não pode ser observada com a
456 suplementação de zinco e arginina nas dietas, mas isso não significa que as aves apresentavam
457 depressão no sistema imune ou que, quando expostas a um antígeno excitador, não seriam
458 capazes de reagir à estimulação antigênica (BANKS, 1991). Os níveis séricos de globulina das
459 aves, dentro da normalidade, demonstraram o bom status do sistema imunológico que as aves
460 apresentavam.

461 O intestino delgado é o principal local de digestão e absorção de nutrientes e, esses
462 processos, são totalmente dependentes da integridade da mucosa intestinal. O desenvolvimento
463 da mucosa intestinal consiste no aumento da altura e densidade dos vilos, que implica em maior
464 superfície de absorção e melhor aproveitamento de nutrientes (LEMOS et al., 2013). Mesmo não
465 tendo aumentado a capacidade de absorção no duodeno, no jejuno e no íleo, o zinco e a arginina
466 suplementares não interferiram negativamente no equilíbrio entre os processos de renovação e
467 perda celular nos vilos, pois redução na altura destes não foi observada (HU et al., 2013).

468 No duodeno, a profundidade da cripta foi menor apenas para as aves que receberam a
469 suplementação de 2% de arginina associados a 120 mg de zinco/kg de ração, quando comparado
470 às aves do tratamento controle. Uma cripta rasa é um bom indicador de um intestino delgado
471 eficiente, que requer menos nutrientes para renovação. A redução na taxa de renovação celular
472 na cripta permite que as células intestinais amadureçam e, conseqüentemente, a produção de
473 enzimas digestivas e a absorção de nutrientes se tornem mais eficientes (IBRAHIM, 2011). Essa
474 melhora na disponibilidade de nutrientes pode ser constatada por meio do aumento nos níveis de
475 glicose no sangue das aves, que receberam os níveis máximos de suplementação de zinco e
476 arginina nas dietas.

477 No jejuno e no íleo não houve alteração na profundidade das criptas das aves com a
478 suplementação de zinco e arginina nas dietas, o que indica que a atividade proliferativa celular
479 nas criptas foi baixa e que não existiu a necessidade de renovar perdas na altura dos vilos em
480 virtude de possíveis injúrias na mucosa intestinal (LOPES et al., 2011).

481 Alterações não foram observadas na relação altura do vilo: profundidade da cripta no
482 duodeno, no jejuno e no íleo, com a adição de zinco e arginina nas dietas das aves. Em geral,
483 maior relação vilo: cripta está associada a uma boa diferenciação da mucosa intestinal, mas o

484 fato de não ocorrer redução nessa relação nas aves deste estudo prediz o bom estado de saúde em
485 que elas se encontravam (FAVERI et al., 2015).

486 A mucosa intestinal apresenta vilos que são constituídos por três tipos de células
487 distintas: os enterócitos, as células caliciformes e as células enteroendócrinas. Os enterócitos
488 estão envolvidos com o estágio final de digestão, absorção e transporte de nutrientes e regulação
489 imune (JUNQUEIRA e CARNEIRO, 2008). O aumento observado na altura dos enterócitos no
490 íleo das aves ocorreu em virtude das altas taxas de renovação celular desencadeadas pela
491 presença de zinco no lúmen intestinal, o que resultou em vilos mais largos. No entanto, essa
492 resposta não se traduz em melhora na capacidade digestiva e absorptiva de nutrientes no segmento
493 intestinal, pois as medidas de altura do enterócito e de largura do vilo no íleo das aves, que
494 receberam 120 mg de zinco/kg de ração, não diferiram estatisticamente dos valores verificados
495 para as aves do tratamento controle.

496 A espessura da parede intestinal tem sido utilizada como critério para a identificação de
497 doença intestinal inflamatória ou de substâncias antinutricionais nas dietas, pois, nesse caso,
498 ocorre aumento na espessura das túnicas que compõem a parede (CUNHA et al., 2016). O
499 aumento na espessura da parede intestinal do jejuno promovido pela interação entre o zinco e a
500 arginina das dietas e, no íleo, proporcionado pelo zinco, indica que os nutrientes alteraram a
501 estrutura da parede muscular dos segmentos, como resposta fisiológica do organismo para
502 induzir a hipercontratibilidade e expulsar a digesta do trato digestório. Isso revela que o zinco e a
503 arginina interferiram no fluxo normal da digesta, que tem efeitos negativos sobre a retenção dos
504 nutrientes da dieta (BAUER, 2008).

505 Modificações na altura do enterócito, na largura do vilo ou na espessura da parede não
506 foram observadas no duodeno, possivelmente, em virtude das maiores taxas de absorção de zinco
507 acontecerem no íleo, depois no jejuno e, em menores concentrações, no duodeno. Existem

508 diferenças nos mecanismos de absorção de zinco em cada segmento intestinal. Enquanto no íleo
509 o zinco é absorvido tanto por difusão simples como por difusão facilitada, no duodeno e no
510 jejuno os sistemas de captação utilizam proteínas de transporte para mover o zinco por meio da
511 bicamada lipídica da membrana plasmática (YU et al., 2008; YU et al., 2010).

512 A redução no peso das penas das aves, que receberam suplementação de zinco, está
513 relacionada com a redução linear ocorrida na espessura da derme em função dos acréscimos do
514 mineral nas dietas. As penas se estendem da epiderme para a derme e, apesar de serem de origem
515 epidérmica, modificações na estrutura da derme afetam diretamente o empenamento das aves
516 que, quando reduzido, as predispõem a arranhões e escoriações na pele (BANKS, 1991).

517 Apesar de não ter sido identificado redução no número de fibroblastos, células do tecido
518 conjuntivo que sintetizam colágeno e elastina, bem com aumento na variável diferença de lesão
519 na pele, com o aumento dos níveis de zinco nas dietas das aves, a redução na espessura da derme
520 denota redução no conteúdo de fibras colágenas, reticulares e elásticas, as quais conferem
521 elasticidade e resistência à pele (JUNQUEIRA e CARNEIRO, 2008). A derme das aves que
522 receberam 120 mg de zinco/kg nas dietas apresentava fragmentação acentuada da camada
523 reticular, com fibras frouxamente dispersas e com entrançamento diminuído, revelando redução
524 das propriedades elásticas da pele (ORÍÁ et al., 2003) (Figura 1).

525 O zinco está envolvido na biossíntese de colágeno como um ativador da enzima
526 hidroxilase prolil, que transforma prolina em hidroxiprolina, aminoácido característico do
527 colágeno, o que torna esse mineral essencial para a síntese dessa proteína fibrosa (SALIM et al.,
528 2012a). Qualquer fator nutricional que influencie o conteúdo de colágeno da pele irá afetar,
529 diretamente, a susceptibilidade ao rompimento (LEESON e SUMMERS, 2005), portanto, ao
530 contrário do que estudos mostram (ROSSI et al., 2007; SALIM et al., 2011; SALIM et al.,

531 2012b), a suplementação de zinco nas dietas das aves, em níveis acima do considerado ótimo
532 para o crescimento, reduz a resistência da pele e o empenamento de frangos de corte.

533 Quando a arginina foi suplementada ao nível de 2%, nas dietas, foi verificado aumento na
534 espessura da derme. As fibras da camada reticular da derme das aves eram mais numerosas,
535 espessas e onduladas do que as das aves que receberam zinco nas dietas, o que possibilitou
536 aumento da área de contato da derme com a epiderme, conferindo maior resistência à pele
537 (ORÍÁ et al., 2003) (Figura 1). Contudo, o aumento na resistência da pele dessas aves não pode
538 ser identificado por meio da variável diferença de lesão, possivelmente, em virtude de apresentar
539 grande instabilidade no momento da avaliação, já que os resultados variam em função da
540 temperatura da água e do tempo de escalda (BAILONE et al., 2016).

541 Alterações na espessura do estrato córneo da epiderme e na espessura da epiderme, que
542 representam a principal barreira do corpo contra a invasão por patógenos e contra choques
543 mecânicos (JUNQUEIRA e CARNEIRO, 2008), não foram observadas com a adição de zinco e
544 arginina nas dietas das aves, certamente, por serem constituídas por epitélio estratificado
545 pavimentoso rico em queratina e, os nutrientes testados estarem mais envolvidos com a produção
546 de colágeno (CORZO et al., 2003; ROSSI et al., 2007). Redução da sinuosidade do trajeto da
547 epiderme ao longo da superfície dérmica das aves que receberam zinco nas dietas, em
548 comparação às aves que receberam apenas arginina suplementar, foi verificada por meio da
549 avaliação histomorfométrica, entretanto, o tecido epitelial parecia íntegro e funcional (Figura 2).

550 Aumento na produção de células da epiderme não foi verificado com a suplementação de
551 zinco e arginina nas dietas das aves. As células apresentavam formato poliédrico e encontravam-
552 se justapostas formando as camadas da epiderme. A presença de células apoptóticas e de células
553 normais indicavam a intensa atividade de renovação celular, característica do tecido epitelial
554 (Figura 2). A substituição de células perdidas no epitélio estratificado pavimentoso é uma

555 necessidade, uma vez que elas descamam constantemente na superfície e, essa substituição por
556 meio da atividade mitótica constitui a função do estrato basal e do estrato espinhoso da epiderme
557 (BANKS, 1991). Logo, as funções de regeneração e reparação das lesões na epiderme não foram
558 prejudicadas com o fornecimento de zinco e arginina nas dietas.

559 O fato da arginina ter aumentado a espessura da derme, mas não ter influenciado o
560 empenamento das aves pode estar na possível redução da disponibilidade de metionina, para a
561 formação da pena, promovida pela alta concentração de arginina nas dietas. Quando se eleva o
562 teor de arginina em dietas de frangos de corte, há aumento na necessidade de metionina, como
563 doador de grupos metil para a biossíntese de creatina muscular (CHAMRUSPOLLERT et al.,
564 2004). Então, como em aves durante o crescimento, os aminoácidos são disponibilizados,
565 prioritariamente, para a síntese proteica muscular (MONTANHINI NETO et al., 2013), menos
566 metionina pode ter sido disponibilizada para aumento na queratinização e, conseqüentemente,
567 para o crescimento das penas, mesmo que não tenha sido o suficiente para promover redução no
568 empenamento.

569 Em conclusão, a suplementação de zinco e arginina de forma associada, nas dietas, não
570 melhora a bioquímica sérica, a resposta imune, a morfometria intestinal e a resistência da pele de
571 frangos de corte, no período de 1 a 21 dias de idade, mantidos em ambiente de estresse por calor.
572 O fornecimento de 2% de arginina combinados a 120 mg de zinco/kg de ração é capaz de alterar
573 a profundidade das criptas do duodeno, aumentando os níveis de glicose no sangue. Entretanto, a
574 redução no peso absoluto do fígado e o aumento na espessura da parede intestinal do jejuno,
575 resultado da interação entre o zinco e a arginina, demonstra que a utilização destes de forma
576 associada nas dietas, interfere na digestão e absorção de nutrientes e o consumo, por maior
577 período de tempo, pode trazer conseqüências graves ao metabolismo de nutrientes no organismo.

578 O zinco reduz a imunocompetência, o empenamento e a resistência da pele de frangos de
579 corte e, a arginina, mesmo melhorando a resistência da pele das aves não tem efeitos sobre a
580 resposta imunitária do organismo. Portanto, os níveis de zinco e arginina recomendados pelas
581 tabelas de exigências nutricionais, para o máximo crescimento dos frangos de corte, em fase
582 inicial, são os mais indicados para o cumprimento das funções metabólicas e a manutenção do
583 sistema imune de aves mantidas em ambiente de altas temperatura.

584

585 **Referências**

- 586 AVIAGEN ROSS, 2014: *Ross Broiler Management Manual*. Disponível em:
587 <[http://pt.aviagen.com/assets/Tech_Center/Ross_Broiler/Ross-Broiler-Handbook-2014i-](http://pt.aviagen.com/assets/Tech_Center/Ross_Broiler/Ross-Broiler-Handbook-2014i-EN.pdf)
588 EN.pdf> Acesso em: 26 de fevereiro de 2017.
- 589 BAGHBANZADE, A.; DECUYPERE, E., 2008: Ascites syndrome in broilers: physiological and
590 nutritional perspectives. *Avian Pathology* **37**, 117-126.
- 591
592
- 593 BAILONE, R. L.; ROÇA, R. O.; Tendências no processamento de frangos de corte: uso racional
594 da água. *Engenharia Sanitária e Ambiental* **21**.
- 595
- 596 BANKS, W. J., 1991: *Histologia veterinária aplicada*, (2 ed.), Editora Manole LTDA, São
597 Paulo. 629p.
- 598
- 599 BAUER, A.J., 2008: Mentation on the immunological modulation of gastrointestinal motility.
600 *Neurogastroenterol Motility* **20**, 81-90.
- 601
- 602 BENEZ, S. M., 2004: *Aves: criação, clínica, teoria, prática: silvestres, ornamentais, avinhados*,
603 (4 ed.), Editora Tecmedd, Ribeirão Preto.
- 604
- 605 BORSA, A.; KOHAYAMA A.; BORETTI L. P.; SAITO M. E.; KUIBIDA K.. 2006: Níveis
606 séricos de enzimas de função hepática em frangos de corte de criação industrial clinicamente
607 saudáveis. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia* **58**, 675-677.
- 608
- 609 BUFFINGTON, D. E.; COLAZZO-AROCHO, A.; CANTON, G. H.; PITT, D.; THATCHER,
610 W. W.; COLLIER, R. J., 1981: Black globe-humidity index (BGHI) as comfort equation for
611 dairy cows. *Transactions of the A.S.A.E.* **24**, 711-714.
- 612
- 613 CHAMRUSPOLLERT, M.; PRESTI, G. M.; BAKALLI, R. I., 2004: Chick responses to dietary
614 arginine and methionine levels at different environmental temperatures. *British Poultry Science*
615 **45**, 93–100.
- 616
- 617 CORZO, A.; MORAN JR., E. T.; HOEHLERT, D., 2003: Arginine Need of Heavy Broiler
618 Males: Applying the Ideal Protein Concept. *Poultry Science* **82**, 402–407.

