

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

**FORMAS INORGÂNICAS E ORGÂNICAS DE MINERAIS E  
TEMPERATURA AMBIENTE SOBRE O DESEMPENHO,  
IMUNIDADE E PARÂMETROS SANGUÍNEOS EM FRANGOS DE  
CORTE**

**CAROLINA CARVALHO DE MIRANDA**

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

BOTUCATU - SP

Junho de 2010

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

**FORMAS INORGÂNICAS E ORGÂNICAS DE MINERAIS E  
TEMPERATURA AMBIENTE SOBRE O DESEMPENHO,  
IMUNIDADE E PARÂMETROS SANGUÍNEOS EM FRANGOS DE  
CORTE**

**CAROLINA CARVALHO DE MIRANDA**

Médica Veterinária

Orientador: Prof. Ass. Dr. José Roberto Sartori.

Co-orientador: Prof. Dr. Edivaldo Antonio Garcia

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

BOTUCATU - SP

Junho de 2010

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - SERVIÇO TÉCNICO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO UNESP -FCA - FCA - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

M672f	<p><b>Miranda, Carolina Carvalho de, 1984-</b> Formas inorgânicas e orgânicas de minerais e temperatura ambiente sobre o desempenho, imunidade e parâmetros sanguíneos em frangos de corte / Carolina Carvalho de Miranda Botucatu : [s.n.], 2010. <b>v, 51 f.: grafs., tabs.</b></p> <p>Dissertação (Mestrado) -Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Botucatu, 2010. <b>Orientador: Jose Roberto Sartori</b> <b>Co-orientador: Edivaldo Antonio Garcia</b> <b>Inclui bibliografia.</b></p> <p>1. Stress térmico. 2. Indicadores hematológico 3. Imunidade. 4. Desempenho. I. Sartori, Jose Roberto. II. Garcia, Edivaldo Antonio. III. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho "(Campus de Botucatu). Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia. IV. Título.</p>
-------	---

*Aos meus pais, Antonio Miranda e Edma Carvalho,  
E minhas irmãs, Clarissa e Catarina Miranda,  
Por serem minha fortaleza, estaleiro  
E exemplo a ser seguido.*

**DEDICO**

## **AGRADECIMENTOS**

Ao Programa de Pós Graduação em Zootecnia da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia – UNESP/Botucatu, pela oportunidade de realização de minha pós-graduação.

Ao Prof. Dr. José Roberto Sartori, FMVZ – UNESP/Botucatu, por todos os conhecimentos transmitidos durante todo meu mestrado.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos.

Aos médicos veterinários Letícia Cardoso Bittencourt e Alexandre da Silva Sechinato por terem cedido idéia principal do projeto.

Aos professores Luiz Edivaldo Pezzato e Margarida Maria Barros, FMVZ – UNESP/Botucatu, por terem cedido o Laboratório de Nutrição de Organismos Aquáticos para análise de parte do material deste experimento, e equipe de pós-graduandos pela ajuda no processamento das amostras de sangue.

Às professoras Claudia Alessandra Oliveira e Isabele Wanderley, por terem cedido instalações do Laboratório de análises clínicas do Hospital Escola da Fundação Educacional Jayme de Altavia para a leitura dos esfregaços sanguíneos.

Aos secretários do Programa de Pós Graduação em Zootecnia, FMVZ – UNESP/Botucatu, Seila Cristina Cassinelli Vieira, Danilo Juarez Teodoro Dias e Carlos Pazini Jr., pela atenção e colaboração.

Aos amigos de laboratório, Vitor Barbosa Fascina, Mariana Kiomi Maruno e Fabyola Barros de Carvalho, por me auxiliarem na idealização e execução deste trabalho, e também a toda equipe de estagiários do Laboratório de Nutrição de Aves e pós-graduandos Ana Cristina Stradiotti, Bárbara Fernandes, Everton Moreno Muro,

Henrique Vieira Kibune, Ivan Mailinch, Juliana Célia Denadai, Juliana Spanguero Kanayama, Luciene Aparecida Madeira, Pedro Gibim, Priscila Cavalca de Araujo, Rosana Gottman, Tereza Cristina de Freitas, Thaila Cristina Putarov e Vanessa Cristina Pelícia.