619
620 CORZO, A., 2012: Determination of the arginine, tryptophan, and glycine ideal-protein ratios in
621 high-yield broiler chicks. *Journal Applied Poultry Research* **21**, 79–87.
622
623 CUNHA, H. P. F.; SOUSA, D. C.; SANTOS, E. T.; GUZZI, A.; DOURADO, L. R. B.;
624 FERREIRA, G. J. B. C., 2016: Histomorfometria do intestino delgado de frangos de corte (Cobb
625 500®) suplementadas com glicerina bruta a 7%. *Acta Veterinaria Brasilica* **10**, 238-245.
626
627 EDMONDSON, S. R.; THUMIGER, S. P.; WERTHER, G. A., 2003: Epidermal homeostasis:
628 the role of the growth hormone and insulin-like growth factor systems. *Endocrine*
629 *Reviews* **24** 737-764.
630
631 EMADI, M.; JAHANSHIRI, F.; KAVEH, K.; HAIR-BEJO, M.; IDERIS, A.; ALIMON, A. R.,
632 2011: Nutrition and immunity: the effects of the combination of arginine and tryptophan on
633 growth performance, serum parameters and immune response in broiler chickens challenged
634 with infectious bursal disease vaccine. *Avian Pathology* **40**, 63-72.
635
636 EZZATI, M. S.; BOZORGMEHRIFARD, M. H.; BIJANZAD, P.; RASOULINEZHAD, S.;
637 MOOMIVAND, H.; FARAMARZI, S.; GHAEDI, A.; GHABEL, H.; STABRAGHI, E., 2013:
638 Effects of different levels of zinc supplementation on broilers performance and immunity
639 response to Newcastle disease vaccine. *European Journal of Experimental Biology* **3**, 497-501.
640
641 FAVERI, J. C.; MURAKAMI, A. E.; POTENÇA, A.; EYNG, C.; MARQUES, A. F. Q.;
642 SANTOS, T. C., 2015: Desempenho e morfologia intestinal de frangos de corte na fase de
643 crescimento, com e sem adição de nucleotídeos na dieta, em diferentes níveis proteicos. *Pesquisa*
644 *Veterinária Brasileira* **35**, 291-296.
645
646 FENG, J.; MA, W. Q.; NIU, H. H.; WU, X. M.; WANG, Y.; FENG, J., 2010: Effects of zinc
647 glycine chelate on growth, hematological, and immunological characteristics in broilers. *Biologic*
648 *Trace Element Research* **133**, 203–211.
649
650 FERNANDES, J. I. M.; MURAKAMI, A. E., 2010: Arginine metabolism in uricotelic species.
651 *Acta Scientiarum. Animal Sciences* **32**, 357-366.
652
653 GONZÁLEZ, F. H. D.; SILVA, S. C., 2006: *Introdução à bioquímica clínica veterinária*,
654 Editora UFRS, Porto Alegre. 357p.
655
656 HARR, K. E., 2002: Clinical chemistry of companion avian species: a review. *Veterinary*
657 *Clinical Pathology* **31**, 140–151.
658
659 HUANG, Y. L.; LU, L.; XIE, J. J.; LI, S. F.; LI, X. L.; LIU, S. B.; ZHANG, L. Y.; XI, L.; LUO,
660 X. G., 2013: Relative bioavailabilities of organic zinc sources with different chelation strengths
661 for broilers fed diets with low or high phytate content. *Animal Feed Science and Technology*
662 **179**, 144–148.
663
664 HU, C. H.; QIAN, Z. C.; SONG, J.; LUAN, Z. S.; ZUO, A. Y., 2013: Effects of zinc oxide-
665 montmorillonite hybrid on growth performance, intestinal structure, and function of broiler
666 chicken. *Poultry Science* **92**, 143-150.

667
668 IBRAHIM, A. A., 2011: Modulation of immunity and some biological functions of japanese
669 quail by mannan oligosaccharide and b-glucan administration. *Egyptian Poultry Science* **31**, 867-
670 882.
671
672 JAHANIAN, R.; MOGHADDAM, H. N.; REZAEI, A., 2008: Improved broiler chick
673 performance by dietary supplementation of organic zinc sources. *Asian-Australasina Journal of*
674 *Animal Science* **21**, 1348 – 1354.
675
676 JAHANIAN, R., 2009: Immunological responses as affected by dietary protein and arginine
677 concentrations in starting broiler chicks. *Poultry Science* **88**, 1818-1824.
678
679 JUNQUEIRA, L. C.; CARNEIRO, J., 2008: *Histologia básica*, (11 ed.), Editora Guanabara
680 Koogan, Rio de Janeiro.
681
682 JUNXUAN, L.; COMBS JR., G. F., 1988: Effect of excess dietary zinc on pancreatic exocrine
683 function in the chick. *The Journal of Nutrition* **118**, 681-689.
684
685 KAKHKI, R. A. N.; BAKHSHALINEJAD, R.; SHAFIEE, M., 2016: Effect of dietary zinc and
686 α -tocopheryl acetate on broiler performance, immune responses, antioxidant enzyme activities,
687 minerals and vitamin concentration in blood and tissues of broilers. *Animal Feed Science and*
688 *Technology* **221**, 12–26.
689
690 KANEKO, J. J.; HARVEY, J. W.; BRUSS, M. L., 2008: *Clinical Biochemistry of Domestic*
691 *Animals*. (6 ed.), Editora Waltham, 928 p.
692
693 LAGANÁ, C.; RIBEIRO, A. M. L.; GONZÁLEZ, F. H. D.; LACERDA, A.; KRATZ, L. R.;
694 BARBOSA, P. R., 2007: Níveis dietéticos de proteína e gordura e parâmetros bioquímicos,
695 hematológicos e empenamento em frangos de corte estressados pelo calor. *Revista Brasileira de*
696 *Zootecnia* **36**, 1783-1790.
697
698 LAI, P. W.; LIANG, J. B.; HSIA, L. C.; LOH, T. C.; HO, Y. W., 2010: Effects of varying
699 dietary zinc levels and environmental temperatures on the growth performance, feathering score
700 and feather mineral concentrations of broiler chicks. *Asian-Australasina Journal of Animal*
701 *Science* **23**, 937-945.
702
703 LEESON, S.; SUMMERS, J. D, 2005: *Commercial poultry nutrition*, (3 ed.), Editora Guelph:
704 University Books. 413 p.
705
706 LEMOS, M. J.; CALIXTO, L. F. L.; NASCIMENTO, A. A.; SALES, A.; SANTOS, M. A. J.;
707 AROUCHA, R. J. N., 2013: Morfologia do epitélio intestinal de codornas japonesas alimentadas
708 com parede celular da *Saccharomyces cerevisiae*. *Ciência Rural* **43**, 2221-2227.
709
710 LOPES, C. C.; RABELLO, C. B.; SILVA JR., V. A.; HOLANDA, M. C. R.; ARRUDA, E. M.
711 F.; SILVA, J. C. R., 2011: Desempenho, digestibilidade, composição corporal e morfologia
712 intestinal de pintos de corte recebendo dietas contendo levedura de cana-de-açúcar. *Acta*
713 *Scientiarum. Animal Sciences* **33**, 33-40.
714

715 MAPA - MINISTÉRIO DA AGRICULTURA PECUÁRIA E ABASTECIMENTO.
716 *Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal - RIISPOA*,
717 Brasília, DF, 1997.
718
719 MCCORMICK, C. C., 1984: Introduction and accumulation of metallothionein in liver and
720 pancreas of chicks given oral zinc: a tissue comparison. *The Journal of Nutrition* **114**, 191-203.
721
722 MOGHADDAM, H. N.; JAHANIAN, R., 2009: Immunological responses of broiler chicks can
723 be modulated by dietary supplementation of zinc-methionine in place of inorganic zinc sources.
724 *Asian-Australasia Journal of Animal Science* **22**, 396-403.
725
726 MONTANHINI NETO, R.; CECCANTINI, M. L.; FERNANDES, J. I. M., 2013: Effects of
727 methionine source, arginine: lysine ratio and sodium chloride level in the diets of grower broilers
728 reared under high-temperature conditions. *Brazilian Journal of Poultry Science* **15**, 151-160.
729
730 MUNIZ E. C.; FASCINA V. B.; PIRES P. P.; CARRIJO A. S.; GUIMARÃES E. B., 2006:
731 Histomorphology of bursa of Fabricius: effects of stock densities on commercial broilers. *Revista*
732 *Brasileira de Ciência Avícola* **8**, 217-220.
733
734 MURAKAMI, A. E.; SILVA, L. M. S.; FERNANDES, J. I. M.; SILVEIRA, T. G. V.; GARCEZ
735 NETO, A. F., 2014: The effect of arginine dietary supplementation in broiler breeder hens on
736 offspring humoral and cell-mediated immune responses. *Brazilian Journal of Poultry Science* **16**,
737 63-72.
738
739 NAZARENO, A. E.; PANDORFI, H.; GUISELINI, C.; VIGODERIS, R. B.; PEDROSA, E. M.
740 R., 2011: Bem-estar na produção de frango de corte em diferentes sistemas de criação.
741 *Engenharia Agrícola* **31**, 13-22.
742
743 NEWSHOLME, P.; BRENNAN L.; RUBI, B.; MAECHLER, P., 2005: New insights into
744 amino acid metabolism, beta-cell function and diabetes. *Clinical Science* **108**, 185-194.
745
746 OLIVEIRA, R. F. M.; DONZELE, J. L.; ABREU, M. L. T.; FERREIRA, R. A.; VAZ, R. G. M.
747 V.; CELLA, P. S., 2006: Efeitos da temperatura e da umidade relativa sobre o desempenho e o
748 rendimento de cortes nobres de frangos de corte de 1 a 49 dias de idade. *Revista Brasileira de*
749 *Zootecnia* **35**, 797-803.
750
751 ORIÁ, R. B.; FERREIRA, F. V.; SANTANA, E. N.; FERNANDES, M. R.; BRITO, G. A. C.,
752 2003: Estudo das alterações relacionadas com a idade na pele humana, utilizando métodos de
753 histo-morfometria e autofluorescência. *Anais Brasileiros de Dermatologia* **78**, 425-434.
754
755 OZTURK, H.; OZTURK, H.; YAGMUR, Y.; BUYUKBAYRAM, H., 2006: The effect of L-
756 arginine methyl ester on indices of free radical involvement in a rat model of experimental
757 nephrocalcinosis. *Urology Research* **34**, 305-314.
758
759 PMT - PREFEITURA MUNICIPAL DE TERESINA. Secretaria Municipal de Planejamento e
760 Coordenação. *Caracterização do município de Teresina*. Teresina, 2015. Disponível em:
761 <<http://semplan.teresina.pi.gov.br/wp-content/uploads/2015/02/TERESINA->

762 Caracteriza% C3%83% C2% A7% C3%83% C2% A3o-do-Munic% C3%83-pio-2015.pdf> Acesso
763 em: 09 de março de 2017.

764

765 ROSSI, P.; RUTZ, F.; ANCIUTI, M. A.; RECH, J. L.; ZAUK, N. H. F., 2007: Influence of
766 Graded Levels of Organic Zinc on Growth Performance and Carcass Traits of Broilers. *Journal*
767 *Applied Poultry Research* **16**, 219–225.

768

769 ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; DONZELE, J. L.; GOMES, P. C.; OLIVEIRA, R. F.;
770 LOPES, D. C.; FERREIRA, A. S.; BARRETO, S. L. T.; EUCLIDES, R. F., 2011 *Tabelas*
771 *brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais*. (3 ed.) ,
772 Universidade Federal de Viçosa: Viçosa. 252p.

773

774 RUBIN, L. L.; CANAL, C. W.; RIBEIRO, A. L. M.; KESSLER, A.; SILVA, I.; TREVIZAN, L.;
775 VIOLA, T.; RABER, M.; GONÇALVES, T. A.; KRÁS, R., 2007: Effects of methionine and
776 arginine dietary levels on the immunity of broiler chickens submitted to immunological stimuli.
777 *Brazilian Journal of Poultry Science* **9**, 241 – 247.

778

779 SALIM, H. M.; LEE, H. R.; JO, C.; LEE, S. K., 2012a: Effect of sex and dietary organic zinc on
780 growth performance, carcass traits, tissue mineral content, and blood parameters of broiler
781 chickens. *Biological Trace Element Research* **147**, 120-129.

782

783 SALIM, H. M.; LEE, H. R.; JO, C.; LEE, S. K., LEE, B. D., 2011: Supplementation of graded
784 levels of organic zinc in the diets of female broilers: effects on performance and carcass quality.
785 *British Poultry Science* **52**, 606-612.

786

787 SALIM, H. M.; LEE, H. R.; JO, C.; LEE, S. K., LEE, B. D., 2012b: Effect of dietary zinc
788 proteinate supplementation on growth performance, and skin and meat quality of male and
789 female broiler chicks. *British Poultry Science* **53**, 116-124.

790

791 SILVA, P. R. L.; FREITAS NETO, O. C.; LAURENTIZ, A. C.; JUNQUEIRA O. M.;
792 FAGLIARI, J. J., 2007: Blood serum components and serum protein test of Hybro-PG broilers of
793 different ages. *Brazilian Journal Poultry Science* **9**, 213-216.

794

795 TANG, Z. G.; WEN, C.; WANG, L. C.; WANG, T.; ZHOU, Y. M., 2014: Effects of zinc-
796 bearing clinoptilolite on growth performance, cecal microflora and intestinal mucosal function of
797 broiler chickens. *Animal Feed Science and Technology* **189**, 98–106.

798

799 THRALL, M. A., 2007: *Hematologia e bioquímica clínica veterinária*, Philadelphia, Lippincott
800 Editora Roca, São Paulo. 582p.

801

802 TRINDADE NETO, M. A.; KOBASHIGAWA, E.; NAMAZU, L. B.; TAKEARA, P.;
803 ARAÚJO, L. F.; ALBUQUERQUE, R., 2010: Lisina digestível e zinco orgânico para frangos de
804 corte machos na fase de 22 a 42 dias de idade. *Revista Brasileira de Zootecnia* **39**, 2460-2470.

805

806 VIOLA, T. H.; KESSLER, A. M. RIBEIRO, A. M. L.; VIOLA, E. S.; TREVIZAN, L.;
807 GONÇALVES, T. A., 2009: Desempenho e peso de frações corporais, na suplementação
808 crescente de lisina, dos 19 aos 40 dias de idade em frangos de corte. *Ciência Rural* **39**, 515-521.

809

810 WARING, P.; EGAN, M.; BRAITHWAITE, A.; MULLBACHER, A.; SJEARDA, A., 1990:
811 Apoptosis induced in macrophages and T blasts by the mycotoxin sporidesmin and protection by
812 Zn²⁺ salts. *Int J Immunopharmacol* **12**, 445–57.
813
814 YAN, R.; ZHANG, L.; YANG, X.; WEN, C.; ZHOU, Y., 2016: Bioavailability evaluation of
815 zinc-bearing palygorskite as a zinc source for broiler chickens. *Applied Clay Science* **119**, 155–
816 160.
817
818 YU, Y.; LU, L.; LUO, X. G.; LIU, B., 2008: Kinetics of zinc absorption by in situ ligated
819 intestinal loops of broilers involved in zinc transporters. *Poultry Science* **87**, 1146–1155.
820
821 YU, Y.; LU, L.; WANG, R. L.; XI, L.; LUO, X. G.; LIU, B., 2010: Effects of zinc source and
822 phytate on zinc absorption by in situ ligated intestinal loops of broilers. *Poultry Science* **89**,
823 2157–2165.
824
825
826
827
828
829
830
831
832
833
834
835
836
837
838
839
840
841
842
843
844
845
846
847
848
849
850
851
852
853
854
855
856
857

858 **Legenda das Tabelas**

859

860 **Tabela 1** Composição percentual e calculada das dietas experimentais dos frangos de
861 corte na fase de 1 a 7 dias de idade

862 **Tabela 2** Composição percentual e calculada das dietas experimentais dos frangos de
863 corte na fase de 8 a 21 dias de idade

864 **Tabela 3** Condições ambientais observadas durante o período experimental

865 **Tabela 4** Bioquímica sérica de frangos de corte, aos 21 dias de idade, alimentados com
866 dietas suplementadas com zinco e arginina

867 **Tabela 5** Pesos absoluto (g) e relativo (%) do fígado e do pâncreas de frangos de corte,
868 aos 21 dias de idade, alimentados com dietas suplementadas com zinco e
869 arginina

870 **Tabela 6** Peso de órgãos linfoides e morfometria da bolsa cloacal de frangos de corte,
871 aos 21 dias de idade, alimentados com dietas suplementadas com zinco e
872 arginina

873 **Tabela 7** Morfometria intestinal do duodeno de frangos de corte, aos 21 dias de idade,
874 alimentados com dietas suplementadas com zinco e arginina

875 **Tabela 8** Morfometria intestinal do jejuno de frangos de corte, aos 21 dias de idade,
876 alimentados com dietas suplementadas com zinco e arginina

877 **Tabela 9** Morfometria intestinal do íleo de frangos de corte, aos 21 dias de idade,
878 alimentados com dietas suplementadas com zinco e arginina

879 **Tabela 10** Empenamento, resistência e histomorfometria da pele de frangos de corte,
880 aos 21 dias de idade, alimentados com dietas suplementadas com zinco e
881 arginina

882

883

884

885

886

887 **Legenda das Figuras**

888

889 **Figura 1** Estrato córneo da epiderme (A), epiderme (B), derme (C) e hipoderme (D), da pele de
890 frangos de corte recebendo dietas suplementadas com 1% de arginina e 120 mg de
891 zinco/kg de ração (1), e com 2% de arginina nas dietas (2). 20X. (Coloração
892 Hematoxilina e Eosina).

893

894 **Figura 2** Célula apoptótica (A), células normais justapostas e com formato poliédrico (B) na
895 epiderme, e fibroblastos (C) na derme da pele de frangos de corte alimentados com
896 dietas suplementadas com 2% de arginina. 40X. (Coloração Hematoxilina e Eosina).

897

898

899

900

901

902

903

904

905

906

907

908

909

910

911

912

913

914

915 **Tabelas**916 **Tabela 1** Composição percentual e calculada das dietas experimentais dos frangos de corte na
917 fase de 1 a 7 dias de idade

Ingredientes (%)	Controle	Níveis de Arginina (%) / Níveis de Zinco (mg/kg)					
		1/0	1/60	1/120	2/0	2/60	2/120
Milho (7,88%)	56,334	60,847	60,847	60,847	64,000	64,000	64,000
Farelo de soja 48%	36,867	31,735	31,735	31,735	26,779	26,779	26,779
Óleo de soja	2,259	1,401	1,401	1,401	1,003	1,003	1,003
Fosfato bicálcico	1,880	1,930	1,930	1,930	1,985	1,985	1,985
Calcário calcítico	0,871	0,876	0,876	0,876	0,880	0,880	0,880
NaCl	0,508	0,508	0,508	0,508	0,509	0,509	0,509
L-Lisina - HCL (99%)	0,109	0,241	0,241	0,241	0,371	0,371	0,371
DL-Metionina (99%)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
L-Triptofano (98%)	0,000	0,001	0,001	0,001	0,030	0,030	0,030
Treonina (98,5%)	0,104	0,179	0,179	0,179	0,255	0,255	0,255
Valina (98,5%)	0,068	0,162	0,162	0,162	0,256	0,256	0,256
Premix vitamínico, mineral e aminoacídico*	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Material inerte	0,000	0,120	0,060	0,000	0,932	0,872	0,812
Zinco (Availa Zn 100) [†]	0,000	0,000	0,060	0,120	0,000	0,060	0,120
L-Arginina (89,03%) [‡]	0,000	1,000	1,000	1,000	2,000	2,000	2,000
TOTAL	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Composição calculada							
Proteína bruta (%)	22,400	22,400	22,400	22,400	22,400	22,400	22,400
EM (kcal/kg)	2,960	2,960	2,960	2,960	2,960	2,960	2,960
Lisina digestível (%)	1,324	1,324	1,324	1,324	1,324	1,324	1,324
Metionina digestível (%)	0,656	0,632	0,632	0,632	0,607	0,607	0,607
Metionina + cistina digestível (%)	0,963	0,914	0,914	0,914	0,862	0,862	0,862
Triptofano digestível (%)	0,253	0,225	0,225	0,225	0,225	0,225	0,225
Treonina digestível (%)	0,861	0,861	0,861	0,861	0,861	0,861	0,861
Valina digestível (%)	1,020	1,020	1,020	1,020	1,020	1,020	1,020
Cálcio (%)	0,920	0,920	0,920	0,920	0,920	0,920	0,920
Fósforo disponível (%)	0,470	0,470	0,470	0,470	0,470	0,470	0,470
Sódio (%)	0,220	0,220	0,220	0,220	0,220	0,220	0,220
Zinco [§] (mg/kg)	88,628	87,299	147,299	207,299	85,757	145,757	205,757
Arginina digestível [¶] (%)	1,393	2,132	2,132	2,132	2,871	2,871	2,871

918 *Níveis de garantia por kg do produto: ácido fólico: 115,20 mg; ácido pantotênico: 1.264,80 mg; biotina: 6,32 mg;
919 selênio: 30,40 mg; cobre: 1.000,00 mg; zinco: 6.000,00 mg; colina: 50,00 g; ferro: 4.000,00 mg; iodo: 100,00 mg;
920 manganês: 7.000,00 mg; niacina: 4.024,80 mg; nicarbazina: 12,5 g; enramicina: 1.000,00 mg; vitamina A:
921 920.000,00 UI; vitamina B1: 206,40 mg; vitamina B12: 1.500,00 mcg; vitamina B2: 690,40 mg; vitamina B6:
922 298,40 mg; vitamina D3: 230.000,00 UI; vitamina E: 1.954,40 UI; vitamina K3: 230,40 mg; lisina: 110,00 g;
923 metionina: 350,00 g. Recomendação: 10 kg/ tonelada de ração.

924 [†] Complexo Zinco Aminoácido. Níveis de garantia por kg do produto: 100.000,00 mg/kg. Recomendação para aves:
925 400 g/tonelada de ração.

926 [‡] L-Arginina HCl ou L-Arginina Cloridrato (Arginina Monohydrochloride).

927 [§] Quantidade total de zinco nas rações (zinco dos alimentos + óxido de zinco + complexo zinco aminoácido).

928 [¶] Quantidade total de arginina nas rações (arginina dos alimentos + L-arginina).

929 **Tabela 2** Composição percentual e calculada das dietas experimentais dos frangos de corte na
930 fase de 8 a 21 dias de idade

Ingredientes (%)	Controle	Níveis de Arginina (%) / Níveis de Zinco (mg/kg)					
		1/0	1/60	1/120	2/0	2/60	2/120
Milho (7,88%)	58,573	63,081	63,081	63,081	66,000	66,000	66,000
Farelo de soja 48%	34,125	28,995	28,995	28,995	24,081	24,081	24,081
Óleo de soja	3,171	2,315	2,315	2,315	1,997	1,997	1,997
Fosfato bicálcico	1,534	1,585	1,585	1,585	1,643	1,643	1,643
Calcário calcítico	0,906	0,912	0,912	0,912	0,912	0,912	0,912
NaCl	0,483	0,483	0,483	0,483	0,484	0,484	0,484
L-Lisina - HCL (99%)	0,102	0,234	0,234	0,234	0,363	0,363	0,363
DL-Metionina (99%)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
L-Triptofano (98%)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,028	0,028	0,028
Treonina (98,5%)	0,072	0,147	0,147	0,147	0,223	0,223	0,223
Valina (98,5%)	0,034	0,128	0,128	0,128	0,222	0,222	0,222
Premix vitamínico, mineral e aminoacídico*	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Material inerte	0,000	0,120	0,060	0,000	1,047	0,987	0,927
Zinco (Availa Zn 100) [†]	0,000	0,000	0,060	0,120	0,000	0,060	0,120
L-Arginina (89,03%) [‡]	0,000	1,000	1,000	1,000	2,000	2,000	2,000
TOTAL	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Composição calculada							
Proteína bruta (%)	21,200	21,200	21,200	21,200	21,200	21,200	21,200
EM (kcal/kg)	3.050	3.050	3.050	3.050	3.050	3.050	3.050
Lisina digestível (%)	1,217	1,217	1,217	1,217	1,217	1,217	1,217
Metionina digestível (%)	0,603	0,579	0,579	0,579	0,553	0,553	0,553
Metionina + cistina digestível (%)	0,896	0,847	0,847	0,847	0,795	0,795	0,795
Triptofano digestível (%)	0,237	0,208	0,208	0,208	0,207	0,207	0,207
Treonina digestível (%)	0,791	0,791	0,791	0,791	0,791	0,791	0,791
Valina digestível (%)	0,937	0,937	0,937	0,937	0,937	0,937	0,937
Cálcio (%)	0,841	0,841	0,841	0,841	0,841	0,841	0,841
Fósforo disponível (%)	0,401	0,401	0,401	0,401	0,401	0,401	0,401
Sódio (%)	0,210	0,210	0,210	0,210	0,210	0,210	0,210
Zinco [§] (mg/kg)	87,881	86,552	146,552	206,552	84,978	144,978	204,978
Arginina digestível [¶] (%)	1,312	2,050	2,050	2,050	2,790	2,790	2,790

931 *Níveis de garantia por kg do produto: ácido fólico: 100,00 mg; ácido pantotênico: 1.100,00 mg; biotina: 5,52 mg;
932 selênio: 30,40 mg; cobre: 1.000,00 mg; zinco: 6.000,00 mg; colina: 47,50 g; ferro: 4.000,00 mg; iodo: 100,00 mg;
933 manganês: 7.000,00 mg; niacina: 3.500,00 mg; nicarbazina - narasina 5.000,00 mg / 5.000,00 mg; enramicina:
934 1.000,00 mg; vitamina A: 800.000,00 UI; vitamina B1: 180,00 mg; vitamina B12: 1.304,00 mcg; vitamina B2:
935 600,00 mg; vitamina B6: 260,00 mg; vitamina D3: 200.000,00 UI; vitamina E: 1.700,00 UI; vitamina K3: 200,00
936 mg; lisina: 80,00 g; metionina: 310,00 g. Recomendação: 10 kg/ tonelada de ração.

937 [†]Complexo Zinco Aminoácido. Níveis de garantia por kg do produto: 100.000,00 mg/kg. Recomendação para aves:
938 400 g/tonelada de ração.

939 [‡]L-Arginina HCl ou L-Arginina Cloridrato (Arginina Monohydrochloride).

940 [§]Quantidade total de zinco nas rações (zinco dos alimentos + óxido de zinco + complexo zinco aminoácido).

941 [¶]Quantidade total de arginina nas rações (arginina dos alimentos + L-arginina).

942
943
944

945 **Tabela 3** Condições ambientais observadas durante o período experimental*

Semana	Temperatura (°C)		Umidade Relativa (%)		ITGU [†]
	Máxima	Mínima	Máxima	Mínima	
1 ^a	38,75 ± 0,51	24,84 ± 0,42	71,21 ± 0,81	29,79 ± 1,95	81,97 ± 1,54
2 ^a	38,15 ± 0,70	25,41 ± 0,30	73,29 ± 4,84	29,71 ± 4,54	82,39 ± 0,62
3 ^a	38,38 ± 0,97	25,61 ± 0,97	74,07 ± 4,59	28,43 ± 5,51	81,84 ± 1,45
Média	38,43 ± 0,73	25,29 ± 0,56	72,86 ± 3,41	29,31 ± 4,00	82,07 ± 1,20

946 *Valores médios.

947 †Índice de Temperatura de Globo e Umidade.

948
949
950
951
952
953
954
955
956
957
958
959
960
961
962
963
964
965
966
967
968
969
970
971
972
973
974
975
976
977
978
979
980
981
982
983
984
985
986

987 **Tabela 4** Bioquímica sérica de frangos de corte, aos 21 dias de idade, alimentados com dietas
 988 suplementadas com zinco e arginina

Controle*	Arginina (%)	Zinco (mg/kg)			Média†	CV (%)	Valor P‡	
		0	60	120			L	Q
Proteínas totais (g/dL)								
2,51	1	2,70	2,24	2,21	2,38a	15,05	0,2148	0,2810
	2	2,19	2,15	2,28	2,20a			
Média		2,44	2,19	2,24				
Albumina (g/dL)								
1,38	1	1,38	1,25	1,17	1,27a	14,01	0,3571	0,3503
	2	1,25	1,19	1,32	1,25a			
Média		1,31	1,22	1,24				
Globulina (g/dL)								
1,13	1	1,32	0,99	1,04	1,12a	26,64	0,3206	0,4334
	2	0,94	0,96	0,96	0,95a			
Média		1,13	0,98	1,00				
Albumina: Globulina (g/dL)								
1,00	1	1,15	1,29	1,14	1,20a	26,47	0,9678	0,7703
	2	1,45	1,23	1,47	1,39a			
Média		1,30	1,26	1,31				
ALT (UI/L)								
13,58	1	9,38	8,33	13,04	10,25b	43,73	0,0178	0,2376
	2	11,48	12,00	20,38	14,62a			
Média		10,43	10,16	16,71				
AST (UI/L)								
253,51	1	213,18	236,23	222,09	223,83a	23,70	0,7773	0,9199
	2	239,38	227,34	244,10	236,94a			
Média		226,28	231,79	233,10				
Creatina quinase (UI/L)								
5.465,70	1	5.159,80	4.649,70	5.023,00	4.944,17a	31,55	0,5001	0,9505
	2	4.170,50	4.186,80	3.610,30	3.989,20a			
Média		4.665,15	4.418,25	4.316,65				
Glicose (mg/dL)								
151,18*	1	157,29	162,76	160,53	160,19a	4,60	0,3610	0,2803
	2	160,62	151,81	163,72*	158,72a			
Média		158,95	157,28	162,12				
Ácido úrico (mg/dL)								
7,09	1	6,53	6,09	6,83	6,48a	14,98	0,4131	0,6091
	2	6,12	6,53	6,96	6,41a			
Média		6,32	6,31	6,71				

989 Legenda: ALT – Alanina aminotransferase; AST – Aspartato aminotransferase

990 *Médias seguidas de asterisco diferem, do tratamento controle, pelo teste de Dunnett (P<0,05).

991 †Médias seguidas de mesma letra minúscula, na coluna, para uma mesma variável, não diferem entre si pelo teste de SNK
 992 (P>0,05).

993 ‡L, Q: Efeitos de ordem linear e quadrática relativos à inclusão de zinco na dieta.

994
 995
 996

997 **Tabela 5** Pesos absoluto (g) e relativo (%) do fígado e do pâncreas de frangos de corte, aos 21
 998 dias de idade, alimentados com dietas suplementadas com zinco e arginina

Controle*	Arginina (%)	Zinco (mg/kg)			Média [†]	CV (%)	Valor P [‡]	
		0	60	120			L	Q
Peso em jejum (g)								
872,00	1	893,50	822,50	850,00	855,33a	6,57	0,5616	0,0631
	2	823,00	795,00	837,00	818,33a			
Média		858,25	808,75	843,50				
Fígado (g)								
19,47*	1	20,58a	15,76b*	17,59a	17,98	9,00	0,0629	0,0219
	2	22,60a*	20,89a	18,11a	20,53			
Média		21,59	18,32	17,85				
Fígado (%)								
2,22*	1	2,30	1,94	2,07	2,10b	11,58	0,0376	0,8469
	2	2,76*	2,64	2,17	2,52a			
Média		2,53	2,29	2,12				
Pâncreas (g)								
2,32	1	2,10	1,89	2,09	2,03a	17,58	0,5814	0,5369
	2	2,08	2,04	1,92	2,01a			
Média		2,09	1,96	2,00				
Pâncreas (%)								
0,26	1	0,23	0,23	0,24	0,24a	15,32	0,6629	0,8281
	2	0,25	0,26	0,23	0,25a			
Média		0,24	0,24	0,24				

999 *Médias seguidas de asterisco diferem, do tratamento controle, pelo teste de Dunnett (P<0,05).

1000 †Médias seguidas de mesma letra minúscula, na coluna, para uma mesma variável, não diferem entre si pelo teste de SNK
 1001 (P>0,05).

1002 ‡L, Q: Efeitos de ordem linear e quadrática relativos à inclusão de zinco na dieta.