Aos amigos da pós-graduação Igo Guimarães, Rosangela Fernandes, Francine Vercese, Fabiana Luiggi, Tâmara Lucia, Raquel Ornelas e Cynthia Pieri Zeferino, pela amizade, companheirismo e por terem de alguma forma me auxiliado na realização desta etapa.

E a todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

## SUMÁRIO

	Pág.
CAPÍTULO I.....	1
CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	2
Introdução.....	2
Revisão de Literatura.....	3
Referências Bibliográficas.....	16
CAPÍTULO II .....	26
FORMAS INORGÂNICAS E ORGÂNICAS DE MINERAIS E TEMPERATURA AMBIENTE SOBRE O DESEMPENHO, IMUNIDADE E PARÂMETROS SANGUÍNEOS EM FRANGOS DE CORTE.	
Resumo.....	27
Abstract.....	28
Introdução.....	29
Material e Métodos.....	30
Resultados e Discussão.....	35
Conclusões.....	43
Referências Bibliográficas.....	44
CAPITULO III.....	50
Implicações.....	51

## ÍNDICE DE TABELAS

CAPÍTULO I	Pag.
Tabela 1. Temperatura programada para as câmaras climáticas durante o período experimental.....	30
Tabela 2. Médias das temperaturas mínimas (Mín.) e máximas (Máx.) das câmaras climáticas nas diferentes idades das aves e em diferentes temperaturas.....	31
Tabela 3. Composição percentual e valores nutricionais calculados das rações experimentais.....	32
Tabela 4. Médias de peso inicial (PI), peso final (PF), ganho de peso (GP), consumo de ração (CR), conversão alimentar (CA) e viabilidade (Viab) de frangos de corte criados em diferentes temperaturas (T) recebendo dietas suplementadas com formas de minerais (M) inorgânicas (Inorg) e orgânicas (Org).....	35
Tabela 5. Desdobramento da interação entre formas de minerais e temperatura ambiente para a conversão alimentar de frangos de corte de 1 a 42 dias de idade.....	39
Tabela 6. Médias de títulos de anticorpos para Doença de Newcastle, expressos em GMT, dos testes de inibição da hemaglutinação (HI) e ELISA em diferentes idades, de frangos criados em diferentes temperaturas recebendo dietas com formas de minerais orgânicos e inorgânicos.....	39
Tabela 7. Desdobramento da interação entre fonte de minerais e temperatura ambiente para a inibição da hemaglutinação (HI) aos 10 dias de idade para frangos vacinados contra Doença de Newcastle.....	40
Tabela 8. Variáveis hematológicas de frangos de corte aos 21 dias de idade alimentados com dietas contendo formas orgânicas e inorgânicas de minerais e mantidos em diferentes temperaturas.....	41
Tabela 9. Variáveis hematológicas de frangos de corte aos 42 dias de idade alimentados com dietas contendo formas orgânicas e inorgânicas de minerais e mantidas em diferentes temperaturas.....	42



## ÍNDICE DE ABREVIATURAS E SIGLAS

TERMOS	Abrev.
Basófilos.....	Bas
Conversão alimentar.....	CA
Concentração de Hemoglobina Corpuscular Média.....	CHCM
Consumo de Ração.....	CR
Ensaio Imunoenzimático de Absorção em Fase Sólida.....	Elisa
Eosinófilos.....	Eos
Ganho de Peso.....	GP
Hemoglobina.....	Hb
Heterófilos.....	Het
Inibição da Hemaglutinação.....	HI
Hemácias.....	Hm
Hematócrito.....	Ht
Linfócitos.....	Lin
Monócitos.....	Mon
Peso Final.....	PF
Peso Inicial.....	PI
Proteínas Plasmáticas Totais.....	PPT
Relação Heterófilo/Linfócito.....	H/L
Volume Corpuscular Médio.....	VCM
Viabilidade.....	Viab%

# **CAPÍTULO I**

## CONSIDERAÇÕES INICIAIS

### INTRODUÇÃO

A avicultura destaca-se entre as atividades do setor agropecuário mundial, com índices de produção em constante crescimento. O aumento na produção de carne de frango foi consequência de avanços em genética, nutrição, sanidade, manejo, ambiência e instalações, que elevaram os índices de produtividade e desempenho.

Tais fatores, aliados ao desenvolvimento de linhagens com alta velocidade de crescimento, levaram a produção de frangos a níveis industriais, permitindo a obtenção de animais prontos para o abate num período menor que cinquenta dias (Costa, 2002).

A precocidade dos frangos de corte e sua alta eficiência em converter diferentes alimentos em proteína animal são resultados da evolução da avicultura (Borges et al., 2003). Porém, com o crescente aumento do potencial produtivo das aves, uma série de problemas metabólicos e de manejo tem surgido, destacando-se fatores ambientais de alta temperatura e umidade (Furlan e Macari, 2002; Borges et al., 2003) e o baixo potencial imunitário das aves devido ao alto potencial de desempenho adquirido pelo melhoramento genético (Furlan e Macari, 2002).

Temperatura e umidade relativa acima dos níveis de zona de conforto térmico dificultam a dissipação de calor, levando a mudanças fisiológicas que provocam efeitos negativos no desempenho (Borges et al., 2003), tais como redução no consumo de ração para que haja redução na produção metabólica de calor (Teeter et al., 1985) e menor taxa de crescimento assim como redução na eficiência alimentar (Geraert et al., 1996).

Outras consequências de altas temperaturas ambientais foram relatadas. Altas temperaturas afetam o desenvolvimento de uma resposta imune específica nas aves (Thaxton et al., 1968; Subba Rao e Glick, 1970; Thaxton e Siegel, 1972). A concentração de nutrientes necessária para manter saúde e produtividade na ave é desafiada devido à redução no consumo alimentar em condições de estresse por calor (Bauman e Currie, 1980).

Todos os organismos vivos apresentam quantidades variáveis de minerais. Tais compostos são considerados de grande importância na alimentação das aves pois, apesar de serem necessários em pequenas quantidades na dieta, são necessários para manter

seu metabolismo. Participam de uma série de processos bioquímicos, agindo predominantemente como catalisadores nos sistemas enzimáticos e hormonais. São essenciais ao crescimento, desenvolvimento, reprodução, produção, formação óssea, empenamento e apetite. Também agem como componentes estruturais de órgãos e tecidos do corpo e como constituintes de fluídos na forma de eletrólitos. A maioria dos microminerais (zinco, cobre, manganês, iodo e ferro) estão associados direta ou indiretamente a estas funções (Maiorka e Macari, 2002; Ortolani, 2002; Brito et al., 2006; Nollet et al., 2007).

Sintomas de deficiências minerais são manifestados como distúrbios em vários processos metabólicos, resultando em deficit no desempenho produtivo, perda de apetite, desordens reprodutivas e resposta imune deficiente (Van der Klis e Kemme, 2002).

Apesar dos resultados contraditórios, microminerais em forma orgânica tem sido alvo de inúmeras pesquisas. Por estarem ligados a moléculas orgânicas, os minerais na forma orgânica apresentam melhor absorção intestinal e menor interferência de agentes que formam complexos insolúveis com os microminerais iônicos. Tais compostos possuem características únicas e biodisponibilidade elevada, em relação a fontes inorgânicas convencionais, trazendo benefícios tais como melhora no desempenho, redução na taxa de mortalidade e na excreção de minerais nas fezes e diminuição dos efeitos do estresse (Reddy et al. 1992; AAFCO, 1997; Van der Klis e Kemme, 2002; Brito et al., 2006).

## **REVISÃO DE LITERATURA**

Na composição corporal dos animais estão presentes vários elementos além dos orgânicos (oxigênio, carbono, hidrogênio e nitrogênio). Cerca de 4% do peso corporal é formado por um grupo de 22 elementos, principalmente metálicos, conhecidos como minerais (Ortolani, 2002).

Os minerais são elementos químicos que não podem ser decompostos ou sintetizados por reações químicas ordinárias, apresentando-se na forma sólida e cristalina. Não podem ser sintetizados por organismos vivos, devendo ser obtidos via dieta (Maiorka e Macari, 2002).