1003
 1004
 1005
 1006
 1007
 1008
 1009
 1010
 1011
 1012
 1013
 1014
 1015
 1016
 1017
 1018
 1019
 1020
 1021
 1022

1023 **Tabela 6** Peso de órgãos linfoides e morfometria da bolsa cloacal de frangos de corte, aos 21
 1024 dias de idade, alimentados com dietas suplementadas com zinco e arginina

Controle	Arginina (%)	Zinco (mg/kg)			Média*	CV (%)	Valor P [†]	
		0	60	120			L	Q
Timo (g)								
2,38	1	2,72	2,21	2,56	2,49a	14,98	0,3803	0,0226
	2	2,55	2,24	2,45	2,42a			
Média		2,64	2,22	2,50				
Baço (g)								
0,54	1	0,51	0,40	0,48	0,46a	19,65	0,5235	0,0916
	2	0,51	0,44	0,47	0,47a			
Média		0,51	0,42	0,47				
Bolsa cloacal (g)								
1,52	1	1,76	1,77	1,39	1,44a	24,90	0,6714	0,0922
	2	1,33	1,34	1,56	1,41a			
Média		1,54	1,25	1,47				
Área total do parênquima da bolsa cloacal (µm ²)								
342.415,35	1	344.540,20	298.471,35	305.696,35	316.235,97a	20,08	0,4211	0,4390
	2	296.083,47	285.220,13	292.211,84	291.171,81a			
Média		320.311,83	291.845,74	298.954,09				
Área da zona medular (µm ²)								
210.927,17	1	232.801,39	206.545,66	213.868,41	217.738,49a	20,07	0,5411	0,7204
	2	194.630,92	198.234,49	191.048,28	194.637,90a			
Média		213.716,15	202.390,07	202.458,34				
Área da zona cortical (µm ²)								
131.488,18	1	111.738,80	91.925,69	91.827,93	98.497,47a	29,56	0,4111	0,2586
	2	101.452,54	86.985,64	101.163,56	96.533,91a			
Média		106.595,67	89.455,66	96.495,74				
Zona cortical (%)								
38,19	1	32,36	31,22	29,98	31,19a	16,99	0,6456	0,3101
	2	33,94	29,77	34,13	32,61a			
Média		33,15	30,49	32,06				

*Médias seguidas de mesma letra minúscula, na coluna, para uma mesma variável, não diferem entre si pelo teste de SNK (P>0,05).

†L, Q: Efeitos de ordem linear e quadrática relativos à inclusão de zinco na dieta.

1025
 1026
 1027
 1028
 1029
 1030
 1031
 1032
 1033
 1034
 1035
 1036
 1037
 1038
 1039

1040 **Tabela 7** Morfometria intestinal do duodeno de frangos de corte, aos 21 dias de idade,
 1041 alimentados com dietas suplementadas com zinco e arginina

Controle*	Arginina (%)	Zinco (mg/kg)			Média [†]	CV (%)	Valor P [‡]	
		0	60	120			L	Q
Altura do vilão (µm)								
1.066,82	1	1.015,97	988,74	1.036,04	1.013,58a	13,43	0,0967	0,5740
	2	1.116,49	959,96	862,75	979,73a			
Média		1.066,23	974,35	949,39				
Profundidade da cripta (µm)								
90,32*	1	77,90	87,35	84,92	83,39a	14,11	0,8758	0,1061
	2	74,54	82,50	69,31*	75,45a			
Média		76,22	84,92	77,12				
Altura do vilão: Profundidade da cripta (µm)								
11,84	1	13,28	11,44	12,20	12,30a	13,43	0,1051	0,0535
	2	15,09	11,81	12,85	13,25a			
Média		14,18	11,62	12,52				
Largura do vilão (µm)								
108,46	1	108,44	112,35	109,29	110,03a	15,74	0,6779	0,2508
	2	110,91	119,04	103,79	111,25a			
Média		109,68	115,69	106,54				
Altura do enterócito (µm)								
52,18	1	51,17	52,84	55,70	53,24a	15,68	0,9668	0,7725
	2	56,36	56,39	51,52	54,76a			
Média		53,77	54,62	53,61				
Espessura da parede (µm)								
1.348,26	1	1.333,67	1.251,95	1.314,22	1.299,95a	11,11	0,0825	0,4581
	2	1.368,20	1.217,18	1.117,52	1.234,30a			
Média		1.350,93	1.234,57	1.215,87				

1042 *Médias seguidas de asterisco diferem, do tratamento controle, pelo teste de Dunnett (P<0,05).

1043 †Médias seguidas de mesma letra minúscula, na coluna, para uma mesma variável, não diferem entre si pelo teste de SNK
 1044 (P>0,05).

1045 ‡L, Q: Efeitos de ordem linear e quadrática relativos à inclusão de zinco na dieta.

1046
 1047
 1048
 1049
 1050
 1051
 1052
 1053
 1054
 1055
 1056
 1057
 1058
 1059
 1060

1061 **Tabela 8** Morfometria intestinal do jejuno de frangos de corte, aos 21 dias de idade, alimentados
 1062 com dietas suplementadas com zinco e arginina

Controle*	Arginina (%)	Zinco (mg/kg)			Média†	CV (%)	Valor P‡	
		0	60	120			L	Q
Altura do viló (µm)								
701,09	1	691,82	772,32	667,54	710,56a	11,11	0,1158	0,4929
	2	743,22	646,73	644,18	578,05a			
Média		717,52	709,53	655,86				
Profundidade da cripta (µm)								
69,63	1	61,86	72,52	71,68	68,69a	16,30	0,1607	0,0537
	2	64,55	77,66	68,62	70,28a			
Média		63,21	75,09	70,15				
Altura do viló: Profundidade da cripta (µm)								
9,29	1	11,30	10,72	9,51	10,51a	16,62	0,0881	0,3811
	2	10,46	8,54	9,52	9,44a			
Média		10,93	9,63	9,52				
Largura do viló (µm)								
89,82	1	89,22	85,14	93,11	89,16a	15,40	0,8580	0,9348
	2	91,52	95,83	89,81	92,39a			
Média		90,37	90,48	91,46				
Altura do enterócito (µm)								
45,01	1	43,83	40,93	47,47	44,08a	15,18	0,7089	0,7178
	2	45,76	47,88	44,40	46,01a			
Média		44,79	44,41	45,93				
Espessura da parede (µm)								
906,67*	1	930,00a	1.053,61a*	909,36a	964,32	7,93	0,6083	0,0020
	2	998,57a	886,15b	890,36a	925,03			
Média		964,29	969,88	899,86				

1063 *Médias seguidas de asterisco diferem, do tratamento controle, pelo teste de Dunnett (P<0,05).

1064 †Médias seguidas de mesma letra minúscula, na coluna, para uma mesma variável, não diferem entre si pelo teste de SNK
 1065 (P>0,05).

1066 ‡L, Q: Efeitos de ordem linear e quadrática relativos à inclusão de zinco na dieta.
 1067

1068

1069

1070

1071

1072

1073

1074

1075

1076 **Tabela 9** Morfometria intestinal do íleo de frangos de corte, aos 21 dias de idade, alimentados
 1077 com dietas suplementadas com zinco e arginina

Controle	Arginina (%)	Zinco (mg/kg)			Média*	CV (%)	Valor P [†]	
		0	60	120			L	Q
Altura do vilão (µm)								
579,38	1	543,20	549,35	637,96	576,84a	15,01	0,1302	0,4618
	2	591,22	595,19	614,38	600,26a			
Média		567,21	572,27	626,17				
Profundidade da cripta (µm)								
59,74	1	60,41	53,25	62,44	58,70a	16,37	0,5676	0,1548
	2	64,05	62,51	67,17	64,58a			
Média		62,23	57,88	64,80				
Altura do vilão: Profundidade da cripta (µm)								
10,00	1	9,05	10,71	10,30	10,02a	20,19	0,5021	0,2747
	2	9,32	9,87	9,22	9,47a			
Média		9,19	10,29	9,76				
Largura do vilão (µm)								
86,88	1	72,74	71,87	85,11	76,58a	14,35	0,0113	0,1843
	2	73,00	75,61	86,92	78,51a			
Média		72,87	73,74	86,02				
Altura do enterócito (µm)								
44,14	1	34,80	36,64	43,80	38,41a	15,11	0,0033	0,2601
	2	36,63	37,86	43,73	39,40a			
Média		35,71	37,25	43,76				
Espessura da parede (µm)								
821,67	1	756,95	795,67	894,78	815,80a	10,48	0,0052	0,6736
	2	793,74	837,88	880,22	840,39a			
Média		773,30	816,77	887,50				

1078 *Médias seguidas de mesma letra minúscula, na coluna, para uma mesma variável, não diferem entre si pelo teste de SNK
 1079 (P>0,05).

1080 †L, Q: Efeitos de ordem linear e quadrática relativos à inclusão de zinco na dieta.
 1081

1082
 1083
 1084
 1085
 1086
 1087
 1088
 1089
 1090
 1091
 1092
 1093
 1094
 1095
 1096

1097 **Tabela 10** Empenamento, resistência e histomorfometria da pele de frangos de corte, aos 21 dias
 1098 de idade, alimentados com dietas suplementadas com zinco e arginina

Controle*	Arginina (%)	Zinco (mg/kg)			Média [†]	CV (%)	Valor P [‡]	
		0	60	120			L	Q
Peso das penas (g)								
50,00	1	52,00	39,00	44,50	45,17a	18,91	0,5112	0,0196
	2	45,00	37,50	47,00	43,17a			
Média		48,50	38,25	45,75				
Diferença de lesão na pele (cm)								
0,26	1	0,16	0,25	0,24	0,22a	34,11	0,9683	0,7402
	2	0,27	0,25	0,21	0,24a			
Média		0,22	0,25	0,22				
Espessura do estrato córneo da epiderme (µm)								
72,92	1	74,27	64,05	70,50	69,60a	19,12	0,6603	0,5647
	2	70,40	72,36	69,12	70,63a			
Média		72,33	68,20	69,81				
Espessura da epiderme (µm)								
115,41	1	118,90	115,35	117,84	117,36a	12,01	0,7096	0,9215
	2	119,66	121,99	116,24	119,30a			
Média		119,28	118,67	117,04				
Espessura da derme (µm)								
534,42*	1	563,04	560,85	529,91	551,27b	14,51	0,0420	0,4982
	2	709,91*	576,65	569,05	618,54a			
Média		636,48	568,75	549,48				
Número de células da epiderme								
29,10	1	29,66	29,21	30,13	29,67a	11,02	0,4084	0,6899
	2	31,47	29,78	28,66	29,97a			
Média		30,57	29,50	29,40				
Número de fibroblastos								
28,80	1	29,18	30,94	29,98	30,04a	9,52	0,5475	0,4850
	2	32,99	32,20	30,27	31,82a			
Média		31,09	31,57	30,13				

*Médias seguidas de asterisco diferem, do tratamento controle, pelo teste de Dunnett (P<0,05).

[†]Médias seguidas de mesma letra minúscula, na coluna, para uma mesma variável, não diferem entre si pelo teste de SNK (P>0,05).

[‡]L, Q: Efeitos de ordem linear e quadrática relativos à inclusão de zinco na dieta.

1099
 1100
 1101
 1102
 1103

1104 **Figuras**

1105

1106

1107

1108

1109

1110

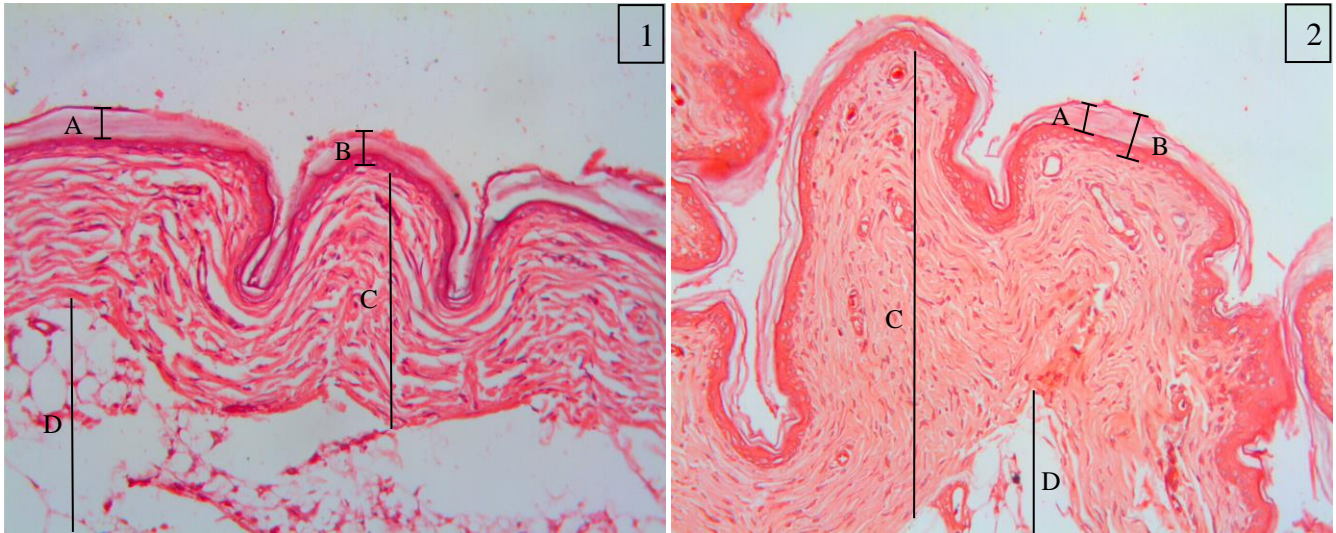
1111

1112

1113

1114

1115



1116

1117

1118

1119

1120

1121

1122

1123

1124

1125

1126

1127

1128

1129

1130

1131

1132

1133

1134

1135

1136

Figura 1 Estrato córneo da epiderme (A), epiderme (B), derme (C) e hipoderme (D), da pele de frangos de corte recebendo dietas suplementadas com 1% de arginina e 120 mg de zinco/kg de ração (1), e com 2% de arginina nas dietas (2). 20X. (Coloração Hematoxilina e Eosina).

1137
1138
1139
1140
1141
1142
1143
1144
1145
1146
1147
1148
1149
1150
1151
1152
1153
1154
1155
1156
1157
1158
1159
1160
1161
1162
1163
1164
1165
1166
1167
1168
1169
1170

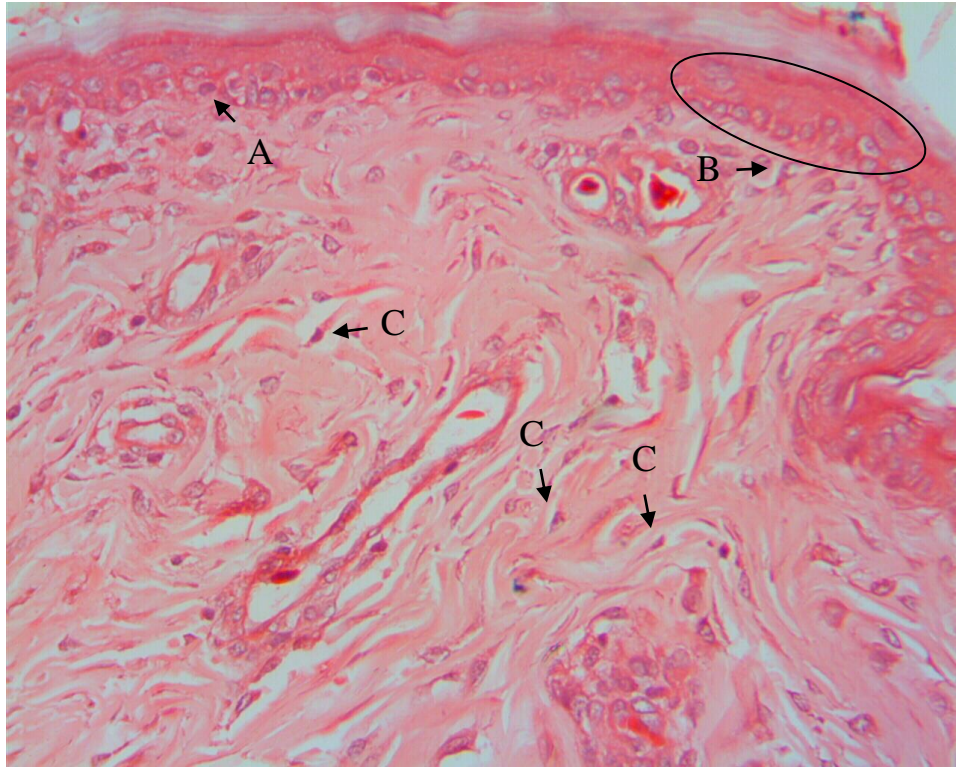


Figura 2 Célula apoptótica (A), células normais justapostas e com formato poliédrico (B) na epiderme, e fibroblastos (C) na derme da pele de frangos de corte alimentados com dietas suplementadas com 2% de arginina. 40X. (Coloração Hematoxilina e Eosina).