São classificados pela presença no organismo como minerais principais ou macrominerais (Ca, P, Na, Cl, K, Mg e S), que precisam estar presentes em grandes quantidades, geralmente superiores a 70mg/kg de peso vivo do animal e como oligoelementos, elementos traço ou microminerais (entre os quais, o Fe, Zn, Se, Cu, Mn, I) presentes em quantidades mínimas, menos de 0,5% da massa corporal, cujas necessidades não são superiores a 70mg/kg de peso vivo do animal (Maiorka e Macari, 2002; Ortolani, 2002).

A maioria dos macro e microminerais e suas funções biológicas começaram a ser estudados nas primeiras décadas do século XX. Contudo, muito ainda há de se avançar no estudo destes elementos, pois alguns deles, descritos como elementos tóxicos (cromo, arsênico) têm sido demonstrados como também sendo essenciais, em doses extremamente reduzidas (Ortolani, 2002).

A utilização de minerais por animais depende primariamente da sua absorção a partir do alimento ingerido. No alimento, os minerais são encontrados em grande variedade de formas químicas, como moléculas orgânicas ou como parte de sais de solubilidade variada (Vieira, 2008).

De maneira geral, a barreira intestinal (condições físico-químicas, pH e viscosidade intestinal) dificulta a absorção da maioria dos minerais. Com a finalidade de aumentar a eficiência produtiva, dietas têm sido formuladas para animais domésticos com níveis dietéticos além das necessidades reais (Van Der Klis e Kemme, 2002; Leeson, 2003).

Em rações para frangos de corte, os microminerais têm sido tradicionalmente adicionados em suas formas salinas devido ao menor custo em comparação aos minerais nas formas orgânicas. As fontes de minerais inorgânicos utilizadas são os cloretos, óxidos, sulfatos, carbonatos e fosfatos. A disponibilidade de minerais dessas fontes varia, mas em geral, sulfatos são conhecidos por terem maior biodisponibilidade que óxidos (Nollet et al., 2007; Araujo et al., 2008; Vieira, 2008).

Os minerais quelatados são definidos como uma mistura de elementos minerais ligados a algum tipo de carreador, podendo ser aminoácidos ou polissacarídeos, através de ligações covalentes entre os grupamentos amino ou oxigênio, formando assim uma estrutura cíclica, e são usados para aumentar a disponibilidade dos minerais sequestrados pelos ligantes (Santos, 1998).

O quelato é um complexo metálico onde o metal apresenta mais ligações que sua valência, e está ligado a um ligante doador. O complexo possui um átomo de mineral no centro da molécula e um ligante ao seu redor. Quando o ligante possui mais de um átomo doador o complexo se torna um anel heterocíclico que é o anel quelato (Kratzer e Vohra, 1986).

No intestino delgado de todas as espécies, esses complexos são hidrolisados durante a atividade da amilase pancreática e os microelementos são gradualmente liberados e absorvidos durante um período mais longo de tempo (Salzer et al., 1997).

Clydesdale (1998) relatou que um ligante forma um composto solúvel com o mineral sendo este melhor absorvido pela mucosa intestinal. Segundo Spears (1996), o ligante pode formar um complexo estável no trato gastrintestinal, evitando com isso que o mineral forme complexos insolúveis, dificultando sua absorção.

Lee et al. (2001) observaram aumento na concentração sanguínea de cobre e zinco em suínos jovens e frangos de corte, bem como diminuição na concentração desses minerais nas fezes quando foram utilizadas fontes quelatadas dos minerais nas rações, concluindo que as fontes quelatadas são mais biodisponíveis e podem ser suplementadas em menores concentrações nas dietas quando comparadas com as fontes inorgânicas.

Smith et al. (2005) determinou a disponibilidade de diferentes formas de suplementação de manganês em frangos de corte, encontrando valores de 91 e 120% aos 21 dias para fontes de óxido de manganês e proteinato de manganês, respectivamente, e de 83 e 125%, aos 49 dias, respectivamente. Baker et al. (1991) observaram aumento na biodisponibilidade do cobre para fontes orgânicas desse mineral quando comparado com fontes inorgânicas através de um estudo do total de cobre acumulado no fígado.