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A formulação de dietas para frangos de corte, mantidos em ambiente de alta temperatura, sempre será um desafio para os nutricionistas. Na tentativa de otimizar o crescimento das aves, sugere-se o uso de nutrientes funcionais, acima das exigências, tanto em virtude da redução no consumo de ração, promovida pelo estresse, quanto devido ao efeito benéfico da suplementação com elevados valores ter efeito mais pronunciado apenas quando em altas concentrações no sangue. Entretanto, nem todos os nutrientes funcionais são assimilados, pelo organismo, em quantidades acima das necessidades diárias e, seu excesso, no trato digestivo do animal, pode interferir na digestão e absorção de outros nutrientes, causando prejuízos em variáveis de importância econômica na produção avícola.

As respostas da suplementação de zinco e arginina, em dietas de frangos de corte, mantidos em ambiente de alta temperatura, demonstram que esses nutrientes não melhoram e, quando em associação, até prejudicam o desempenho produtivo, o rendimento de carcaça e cortes, a metabolizabilidade e a deposição de nutrientes na carcaça, e a resposta imune das aves, e, portanto, não devem ser utilizados nas dietas. Recomenda-se que os níveis de zinco e de arginina adicionados em dietas para aves estressadas por calor, não ultrapassem os preconizados pelas tabelas de exigências nutricionais.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS GERAIS

ASSOCIATION OF AMERICAN FEED CONTROL OFFICIALS. **Official Publication**, p. 143. Association of American Feed Control Officials, 1999.

AIN BAZIZ, H. A. et al. Chronic heat exposure enhances fat deposition and modifies muscle and fat partition in broiler carcasses. **Poultry Science**, v. 75, p. 505-513, 1996.

AMATO, J. L. D.; HUMPHREY, B. D. Dietary arginine levels alter markers of arginine utilization in peripheral blood mononuclear cells and thymocytes in young broiler chicks. **Poultry Science**, v. 89, p. 938-947, 2010.

AO, T. et al. Effects of feeding different concentration and forms of zinc on the performance and tissue mineral status of broiler chicks. **British Poultry Science**, v. 52, p. 466-471, 2011.

AO, T. et al. Effects of feeding different forms of zinc and copper on the performance and tissue mineral content of chicks. **Poultry Science**, v. 88, p. 2171-2175, 2009.

BARTLETT, J. R.; SMITH, M. O. Effects of different levels of zinc on the performance and immunocompetence of broilers under heat stress. **Poultry Science**, v. 82, p. 1580-1588, 2003.

BERTECHINI, A. G. **Nutrição de Monogástricos**. Lavras: Editora UFLA, 2012. 373 p.

BOIAGO et al. Desempenho de frangos de corte alimentados com dietas contendo diferentes fontes de selênio, zinco e manganês, criados sob condições de estresse térmico. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 65, p. 241-247, 2013.

BOSCHINI, C. et al. Relação entre a proteína de choque térmico e o estresse térmico em frangos de corte. **Archivos de Zootecnia**, v. 60, p. 63-77, 2011.

BREUNER, C. W.; ORCHINIK, M. Plasma binding proteins as mediators of corticosteroid in vertebrates. **Journal of Endocrinology**, v. 175, p. 99-112, 2002.

BRIDI, A. M. **Adaptação e Aclimação Animal**. [2010]. Disponível em: <http://www.uel.br/pessoal/ambridi/Bioclimatologia_arquivos/AdaptacaoeAclimatacaoAnimal.pdf> Acesso em: 19 de março de 2017.

BROSNAN, M. E.; BROSNAN, J. T. Renal arginine metabolism. **The Journal of Nutrition**, v. 134, p. 2791S-2795S, 2004.

CASSUCE, D. C. et al. Thermal comfort temperature update for broiler chickens up to 21 days of age. **Engenharia Agrícola** v. 33, p. 28-36, 2013.

CORZO, A.; KIDD, M. T. Arginine needs of the chick and growing broiler. **International Journal of Poultry Science**, v. 2, p. 379-382, 2003.

CUI, H. et al. Pathology of lymphoid organs in chickens fed a diet deficient in zinc. **Avian Pathology**, v. 33, p. 519-524, 2004.

DONKER, R. A.; BEUVING, G. Effect of corticosterone infusion on plasma corticosterona concentration, antibody production, circulating leukocytes and growth in chicken lines selected for humoral immune responsiveness. **British Poultry Science**, v. 30, p. 361-369, 1989.

EBRAHIMZADEH, S. K.; FARHOOMAND, P.; NOORI, K. Immune response of broiler chickens fed diets supplemented with different level of chromium methionine under heat stress conditions. **Asian-Australasina Journal of Animal Science**, v. 25, p. 256-260, 2012.

EMADI, M. et al. Growth performance and blood parameters as influenced by different levels of dietary arginine in broiler chickens. **Journal of Animal and Veterinary Advances**, v. 9, p. 70-74, 2010.

EMADI, M. et al. Nutrition and immunity: the effects of the combination of arginine and tryptophan on growth performance, serum parameters and immune response in broiler chickens challenged with infectious bursal disease vaccine. **Avian Pathology**, v. 40, p. 63-72, 2011.

FERNANDES, J. I. M.; MURAKAMI, A. E. Arginine metabolism in uricotelic species. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v. 32, p. 357-366, 2010.

FERNANDES, M. N. S. Metabolismo do zinco na nutrição de frangos de corte e suas respostas no desempenho e no sistema imune. **Revista Eletrônica Nutritime**, v. 06, p. 2104 – 2115, 2012.

FOUAD, A. M. et al. Role of dietary L-arginine in poultry production. **International Journal of Poultry Science**, v. 11, p. 718-729, 2012.

GOMES, P. C. et al. Exigências nutricionais de zinco para frangos de corte machos e fêmeas na fase inicial. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, p. 79-83, 2008.

GRANDIN, T. Objective scoring on animal handling and stunning practices in slaughter plants. **Journal of the American Veterinary Medical Association**, v. 212, p. 36-39, 1998.

GUIMARÃES, E. B. et al. Porcentagem de parênquima e índice apoptótico da bolsa cloacal em frangos de corte ambiente de conforto e estresse térmico. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 55, p. 178-186, 2003.

JIAO, P. et al. Effects of dietary arginine and methionine levels on broiler carcass traits and meat quality. **Journal of Animal and Veterinary Advances**, v. 9, p. 1546-1551, 2010.

JUNQUEIRA, L.C.U. Glândulas endócrinas. In: CARNEIRO, J. (Ed.) **Histologia básica**. 11.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008. p.389-413.

JUNQUEIRA, O. M. et al. Efeitos das fontes e níveis de sódio, cloro e potássio e da relação (Na + K)/Cl, sobre o desempenho e características do plasma sanguíneo de poedeiras comerciais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, p. 1110-1116, 2000.

KAKHKI, R. A. N.; BAKHSHALINEJAD, R.; SHAFIEE, M. Effect of dietary zinc and α -tocopheryl acetate on broiler performance, immune responses, antioxidant enzyme activities, minerals and vitamin concentration in blood and tissues of broilers. **Animal Feed Science and Technology**, v. 221, p. 12–26, 2016.

- KIDD, M. T. et al. Growth and immunity of broiler chicks as affected by dietary arginine. **Poultry Science**, v. 80, p. 1535-1542, 2001.
- KIDD, M. T. et al. Turkey hen zinc source affects progeny immunity and disease resistance. **Journal Applied Poultry Research**, v. 9, p. 414-423, 2000.
- KIDD, M. T. Nutritional modulation of immune function in broilers. **Poultry Science**, v. 83, p. 650-657, 2004.
- LAI, P. W. et al. Effects of varying dietary zinc levels and environmental temperatures on the growth performance, feathering score and feather mineral concentrations of broiler chicks. **Asian-Australasina Journal of Animal Science**, v. 23, p. 937-945, 2010.
- LAITY, J. H.; ANDREWS, G. K. Understanding the mechanisms of zinc-sensing by metal-response element binding transcription factor-1 (MTF-1). **Archives of Biochemistry and Biophysics**, v. 463, p. 201-210, 2007.
- LAGANÁ, C. et al. Suplementação de vitaminas e minerais orgânicos nos parâmetros bioquímicos e hematológicos de frangos de corte em estresse por calor. **Boletim de Indústria Animal**, v. 62, p.157-165, 2005.
- LAGANÁ, C. Influência de altas temperaturas na alimentação de frangos de corte. **Pesquisa & Tecnologia**, v. 5, n. 2, 2008.
- LEESON, S.; SUMMERS, J. D. **Commercial poultry nutrition**. 3th. Guelph: University Books, 2005. 413 p.
- LENINGHER, A. L. **Princípios de Bioquímica**. 3. ed. São Paulo: Sarvier, 2002.
- LOPES, J. C. O.; RIBEIRO, M. N.; LIMA, V. B. S. Estresse por calor em frangos de corte. **Nutritime Revista Eletrônica**, v. 12, p. 4478-4487, 2015.
- MAIORKA, A.; MACARI, M. Absorção de Minerais. In: MACARI, M.; FURLAN, R. L.; GONZALES, E. **Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte**. Jaboticabal: FUNEP/UNESP, 2002. 375 p.
- MCCALL, K. A.; HUANG, C. C.; FIERKE, C. A. Function and mechanism of zinc metalloenzymes. **Journal of Nutrition**, v. 130, p. 1437S-1446S, 2000.
- McDOWELL, L. R. **Minerals In Animal And Human Nutrition**. 1992. 524 p.
- MEDEIROS, C. M. et al. Efeitos da temperatura, umidade relativa e velocidade do ar em frangos de corte. **Engenharia na Agricultura**, v. 13, p. 277-286, 2005.
- NASCIMENTO, S. T.; SILVA, I. J. O. [2010]. **As perdas de calor das aves: entendendo as trocas de calor com o meio ambiente**. Disponível em:

<http://www.avisite.com.br/cet/img/20100916_trocasdecalor.pdf> Acesso em: 19 de março de 2017.

NRC – National Research Council. **Nutrient requirements of poultry**. 9.ed. Washington: National Academy Press, 1994. 155 p.

OLIVEIRA NETO, A. R.; OLIVEIRA, W. Aminoácidos para frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, p. 205-208, 2009.

OLIVEIRA NETO, A. R. et al. Metabolizable energy level for broilers from 22 to 42 days of age maintained under thermoneutral environment. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, p.1132-1140, 2000.

OLIVEIRA, R. F. M. et al. Efeitos da temperatura e da umidade relativa sobre o desempenho e o rendimento de cortes nobres de frangos de corte de 1 a 49 dias de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, p. 797-803, 2006.

OLIVEIRA, W. P. et al. Redução do nível de proteína bruta em rações para frangos de corte em ambiente de estresse por calor. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, p. 1092-1098, 2010.

PEROZO-MARIN, F. et al. Caracterización morfológica de los órganos linfoides en pollos de engorde de la línea ross criados bajo condiciones de campo en el Estado Zulia, Venezuela. **Revista Científica**, Faculdade de Ciências Veterinárias - LUZ, v. 14, p. 217-225, 2004.

RAMOS, L. S. N. et al. Utilização de enzimas exógenas em dietas de frangos de corte. **Revista Científica de Produção Animal**, v. 9, n. 1, 2007.

RAPP, C. et al. Effect of zinc source on intestinal lesion and performance of broilers exposed to coccidiosis. **Zootecnica International**, v. 2, p. 40–43, 2004.

RIBEIRO, A. M. L. et al. Suplementação de vitaminas e minerais orgânicos e sua ação sobre a imunocompetência de frangos de corte submetidos a estresse por calor. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, p. 636-644, 2008.

ROSSI, P. et al. Influence of graded levels of organic zinc on growth performance and carcass traits of broilers. **Journal Applied Poultry Research**, v. 16, p. 219-225, 2007.

ROSTAGNO, H. S. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 3.ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2011. 252 p.

RUIZ-FERIA, C. A.; ABDUKALYKOVA, S. T. Arginine and vitamin E improve the antibody responses to infectious bursal disease virus (IBDV) and sheep red blood cells in broiler chickens. **British Poultry Science**, v. 50, p. 291-297, 2009.

SAHIN, K. et al. Role of dietary zinc in heat-stressed poultry: A review. **Poultry Science** v. 88, p. 2176–2183, 2009.

- SAHIN, K. et al. Supplementation of zinc from organic or inorganic source improves performance and antioxidant status of heat-distressed quail. **Poultry Science**, v. 84, p. 882-887, 2005.
- SAJADIFAR, S.; MIRANZADEH, H. High levels of zinc stimulate different aspects of immune system in broiler chicks. **International Journal of Poultry Science**, v. 12, p. 94-97, 2013.
- SAKOMURA, N. K. et al. Efeito do nível de energia metabolizável da dieta no desempenho e metabolismo energético de frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, p. 1758-1767, 2004.
- SALABI, F. et al. Effects of different levels of zinc on the performance and carcass characteristics of broiler reared under heat stress condition. **Journal of Animal and Veterinary Advance**, v. 10, p. 1332-1335, 2011.
- SALIM, H. M. et al. Effect of sex and dietary organic zinc on growth performance, carcass traits, tissue mineral content, and blood parameters of broiler chickens. **Biological Trace Element Research**, v. 147, p. 120-129, 2012.
- SANTOS, C.; FONSECA, J. Zinco: fisiopatologia, clínica e nutrição. **Associação Portuguesa de Nutrição Entérica e Parentérica**, v. 6, 2012.
- SARVARI, B. G. et al. Effects of dietary zinc oxide and a blend of organic acids on broiler live performance, carcass traits, and serum parameters. **Brazilian Journal of Poultry Science**, v. 17, p. 39-46, 2015.
- SILVA, G. C. et al. Suplementação com zinco e selênio em frangos de corte submetidos a estresse cíclico de calor. **Revista Ceres**, v. 62, p. 372-378, 2015.
- SILVA JR., R. G. C. et al., 2005: Exigências de metionina + cistina para frangos de corte machos de 1 a 21 e de 22 a 42 dias de idade, em clima tropical. **Revista Brasileira Zootecnia** **34**, 2399-2407 (supl.).
- SILVA, S. R. G. et al. Fundamentos da imunonutrição em aves. **Revista Eletrônica Nutritime**, v. 10, p. 2154-2172, 2013.
- STAR, L. et al. Bioavailability of organic and inorganic zinc sources in male broilers. **Poultry Science**, v. 91, p. 3115-3120, 2012.
- SUO, H. et al. Relative bioavailability of zinc-methionine chelate for broilers fed a conventional corn-soybean meal diet. **Biological Trace Element Research**, v. 165, p. 206-213, 2015.
- TANYOLAÇ, A. et al. Ozel Histoloji. **Journal of Veterinary and Animal Sciences**, p. 163-172, 1993.
- TEMIM, S.; CHAGNEAU, A. M.; GUILLAUMIN, S. Does excess dietary protein improve growth performance and carcass characteristics in heat-exposed chickens? **Poultry Science**, v. 79, p. 312-317, 2000.

TOGHYANI, M. et al. Immune responses of broiler chicks fed chromium picolinate in heat stress condition. **The Journal of Poultry Science**, v. 44, p. 330-334, 2007.

TRINDADE NETO, M. A. et al. Lisina digestível e zinco orgânico para frangos de corte machos na fase de 22 a 42 dias de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, p. 2460-2470, 2010.

VAZ, R. G. M. V. et al. Níveis de vitamina em rações para frangos de corte mantidos em ambiente de alta temperatura no período de 1 a 42 dias de idade. **Bioscience Journal**, v. 30, p. 1522-1528, 2014.

WEINSTOCK, D.; SCHAT, K. A.; CALNEK, B. W. Cytotoxic T lymphocytes in reticuloendotheliosis virus-infected chickens. **European Journal of Immunology**, v. 19, p. 267-272, 1989.

ZHANG, B. et al. zinc prevents *Salmonella enterica* serovar typhimurium-induced loss of intestinal mucosal barrier function in broiler chickens. **Avian Pathology**, v. 41, p. 361-367, 2012.

ZHAO, J. et al. Effect of dietary zinc level on serum carotenoid levels, body and shank pigmentation of chickens after experimental infection with coccidian **Archives of Animal Nutrition**, v. 60, p. 218-228, 2006.

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
COORDENAÇÃO DO MESTRADO EM CIÊNCIA ANIMAL**

RESOLUÇÃO 001/03-CCMCA

O Coordenador do Curso de Mestrado em Ciência Animal da UFPI, do uso de suas atribuições e em atenção à deliberação do Colegiado em sessão ordinária realizada no dia 22.05.2003 e ao disposto na Resolução nº 160/98-CEPEX,

RESOLVE:

ESTABELECER as seguintes normas para elaboração e apresentação de Dissertação:

Art. 1º Do candidato ao grau de Mestre exigir-se-á a aprovação de dissertação no qual o aluno demonstre domínio atualizado do tema escolhido.

Art. 2º O trabalho final deverá ser apresentado na forma de artigos científicos, no mínimo um artigo para dissertações e dois para teses, redigidos de acordo com revista indexada da área, de acordo com o seguinte roteiro:

I – CAPA: é a cobertura que reveste a obra e deve conter o nome do autor, título, local e ano. A lombada deve conter ano, nome do autor, curso e tipo (Dissertação). A encadernação deve ser em cor verde, com letras em cor dourada;

II - FOLHA DE ROSTO: deve conter os elementos essenciais à identificação do trabalho (autor, título, título universitário, local e ano);

III – FICHA CATALOGRÁFICA: deve conter nome do autor, título, título universitário, local, ano, orientador e palavras-chave;

IV – TERMO DE APROVAÇÃO: elaborado pela Secretaria do Curso devendo ser assinada pela Comissão Examinadora junto a Ata de Defesa e pelo Coordenador do Curso quando da apresentação da versão final. Deve conter: título, nome do aluno e termo de aprovação com identificação do título universitário;

V – DEDICATÓRIA E AGRADECIMENTOS (**Opcional**): aparecem em folhas distintas. As vinculações com instituições e/ou subvenções financeiras para execução do trabalho devem aparecer nestes itens. Texto em espaço 1,5. Numeração de página em romano (no canto superior direito);

VI – SUMÁRIO: relação dos títulos e subtítulos das partes do trabalho, na ordem em que são desenvolvidos, com a indicação da página inicial de cada elemento. Texto em espaço 1 com uma linha em branco entre os diferentes itens. A subordinação das sessões deve ser realçada em margem recuada, independente do uso ou não da numeração. Numeração de página em romano (no canto superior direito);

VII – LISTA DE TABELAS (**Opcional**): relação das tabelas na ordem em que aparecem no texto com apresentação similar a do sumário;

IX – LISTA DE ABREVIATURAS OU SÍMBOLOS (**Opcional**): relação de abreviaturas e/ou siglas e/ou símbolos empregados no texto, em ordem alfabética, seguidos do significado correspondente. Numeração de página em romano (no canto superior direito);

X – RESUMO: conteúdo conciso do trabalho, sem a repetição do título. Devem fazer parte do mesmo informações sobre os objetivos, metodologia, resultados e conclusões. Texto em espaço 1 e parágrafo único, podendo ter até 1.400 toques. Numeração da página em romano (no

canto superior direito). No caso da dissertação ou tese incluir mais de um artigo científico, deve ser elaborado um resumo geral para o conjunto do trabalho;

XII – INTRODUÇÃO: deve ser um texto conciso englobando a justificativa, revisão bibliográfica e a descrição da proposta geral do trabalho, assim como sua estrutura formal, destacando-se as revistas científicas a que foram ou serão submetidos cada artigo. Texto em espaço 1,5 com uma linha em branco entre os diferentes itens;

XIII – CORPO DO(S) ARTIGO(S) CIENTÍFICO(S): deve ser constituído por um ou mais capítulos independentes, **contendo artigos completos**, redigidos segundo as normas de uma revista científica indexada. Na montagem da dissertação, figuras e tabelas devem ser apresentadas inseridas no corpo do texto, próximas da primeira citação. Serão aceitas cópias de separatas. Quando algum artigo já se encontrar publicado (restrito a artigos publicados no período de realização do curso, vinculados ao projeto de dissertação ou tese apresentado). Neste caso, a(s) cópia(s) do(s) artigo(s) deverá (deverão) ser apresentada(s) em papel tamanho A4, sendo uma cópia por página;

XIV – CONSIDERAÇÕES FINAIS: Quando for apresentado mais de um artigo científico deverá ser incluído o item “Conclusões Gerais”. Neste capítulo deverão ser apresentadas as “recomendações para novos trabalhos”. Texto em espaço 1,5 com uma linha em branco entre os diferentes itens;

XV – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS DA INTRODUÇÃO: deve conter a lista das referências bibliográficas apresentadas no capítulo introdução, segundo as normas da ABNT;

XVI – ANEXO ou APÊNDICE (**Opcional**): deverá conter as tabelas referentes aos testes estatísticos que não tenham sido incluídas no CORPO DO ARTIGO CIENTÍFICO;

XVII – NORMAS DE PUBLICAÇÃO: as normas de publicação (instrução para os autores) da (s) revista(s) selecionadas(s) deverão ser entregues em separado para Comissão Examinadora.

XVIII – APRESENTAÇÃO: deve ser utilizado papel tamanho A-4 (210 x 297 mm). Para ilustrações desdobráveis usar o formato A-3 (297 x 420 mm). As margens, exceto para os artigos científicos, devem obedecer espaçamentos: superior 35 mm, inferior 20 mm, esquerda 30 mm e direita 30 mm e direita 15 mm.

XIX – NUMERAÇÃO DAS PÁGINAS: a parte preliminar da estrutura deve ser numerada com algarismos romanos pequenos (i, ii, iii, iv, ...), exceto a página de rosto que é contado mas não numerada. As páginas do texto e material de referência devem ser numeradas com números arábicos.

Art. 4º Esta Resolução se aplica aos alunos ingressos no Curso a partir do ano 2002, sendo opcional para os alunos ingressos em 2001.

4Teresina, 22 de outubro de 2004.

Prof. Dr. João Batista Lopes
Coordenador do Mestrado em Ciência Animal



INSTRUCTIONS TO AUTHORS

- [Scope and Editorial policies](#)
- [Guidelines to prepare the manuscript](#)
- [Guidelines to submit the manuscript](#)

Scope and Editorial policies

Scope

Revista Brasileira de Zootecnia-Brazilian Journal of Animal Science (RBZ) encompasses all fields of Animal Science Research. The RBZ publishes original scientific articles in the areas of Aquaculture; Biometeorology and Animal Welfare; Forage; Animal Genetics and Breeding, Animal Reproduction; Ruminant and Non-Ruminant Nutrition; Animal Production Systems and Agribusiness.

Open access and peer review

The RBZ is sponsored by the Brazilian Society of Animal Science, which provides readers or their institutions with free access to peer-reviewed articles published online by RBZ. Users have the right to read, download, copy, distribute, print, search, or link to the full texts of articles. **Revista Brasileira de Zootecnia** is included in the Directory of Open Access Journals (DOAJ).

All the contents of this journal, except where otherwise noted, are licensed under a Creative Commons attribution-type BY (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

A peer-review system is exerted on manuscripts sent for appreciation to maintain standards of quality, improve performance, and provide credibility. We use the double-blind style of reviewing by concealing the identity of the authors from the reviewers, and vice versa. Communication with authors should only be through the Scientific Editor (named as Editor-in-chief). Authors are given the chance to designate names to be considered by the Editor-in-chief as preferred or non-preferred reviewers. Reviewers should notify the editor about conflicts of interest (either positive or negative) that may compromise their ability to provide a fair and an unbiased review.

Assurance of contents and assignment of copyright

When submitting a manuscript for review, authors should make sure that the results of the work are original, and that the total or partial content of the manuscript, regardless of the language, has not been/ is not being considered for publication in any other scientific journal. Additionally, the authors assure that if they have used the work and/or words of others this has been appropriately cited or quoted warranting absence of plagiarism, which constitutes unethical publishing behavior.

Papers already published or that have been submitted to any other journal will not be accepted. Fractioned or subdivided studies should be submitted together because they will be assigned to the same reviewers.

The content of the articles published by **Revista Brasileira de Zootecnia** is of sole responsibility of their authors.

Authors who have a manuscript approved by RBZ are also requested to authorize that the right of total or partial electronic and graphic reproduction (copyright) of the paper be transferred to the Brazilian Society of Animal Science, which ensure us the rights necessary for the proper administration of electronic rights and online dissemination of journal articles.

After completing the submission of the manuscript by using the Manuscript Central™ online system, the corresponding author will be asked to email the file named Assurance of Contents and Copyright and will be responsible for stating the information required in the document regarding the manuscript and all co-authors. A template with the same name has been already prepared by the Brazilian Society of Animal Science and is available on the journal website at <http://www.revista.sbz.org.br/assurance-of-contents/?idiom=en>.

The original text of the template must not be altered but only completed with the necessary information. The corresponding author must fill it out properly, sign it, initial all pages, scan and email it to RBZ's office e-mail address secretariarbz@sbz.org.br confirming all authors' participation in the manuscript.

The manuscript will not be considered for peer reviewing without this form. The deadline will be set allowing a period of 15 days for delivery of forms after which the editorial office will act by withdrawing the manuscript.

Language

Submissions will only be accepted in the English language (either American or British spelling). The editorial board of RBZ reserves the right to demand that authors revise the translation or to cancel the processing of the manuscript if the English version submitted contains errors of spelling, punctuation, grammar, terminology, jargons or semantics that can either compromise good understanding or not follow the Journal's standards. It is strongly recommended that the translation process be performed by a professional experienced in scientific writing familiar with Animal Science, preferably a native speaker of English.

Publication costs

Processing fee

The payment of the processing fee is a prerequisite for submitting manuscripts to referees. The processing fee is of R\$ 53.00 (Fifty-three reais and no cents) for both members and non-members of the Brazilian Society of Animal Science (BSAS). Payment must be done according to guidance available on the SBZ website (www.sbz.org.br).

Publication fee

Revista Brasileira de Zootecnia adopt an Open Access policy and OA articles are freely accessible through the journal's website at <http://www.scielo.br/rbz> at the time of publication. The current article publication fee in the journal is of R\$ 160.00 (One hundred and sixty reais and no cents) per page if at least one author is a member of the BSAS. The member must be the first author or the corresponding author of the manuscript. If no authors are BSAS members, the publication fee is of R\$ 260.00 (Two hundred and sixty reais and no cents) per journal page. The Real is the present-day currency of Brazil. Its sign is R\$.

Care and use of animals

Revista Brasileira de Zootecnia is committed to the highest ethical standards of animal care and use. Research presented in manuscripts reporting the use of animals must guarantee to have been conducted in accordance with applicable federal, state, and local laws, regulations, and policies governing the care and use of animals. The author should ensure that the manuscript contains a statement that all procedures were performed in compliance with relevant laws and institutional guidelines and, whenever pertinent, that the appropriate institutional committee(s) has approved them before commencement of the study.

Types of articles

Full-length research article: A full-length research paper provides a complete account of the experimental work. The text should represent the research process and foster its cohesive understanding and a coherent explanation regarding all the experimental procedures and results and must provide the minimal information necessary for an independent reproduction of the research.

Short communication: A succinct account of the final results of an experimental work, which has full justification for publication, although with a volume of information which is not sufficient to be considered a full-length research article. The results used as the basis to prepare the short communication cannot be used subsequently, neither partially nor wholly, for the presentation of a full-length article.

Technical note: An evaluation report or proposition of a method, procedure or technique that correlates with the scope of RBZ. Whenever possible, one should show the advantages and disadvantages of the new method, procedure or technique proposed, as well as its comparison with those previously or currently employed, presenting the proper scientific rigor in analysis, comparison, and discussion of results.

Board-invited reviews: An approach that represents state-of-the-art or critical view of issues of interest and relevance to the scientific community. It can only be submitted by invitation of the editorial board of RBZ. The invited reviews will be subjected to the peer-review process.

Editorial: Notes to clarify and establish technical guidelines and/or philosophy for designing and making of articles to be submitted and evaluated by RBZ. The editorials will be drafted by or at the invitation of the editorial board of RBZ.

Guidelines to prepare the manuscript

Structure of a full-length research article

Figures, Tables, and Acknowledgments should be sent as separated files and not as part of the body of the manuscript.

The article is divided into sections with centered headings, in bold, in the following order: Abstract, Introduction, Material and Methods, Results, Discussion, Conclusions, Acknowledgments (optional) and References. The heading is not followed by punctuation.

Manuscript format

The text should be typed by using Times New Roman font at 12 points, double-space (except for Abstract and Tables, which should be set at 1.5 space), and top, bottom, left and right margins of 2.5, 2.5, 3.5, and 2.5 cm, respectively.

The text should contain up to 25 pages, sequentially numbered in arabic numbers at the bottom. The file must be edited by using Microsoft Word® software.

Title

The title should be precise and informative, with no more than 20 words. It should be typed in bold and centered as the example: Nutritional value of sugar cane for ruminants. Names of sponsor of grants for the research should always be presented in the Acknowledgments section.

Authors

The name and institutions of authors will be requested at the submission process; therefore they should not be presented in the body of the manuscript. Please see the topic Guidelines to submit the manuscript for details.

The listed authors should be no more than eight.

The list of authors must contain all authors' full name with no initials, current email address, and complete information about their affiliation. This list must follow the same authorship order presented in the Assurance of Contents and Copyright.

Spurious and "ghost" authorships constitute an unethical behavior. Collaborative inputs, hand labor, and other types of work that do not imply intellectual contribution may be mentioned in the Acknowledgments section.

Abstract

The abstract should contain no more than 1,800 characters including spaces in a single paragraph. The information in the abstract must be precise. Extensive abstracts will be returned to be adequate with the guidelines.

The abstract should summarize the objective, material and methods, results and conclusions. It should not contain any introduction. References are never cited in the abstract.

The text should be justified and typed at 1.5 space and come at the beginning of the manuscript with the word ABSTRACT capitalized, and initiated at 1.0 cm from the left margin. To avoid redundancy the presentation of significance levels of probability is not allowed in this section.

Key Words

At the end of the abstract list at least three and no more than six key words, set off by commas and presented in alphabetical order. They should be elaborated so that the article is quickly found in bibliographical research. The key words should be justified and typed in lowercase. There must be no period mark after key words.

Introduction

The introduction should not exceed 2,500 characters with spaces, briefly summarizing the context of the subject, the justifications for the research and its objectives; otherwise it will be rerouted for adaptation. Discussion based on references to support a specific concept should be avoided in the introduction.

Inferences on results obtained should be presented in the Discussion section.

Material and Methods

Whenever applicable, describe at the beginning of the section that the work was conducted in accordance with ethical standards and approved by the Ethics and Biosafety Committee of the institution.

Please provide ethics committee number as follows: "Research on animals was conducted according to the institutional committee on animal use (protocol number).

As for the location of the experiment, it should contain city, state, country, and geographical coordinates (latitude, longitude, elevation). Names of universities, laboratories, farms or any other institutions must not be mentioned.

A clear description on the specific original reference is required for biological, analytical and statistical procedures. Any modifications in those procedures must be explained in detail.

The presentation of the statistical model as a separate sentence from the text and as a numbered equation is mandatory whenever the research is about designed experiments, observational studies or survey studies. All terms, assumptions, and fitting procedures must be fully described to allow readers for a correct identification of the experimental unit.

Results

The author must write two sections by separating results and discussion. In the Results section, sufficient data, with means and some measure of uncertainty (standard error, coefficient of variation, confidence intervals, etc.) are mandatory, to provide the reader with the power to interpret the results of the experiment and make his own judgment. The additional guidelines for styles and units of RBZ should be checked for the correct understanding of the exposure of results in tables. The Results section cannot contain references.

Discussion

In the Discussion section, the author should discuss the results clearly and concisely and integrate the findings with the literature published to provide the reader with a broad base on which they will accept or reject the author's hypothesis.

Loose paragraphs and references presenting weak relationship with the problem being discussed must be avoided. Neither speculative ideas nor propositions about the hypothesis or hypotheses under study are encouraged.

Conclusions

Be absolutely certain that this section highlights what is new and the strongest and most important inferences that can be drawn from your observations. Include the broader implications of your results. The conclusions are stated by using the present tense.

Do not present results in the conclusions, except when they are strictly important for the generalization.

Acknowledgments

This section is optional. It must come right after the conclusions.

The Acknowledgments section must not be included in the body of the manuscript; instead, a file named Acknowledgment should be prepared and then uploaded as "supplemental file NOT for review". This procedure helps RBZ to conceal the identity of authors from the reviewers.

Use of abbreviations

Author-derived abbreviations should be defined at first use in the abstract, and again in the body of the manuscript, and in each table and figure in which they are used.

The use of author-defined abbreviations and acronyms should be avoided, as for instance: T3 was higher than T4, which did not differ from T5 and T6. This type of writing is appropriate for the author, but of complex understanding by the readers, and characterizes a verbose and imprecise writing.

Tables and Figures

It is essential that tables be built by option "Insert Table" in distinct cells, on Microsoft Word® menu (No tables with values separated by the ENTER key or pasted as figure will be accepted). Tables and figures prepared by other means will be rerouted to author for adequacy to the journal guidelines.

Tables and figures should be numbered sequentially in Arabic numerals, presented in two separate editable files to be uploaded (one for the tables and one for the figures), and must not appear in the body of the manuscript. They may be uploaded separately and in a higher number of files if the size of the files hampers the upload.

The title of the tables and figures should be short and informative, and the descriptions of the variables in the body of the table should be avoided.

In the graphs, designations of the variables on the X and Y axes should have their initials in capital letters and the units in parentheses.

Non-original figures, i.e., figures published elsewhere, are only allowed to be published in RBZ with the express written consent of the publisher or copyright owner. It should contain, after the title, the source from where they were extracted, which must be cited.

The units and font (Times New Roman) in the body of the figures should be standardized.

The curves must be identified in the figure itself. Excessive information that compromises the understanding of the graph should be avoided.

Use contrasting markers such as circles, crosses, squares, triangles or diamonds (full or empty) to represent points of curves in the graph.

Figures should be built by using Microsoft Excel® to allow corrections during copyediting, and uploaded as a separate editable Microsoft Word® file, named "Figures" during submission. Use lines with at least 3/4 width. Figures should be used only in monochrome and without any 3-D or shade effects. Do not use bold in the figures.

The decimal numbers presented within the tables and figures must contain a point, not a comma mark.

Mathematical formulas and equations must be inserted in the text as an object and by using Microsoft Equation or a similar tool.

References

Reference and citations should follow the Name and Year System (Author-date).

Citations in the text

The author's citations in the text are in lowercase, followed by year of publication. In the case of two authors, use 'and'; in the case of three or more authors, cite only the surname of the first author, followed by the abbreviation et al.

Examples:

Single author: Silva (2009) or (Silva, 2009)

Two authors: Silva and Queiroz (2002) or (Silva and Queiroz, 2002)

Three or more authors: Lima et al. (2001) or (Lima et al., 2001)

The references should be arranged chronologically and then alphabetically within a year, using a semicolon (;) to separate multiple citations within parentheses, e.g.: (Carvalho, 1985; Britto, 1998; Carvalho et al., 2001).

Two or more publications by the same author or group of authors in the same year shall be differentiated by adding lowercase letters after the date, e.g., (Silva, 2004a,b).

Personal communication can only be used if strictly necessary for the development or understanding of the study. Therefore, it is not part of the reference list, so it is placed only as a footnote. The author's last name and first and middle initials, followed by the phrase "personal communication", the date of notification, name, state and country of the institution to which the author is bound.

References section

References should be written on a separate page, and by alphabetical order of surname of author(s), and then chronologically.

Type them single-spaced, justified, and indented to the third letter of the first word from the second line of reference.

All authors' names must appear in the References section.

The author is indicated by their last name followed by initials. Initials should be followed by period (.) and space; and the authors should be separated by semicolons. The word 'and' precedes the citation of the last author.

Surnames with indications of relatedness (Filho, Jr., Neto, Sobrinho, etc.) should be spelled out after the last name (e.g., Silva Sobrinho, J.).

Do not use ampersand (&) in the citations or in the reference list.

As in text citations, multiple citations of same author or group of authors in the same year shall be differentiated by adding lowercase letters after the date.

In the case of homonyms of cities, add the name of the state and country (e.g., Gainesville, FL, EUA; Gainesville, VA, EUA).

Sample references are given below.

Articles

The journal name should be written in full. In order to standardize this type of reference, it is not necessary to quote the website, only volume, page range and year. Do not use a comma (,) to separate journal title from its volume; separate periodical volume from page numbers by a colon (:).

Miotto, F. R. C.; Restle, J.; Neiva, J. N. M.; Castro, K. J.; Sousa, L. F.; Silva, R. O.; Freitas, B. B. and Leão, J. P. 2013. Replacement of corn by babassu mesocarp bran in diets for feedlot young bulls. *Revista Brasileira de Zootecnia* 42:213-219.

Articles accepted for publication should preferably be cited along with their DOI.

Fukushima, R. S. and Kerley, M. S. 2011. Use of lignin extracted from

different plant sources as standards in the spectrophotometric acetyl bromide lignin method. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, doi: 10.1021/jf104826n (in press).

Books

If the entity is regarded as the author, the abbreviation should be written first accompanied by the corporate body name written in full.

In the text, the author must cite the method utilized, followed by only the abbreviation of the institution and year of publication.

e.g.: "...were used to determine the mineral content of the samples (method number 924.05; AOAC, 1990)".

Newmann, A. L. and Snapp, R. R. 1997. *Beef cattle*. 7th ed. John Wiley, New York.

AOAC - Association of Official Analytical Chemistry. 1990. *Official methods of analysis*. 15th ed. AOAC International, Arlington, VA.

Book chapters

The essential elements are: author (s), year, title and subtitle (if any), followed by the expression "In", and the full reference as a whole. Inform the page range after citing the title of the chapter.

Lindhal, I. L. 1974. *Nutrición y alimentación de las cabras*. p.425-434. In: *Fisiología digestiva y nutrición de los ruminantes*. 3rd ed. Church, D. C., ed. Acríbia, Zaragoza.

Theses and dissertations

It is recommended not to mention theses and dissertations as reference but always to look for articles published in peer-reviewed indexed journals. Exceptionally, if necessary to cite a thesis or dissertation, please indicate the following elements: author, year, title, grade, university and location.

Castro, F. B. 1989. *Avaliação do processo de digestão do bagaço de cana-de-açúcar auto-hidrolisado em bovinos*. Dissertação (M.Sc.). Universidade de São Paulo, Piracicaba.

Palhão, M. P. 2010. *Induced codominance and double ovulation and new approaches on luteolysis in cattle*. Thesis (D.Sc.). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, Brazil.

Bulletins and reports

The essential elements are: Author, year of publication, title, name of bulletin or report followed by the issue number, then the publisher and the city.

Goering, H. K. and Van Soest, P. J. 1970. *Forage fiber analysis (apparatus, reagents, procedures, and some applications)*. *Agriculture Handbook No. 379*. ARS-USDA, Washington, D.C., USA.

Conferences, meetings, seminars, etc.

Quote a minimal work published as an abstract, always seeking to reference articles published in journals indexed in full.

Casaccia, J. L.; Pires, C. C. and Restle, J. 1993. *Confinamento de bovinos inteiros ou castrados de diferentes grupos genéticos*. p.468. In: *Anais da 30ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia*. Sociedade Brasileira de Zootecnia, Rio de Janeiro.

Weiss, W. P. 1999. *Energy prediction equations for ruminant feeds*. p.176-185. In: *Proceedings of the 61th Cornell Nutrition Conference for*

Feed Manufacturers. Cornell University, Ithaca.

Article and/or materials in electronic media

In the citation of bibliographic material obtained by the Internet, the author should always try to use signed articles, and also it is up to the author to decide which sources actually have credibility and reliability.

In the case of research consulted online, inform the address, which should be presented between the signs < >, preceded by the words "Available at" and the date of access to the document, preceded by the words "Accessed on:".

Rebollar, P. G. and Blas, C. 2002. Digestión de la soja integral en rumiantes. Available at: <http://www.ussoymeal.org/ruminant_s.pdf.> Accessed on: Oct. 28, 2002.

Quotes on statistical software

The RBZ does not recommend bibliographic citation of software applied to statistical analysis. The use of programs must be informed in the text in the proper section, Material and Methods, including the specific procedure, the name of the software, its version and/or release year.

"... statistical procedures were performed using the MIXED procedure of SAS (Statistical Analysis System, version 9.2.)"

Structure of the article for short communication and technical note

The presentation of the title should be preceded by the indication of the type of manuscript whether it is a short communication or a technical note, which must be centered and bold.

The structures of short communications and technical notes will follow guidelines set up for full-length papers, limited, however, to 14 pages as the maximum tolerated for the manuscript.

Processing and publishing fees applied to communications and technical notes are the same for full-length papers.

[Additional guidelines for style and units - Use of percentage](#)

[Additional guidelines for style and units - Representation of dispersion](#)

[Additional guidelines for style and units - Abbreviation](#)

Guidelines to submit the manuscript

The Manuscript Central™ online system

The journal editorial office of **Revista Brasileira de Zootecnia** is now using an online system, The Manuscript Central™, to manage the submission and peer review the manuscripts. Manuscript Central™ is a product of the ScholarOne® platform of Thomson Reuters (<http://scholarone.com/>).

Manuscripts are submitted online by accessing either the Journal page (<http://www.revista.sbz.org.br>) or by using the portal of the Scientific Electronic Library, SciELO at <http://www.scielo.br/rbz>. By doing so, author will find a logo of Manuscript Central™, <http://mc04.manuscriptcentral.com/rbz-scielo>.

User can access the author quick start guide by clicking the link in the top right corner of the page named Get Help Now.

Those who are not registered must proceed by Creating an Account. RBZ allows their users to create their own accounts. You will see a Create Account link in the top right corner of the page. Follow the step-by-step instructions for creating your account. To keep your account information current, use the Edit Account link in the upper right corner (Create Account changes to Edit Account after your account is created). You can also change your User ID and password here.

Please retain your new password information. Manuscript Central will not send your password via email. After completing the registration process, the user will be notified by e-mail and immediately will have the access to the author center and then submit a manuscript, if is the case.

Authorship

The name and institutions of authors will be asked to be filled in the step 3 of the submission process, named Authors & Institutions; therefore it should not be presented in the body of the manuscript. The corresponding author should provide co-authors' information. Manuscript Central™ will help the corresponding author to check whether an author already exists in the journal's database, just by entering the author's e-mail address and clicking "Find." If the author is found, their information will be automatically filled out.

All information in respect to the manuscript title and ID, the authors' full names and institutional affiliations must be sent in a separate file, named "Title page". The institutional affiliations must be presented in descending order (example: University, Department, city, country). Please upload this file in the step 6 (File Upload) as Title page.

The cover letter

It is expected that the corresponding author writes a letter that explains the reasons why the editor would want to publish your manuscript.

See an example of what should go in this letter:

- Inform the title of the manuscript and the last name of the author;
- Primarily it is important to emphasize the relevance of the subject studied in a concise manner.
- If there is any novelty on your work, please report this to the editor. It is also important to stress the originality of the research, if it is the case.
- What is the main finding of the study?
- Additional results but less relevant shall be mentioned then.
- What is the implication of the findings of the study?
- Inform the editor if there is any patent related to your study.
- If any part of this study has already been published, tell the editor that this is the case of preliminary result, or only partial. Also inform the location, the event and the date of such publication. Otherwise, state that this is an original study that has not been published either in part or as a whole.

In the step 5 (Details & Comments) the corresponding author will be asked to upload a file containing the Cover letter.

In the step 6 (File Upload) of the submission process the corresponding author will upload files.

Files that ought to be sent besides the Main body: Figures, Tables, Title page, and Acknowledgments should be sent as separated file and not as part of the body of the manuscript.

The corresponding author will sign the Assurance of Contents and Copyright on behalf of all authors and email the document. Manuscript

will not be considered for peer reviewing without this form. The deadline will be set allowing a period of 15 days for delivery of forms after which the editorial office act by withdrawing.

[[Home](#)] [[About the journal](#)] [[Editorial board](#)] [[Subscription](#)]



All the content of the journal, except where otherwise noted, is licensed under a [Creative Commons License](#)

Universidade Federal de Viçosa / Departamento de Zootecnia
36571-000 Viçosa MG - Brasil
Tel.: (55 31) 3899-2271
Fax: (55 31) 3899-2270

 e-Mail

rbz@sbz.org.br



Author Guidelines

Aims and Scope

As an international forum for hypothesis-driven scientific research, the *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* publishes original papers in the fields of animal physiology, biochemistry and physiology of nutrition, animal nutrition, feed technology and preservation (only when related to animal nutrition). Well-conducted scientific work that meets the technical and ethical standards is considered only on the basis of scientific rigor.

Research on farm and companion animals is preferred. Comparative work on exotic species is welcome too. Pharmacological or toxicological experiments with a direct reference to nutrition are also considered. Manuscripts on fish and other aquatic non-mammals with topics on growth or nutrition will not be accepted. Manuscripts may be rejected on the grounds that the subject is too specialized or that the contribution they make to animal physiology and nutrition is insufficient.

In addition, reviews on topics of current interest within the scope of the journal are welcome. Authors are advised to send an outline to the Editorial Office for approval prior to submission.

Downloads: [Colour Work Agreement Form](#); [Page Charge Form](#)

The *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* employs a plagiarism detection system. By submitting your manuscript to the Journal you accept that your manuscript may be screened for plagiarism.

1. GENERAL

As an international forum for hypothesis-driven scientific research, the journal publishes original papers on basic research in the fields of animal physiology, the biochemistry and physiology of nutrition, animal nutrition, feed technology, and feed preservation. In addition, reviews of the most important specialized literature are included. The language of publication is English.

2. SUBMISSION AND ACCEPTANCE OF MANUSCRIPTS

Manuscripts should be submitted electronically via the online submission site [ScholarOne Manuscripts \(formerly known as Manuscript Central\)](#). The use of an online submission and peer review site speeds up the decision-making process, enables immediate distribution and allows authors to track the status of their own manuscripts. If assistance is needed (or if for some reason online submission is not possible), the Editorial Office can be contacted and will readily provide any help users need to upload their manuscripts.

Editorial Office:

Prof. Dr. Michel Goldberg

University of Munich, Munich, Germany

E-mail: michel-goldberg@t-online.de



2.1 Online Submission

To submit a manuscript, please follow the instructions below.

Getting Started

1. Launch your web browser (Internet Explorer 5 or higher or Netscape 7 or higher) and go to the journal's ScholarOne Manuscripts homepage (<http://mc.manuscriptcentral.com/japan>).
2. Log-in or click the "Create Account" option if you are a first-time user of ScholarOne Manuscripts.
3. If you are creating a new account:
 - After clicking on "Create Account", enter your name and e-mail information and click "Next". Your e-mail information is very important.
 - Enter your institution and address information as appropriate, and then click "Next."
 - Enter a user ID and password of your choice (we recommend using your e-mail address as your user ID), and then select your area of expertise. Click "Finish".
4. Log-in and select "Author Center."

Submitting Your Manuscript

5. After you have logged in, click the "Submit a Manuscript" link in the menu bar.
6. Enter data and answer questions as appropriate. You may copy and paste directly from your manuscript and you may upload your pre-prepared covering letter.
7. Click the "Next" button on each screen to save your work and advance to the next screen.
8. Give the contact details of at least three reviewers who are independent from your group.
9. Upload your files:
 - Click on the "Browse" button and locate the file on your computer.
 - Select the designation of each file in the drop down next to the Browse button.
 - When you have selected all files you wish to upload, click the "Upload Files" button.
10. Review your submission (in PDF format) before sending to the Journal. Click the "Submit" button when you are finished reviewing.

You may suspend a submission at any phase before clicking the "Submit" button and save it to submit later. After submission, you will receive a confirmation e-mail. You can also access ScholarOne Manuscripts at any time to check the status of your manuscript. The Journal will inform you by e-mail once a decision has been made.

Manuscripts should be uploaded as Word (.doc/.docx) or Rich Text Format (.rtf) files (not write-protected) plus separate figure files. GIF, JPEG, PICT or Bitmap files are acceptable for submission, but only high-resolution TIF or EPS files are suitable for printing. The files will be automatically converted to a PDF document on upload and will be used for the review process. The text file must contain the entire manuscript including title page, abstract, text, references, tables, and figure legends, but no embedded figures. Figure tags should be included in the file. Manuscripts should be formatted as described in the Author Guidelines below.



2.2 Copyright

If your paper is accepted, the author identified as the formal corresponding author for the paper will receive an email prompting them to login into Author Services; where via the Wiley Author Licensing Service (WALS) they will be able to complete the license agreement on behalf of all authors on the paper.

For authors signing the copyright transfer agreement

If the OnlineOpen option is not selected the corresponding author will be presented with the copyright transfer agreement (CTA) to sign. The terms and conditions of the CTA can be previewed in the samples associated with the Copyright FAQs below:

CTA Terms and Conditions http://authorservices.wiley.com/bauthor/faqs_copyright.asp

For authors choosing OnlineOpen

If the OnlineOpen option is selected the corresponding author will have a choice of the following Creative Commons License Open Access Agreements (OAA):

Creative Commons Attribution License OAA

Creative Commons Attribution Non-Commercial License OAA

Creative Commons Attribution Non-Commercial -NoDerivs License OAA

To preview the terms and conditions of these open access agreements please visit the Copyright FAQs hosted on Wiley Author Services http://authorservices.wiley.com/bauthor/faqs_copyright.asp and visit <http://www.wileyopenaccess.com/details/content/12f25db4c87/Copyright--License.html>.

If you select the OnlineOpen option and your research is funded by The Wellcome Trust and members of the Research Councils UK (RCUK) you will be given the opportunity to publish your article under a CC-BY license supporting you in complying with Wellcome Trust and Research Councils UK requirements. For more information on this policy and the Journal's compliant self-archiving policy please visit: <http://www.wiley.com/go/funderstatement>.

2.3 Page Charges

Original research articles exceeding 8 pages when in proof will be subject to a page charge of GBP100 per additional page. The first 8 print pages will be published free of charge. An average 8-page article will have approximately 6300 words in manuscript, with approximately 5 figures or tables and 40 references. Once your article has been typeset and you receive confirmation of the page extent, please complete the [Page Charge Form](#) if your article exceeds 8 pages. An invoice will be sent to authors for these charges upon print publication of their article. Invited and review articles are excluded from this charge.



2.4 Authorship

All authors listed must conform to the authorship requirements as set out by the ICMJE here. The ICMJE recommends that authorship be based on the following 4 criteria:

- Substantial contributions to the conception or design of the work; or the acquisition, analysis, or interpretation of data for the work; AND
- Drafting the work or revising it critically for important intellectual content; AND
- Final approval of the version to be published; AND
- Agreement to be accountable for all aspects of the work in ensuring that questions related to the accuracy or integrity of any part of the work are appropriately investigated and resolved.

It is a requirement that all authors have been accredited as appropriate upon submission of the manuscript. Contributors who do not qualify as authors should be mentioned under Acknowledgements.

3. REQUIREMENTS FOR MANUSCRIPTS

3.1. Types of Articles

Original Articles

Original articles represent the most common form of articles published in the journal. Typically they describe the results of experiments carried out in order to test a novel hypothesis. Original articles should contain the following sections: Summary, Introduction, Materials and Methods, Results, Discussion, References.

Review Articles

The journal welcomes review articles on topics of high current interest within the scope of the journal. Review articles must also include a Summary, Introduction and References, but the other headings may be chosen depending on the structure of the article.

Short Communications

Short communications are brief articles that present particularly novel or exciting results, introduce new theories or ideas, or offer new methodological approaches. This format provides an opportunity for authors to (a) provide important results in concise form or (b) introduce significant new concepts or methods that are supported by a limited empirical data set. The papers should be highly original and represent ideas that will challenge current paradigms or approaches. They should stimulate thought, serving as precursors to new research programs or working groups. In these manuscripts the headings required for original articles may be omitted, but the structure of the paper should more or less be the same. The length of the short communication should not exceed 3500 words plus 1-2 tables or figures.

3.2. General Guidelines on Format

Prepare your manuscript by numbering lines and pages consecutively and use double spacing throughout the text body. It is strongly advised that you consult other articles in the journal showing the format required. A free sample issue of the journal can be accessed for this purpose from the link at the left of the journal's [home page](#).



Title page

The title should not exceed 35 words. Please provide a short title of 60 characters or less for the running head. List all the authors and their affiliations, and indicate the corresponding author by a footnote named “correspondence” where name, the complete postal address, telephone and fax numbers as well as e-mail address are given.

Summary

The summary should not exceed 300 words, while giving the major objectives, methods, results, conclusions and practical applications of the research.

Keywords

Include up to 6 keywords. Keywords will be used for indexing purposes, as will the title; therefore please select words that are not included in the title.

Acknowledgements

Include any acknowledgement before the reference list.

Figures and table captions

Each figure and table must have a reference in the text and should be numbered in accordance with their appearance in text. Please do not insert figures into the text file. The legends of all figures should be given on a separate page after the list of references.

Tables

Use separate pages for each table and put them at the end of the manuscript. Use no vertical lines and few horizontal lines (mainly above and below the table heading and at the end of the table). Footnotes have to be written below the table body. They should be given by using the following symbols in this order: *, †, ‡, §, ¶, **, ††, ‡‡, etc.

Supporting Information

Supporting Information can be a useful way for an author to include important but ancillary information with the online version of an article. Examples of Supporting Information include additional tables, data sets, figures, movie files, audio clips, 3D structures, and other related nonessential multimedia files. Supporting Information should be cited within the article text, and a descriptive legend should be included. It is published as supplied by the author, and a proof is not made available prior to publication; for these reasons, authors should provide any Supporting Information in the desired final format. For further information on recommended file types and requirements for submission, please visit: <http://authorservices.wiley.com/bauthor/suppinfo.asp>

3.3. Statistics, Units, Abbreviations and Nomenclature

Descriptions of the statistical evaluation of results should be accompanied by the name of the computer software and the procedures applied (one- two-factorial ANOVA, Tukey's test etc.). Average values given in tables should be accompanied by the standard deviation (SD) values, or in experiments where the greater number of samples (animals, units etc.) have been considered, the SEM value as well as probability P should be given.

All units of measurement must follow the SI system. Concentrations of solutions should be given as molar concentrations. All other concentrations should be expressed as percentages.



Abbreviations of biological, medical, chemical, and other terms should only be used when such abbreviations are both internationally recognized and unambiguous. The first use of an abbreviation must be explained by also giving the unabbreviated term. All biological, medical, chemical, and other names should be given in keeping with the latest international nomenclature. If an animal is being mentioned in the text for the first time, the binomial name should be given, e.g. carp (*Cyprinus carpio* L.). Thereafter, this can be abbreviated to *C. carpio*.

3.4. Figures and Illustrations

Do not display the same information in both a table and figure. Use separate pages for each figure and illustration.

Figures should be saved in a neutral data format such as TIFF or EPS. Powerpoint and Word graphics are unsuitable for reproduction. Please do not use any pixel-oriented programmes. Scanned figures (only in TIFF format) should have a resolution of 300 dpi (halftone) or 600 to 1200 dpi (line drawings) in relation to the reproduction size. Photographic material should be of such quality that high-contrast reproductions can be made; photostats of photographs are unacceptable.

Figures printed in colour are subject to an added charge. Colour print charges are explained on the [Colour Work Agreement Form](#). Colour graphics should be in RGB mode. RGB stands for Red, Green and Blue – these are the colours that are displayed by computer monitors. Monochrome art (black on white) should be in 'bitmap' mode (also called 1-bit). Grayscale art should be in 'grayscale' mode, a palette of colours that has 256 shades ranging from white to black (also called 8-bit). There is a charge for alterations to figures when carried out by the publisher.

Please note that figures will generally be reduced to fit within the column-width or the print area. This means that numbering and lettering must still be readable when reduced (e.g. maps) and that the scale might not correspond with the original (microscopic pictures), thereby invalidating references to scale in the text.

Graphs with an x and y axis should not be enclosed in frames; only 2-dimensional representations.

Do not forget the labels and units. Captions for the figures should give a precise description of the content and should not be repeated within the figure. If figures or tables are taken from another publication, the source must be mentioned.

3.5. References

Each original contribution and short communication should contain a bibliography, reduced to the essential minimum. All references in text must have a corresponding bibliographic entry in the list of references. The name of a journal in which a paper appears should be written out in full.

The references should be given in alphabetical order, and should give the full title of the paper. If there is more than one reference by the same author(s) the name(s) must not be substituted by a dash but given in full. Prefixed names such as O'Brien, Van der Fecht, D'Estaing etc. should be arranged on the basis of the first letter of



the main part of the name, thus, D'Estaing would appear under 'E', not 'D'. Anonymous articles should be cited at the beginning of the bibliography.

References should be given in the following form:

a. From journals: Surname, initials of the author(s) first name(s), year of publication, title of article, title of journal, volume number in bold, page range of the article. Please pay attention to the punctuation in the following example:

Revy, P.S.; Jondreville, C.; Dourmad, J.Y.; Guinotte, F.; Nys, Y., 2002: Bioavailability of two sources of zinc in weanling pigs. *Animal Research* 51, 315–326.

b. From books and other non-serial publications: Surname, initials of author(s) first name(s), year of publication: title, edition number (if it is not the first edition), volume number (if the title contains more than one volume), publisher, and place of publication. Please pay attention to the punctuation in the following examples:

Underwood, E. J.; Suttle, N. F., 1999: *The Mineral Nutrition of Livestock*, 3rd edn. CABI publishing, NY, USA. Citations from handbooks, serial books, and proceedings must contain the names of the editors:

Edwards, C., 1990: Mechanisms of action on dietary fibre on small intestinal absorption and motility. In: Furda, I. (ed.), *New Developments in Dietary Fiber*. Plenum Press, New York. *Advances in Experimental Medicine and Biology* Vol. 270, 95–104.

Unpublished works must have already been accepted for publication and marked as 'in press'. The citation of personal communications and unpublished data must be confined to the body of the text.

Within the text, citations should be made by putting the surname of the author and the year of publication in parentheses, e.g. (Kienzle, 1998). With two authors, the surnames of the authors should be given, e.g. (Kienzle and Maiwald, 1998); with more than two authors, the surname of the first author should be given and followed by 'et al.', e.g. (Kirchgessner et al., 1998). If the author(s) name(s) are given within the context of the script, the year of publication should be given in parentheses, e.g. ...as described by Kienzle and Maiwald, (1998).

If various publications by the same author(s) and published in the same year are cited, a, b, c etc. must be added to the year of publication, e.g. (Kirchgessner et al., 1998 a, b). This lettering must also correspond to the same lettering within the bibliography.

We recommend the use of a tool such as [Reference Manager](#) for reference management and formatting. Reference Manager reference styles can be searched for here: <http://www.refman.com/support/rmstyles.asp> Please note that incorrectly formatted references in a submitted paper may result in the paper being unsubmitted.

3.6. Animal Experiments

Animal experiments are to be undertaken only with the purpose of advancing knowledge and in a manner that avoids unnecessary discomfort to the animals by the use of proper management and laboratory techniques. They shall be conducted in compliance with federal, state and local laws and regulations, and in accordance with the



internationally accepted principles and guidelines for the care and use of agricultural, laboratory or experimental animals.

In the interests of the reproducibility of results, accurate information about any test animals used in the experiments (origin, genotype, etc.), as well as information about the housing conditions (diet, environment, etc.), should be given.

3.7. Use of the English Language

Authors whose native language is not English should have a native English speaker read and correct their manuscript. Spelling and phraseology should conform to standard British usage and should be consistent throughout the paper. Visit [our site](#) to learn about the options. Please note that using the Wiley English Language Editing Service does not guarantee that your paper will be accepted by this journal.

4. AFTER ACCEPTANCE

4.1 Proof Correction

When the proof is ready for correction, the corresponding author will receive an email alert containing a link to a web site. A working email address must therefore be provided for the corresponding author. The proof can be downloaded as a PDF (portable document format) file from this site. Acrobat Reader will be required in order to read this file. This software can be downloaded (free of charge) from the following Web site: <http://get.adobe.com/reader>

This will enable the file to be opened, read on screen, and printed out in order for any corrections to be added. Further instructions will be sent with the proof. Hard copy proofs will be posted if no e-mail address is available; in your absence, please arrange for a colleague to access your e-mail to retrieve the proofs. Proofs must be returned to the Production Office within three days of receipt.

As changes to proofs are costly, we ask that you only correct typesetting errors. Excessive changes made by the author in the proofs, excluding typesetting errors, will be charged separately. Other than in exceptional circumstances, all illustrations are retained by the publisher.

4.2 Offprints

A PDF offprint of the online published article will be provided free of charge to the corresponding author, and may be distributed subject to the Publisher's terms and conditions. Additional paper offprints may be ordered online. Please click on the following link, fill in the necessary details and ensure that you type information in all of the required fields: http://offprint.cosprinters.com/cos/bw/main.jsp?SITE_ID=bw&FID=USER_HOME_PG
If you have queries about offprints please email offprint@cosprinters.com



4.3 Early View (Publication Prior to Print)

The Journal is covered by Wiley-Blackwell's Early View service. Early View articles are complete full-text articles published online in advance of their publication in a printed issue. Early View articles are complete and final. They have been fully reviewed, revised and edited for publication, and the authors' final corrections have been incorporated. Because they are in final form, no changes can be made after online publication. The nature of Early View articles means that they do not yet have volume, issue or page numbers, so Early View articles cannot be cited in the traditional way. They are therefore given a Digital Object Identifier (DOI), which allows the article to be cited and tracked before it is allocated to an issue. After print publication, the DOI remains valid and can continue to be used to cite and access the article.

4.4 Online Open

OnlineOpen is available to authors of primary research articles who wish to make their article available to non-subscribers on publication, or whose funding agency requires grantees to archive the final version of their article. With OnlineOpen, the author, the author's funding agency, or the author's institution pays a fee to ensure that the article is made available to non-subscribers upon publication via Wiley InterScience, as well as deposited in the funding agency's preferred archive. For the full list of terms and conditions, see <http://olabout.wiley.com/WileyCDA/Section/id-406241.html>.

Any authors wishing to send their paper OnlineOpen will be required to complete the payment form available from our website at:

https://authorservices.wiley.com/bauthor/onlineopen_order.asp. Prior to acceptance there is no requirement to inform an Editorial Office that you intend to publish your paper OnlineOpen if you do not wish to. All OnlineOpen articles are treated in the same way as any other article. They go through the journal's standard peer-review process and will be accepted or rejected based on their own merit.

4.5 Author Services

Online production tracking is available for your article once it is accepted by registering with [Wiley-Blackwell's Author Services](#).