Kiefer (2005) concluiu que os resultados de uso de minerais quelatados são promissores, embora estudos avaliando a utilização destes minerais não apresentem respostas diferentes daquela proporcionada quando se usa maior concentração de elementos minerais na forma inorgânica, e que o uso de fontes orgânicas é limitado devido ao alto custo, o qual onera o custo da fração mineral das dietas.

Sechinato et al. (2006) afirmaram que a literatura a respeito da utilização de minerais orgânicos na nutrição de aves ainda é controversa. Araujo et al. (2008) não

encontraram respostas na disponibilidade de minerais orgânicos em estudo com poedeiras; contudo, afirmaram que o seu uso pode ser benéfico ao meio ambiente.

Segundo Baruselli (2003), novas técnicas de quelação permitiram desenvolver novos produtos como os carboquelatos, que consistem na lise enzimática de leveduras específicas, fermentados sobre um substrato aditivado com fósforo (fosforilação) e íons metálicos, formando complexos orgânicos muito ricos em metabólitos e de alta biodisponibilidade.

### **Selênio (Se)**

O selênio está envolvido em vários processos metabólicos e bioquímicos no organismo animal, tal como na síntese de aminoácidos sulfurados, principalmente na eficiência da transsulfuração, resultando na formação da cisteína a partir da metionina (Halpin e Baker, 1984). Participa da enzima glutatona peroxidase, enzima com atividade antioxidante dentro de células, responsável pela destruição de radicais livres (Maiorka e Macari, 2002; Ortolani, 2002).

Atua no metabolismo dos hormônios tireoideanos, principalmente no metabolismo do hormônio 3,5,3'-triiodotironina (T3), produzido pela deiodinação da Tiroxina (T4) (forma mais ativa do hormônio tireoideano), sendo a seleno-proteína iodotironina deiodinase responsável pela conversão hepática do T4 em T3 (Beckett et al., 1992). A absorção do selênio pode ser afetada pela forma como o selênio se encontra na dieta. A selenometionina é absorvida por transporte ativo juntamente com a metionina ligada a ele, e o selenito de sódio é absorvido por transporte ativo na membrana (Maiorka e Macari, 2002; Ortolani, 2002).

### **Zinco (Zn)**

O zinco é um micromineral essencial no metabolismo de carboidratos e gorduras e na síntese de proteínas (Maiorka e Macari, 2002; Serqueira, 2007), estando associado ao crescimento de tecidos e função do sistema imune (Cheng et al., 1998). O zinco está associado a enzimas essenciais para a manutenção da integridade de células envolvidas na resposta imune (Dardenne et al., 1985).

O zinco é co-fator importante de enzimas essenciais como a lactato desidrogenase, fosfatase alcalina e anidrase carbônica, entre outras (Maiorka e Macari, 2002). O desenvolvimento retardado, déficit de empenamento, encurtamento e engrossamento de ossos longos, engrossamento de articulações, dermatite e descamação são sinais relacionados à deficiência de zinco (Maiorka e Macari, 2002; Serqueira, 2007).

No enterócito, o zinco liga-se a proteína chamada metalotioneína e a síntese dessa proteína é influenciada tanto por níveis dietéticos quanto por concentrações plasmáticas de zinco. Muitos componentes dietéticos podem reduzir a absorção de zinco, tais como: fitatos, gorduras saturadas, cobre e cromo (Maiorka e Macari, 2002).

É possível que a necessidade de zinco seja elevada durante exposição a altas temperaturas (Laganá et al. 2007; Bartlett e Smith, 2003). Há uma diminuição drástica de nível de zinco durante a reação imunológica, devido à síntese de metalotioneína no fígado e, sua absorção está aumentada, elevando a exigência deste mineral (Ribeiro et al., 2008).

### **Cobre (Cu)**

A importância do cobre foi observada em 1928 e, desde então, várias enfermidades foram associadas à sua deficiência, tal como anemia, redução da pigmentação das penas, fragilidade óssea e espessura da cartilagem (Carlton e Henderson, 1962).

Suas funções mais relevantes estão ligadas a síntese de mielina, formação de colágeno estrutural para servir de base para mineralização óssea, queratinização de pêlos e coloração da pelagem. Está relacionado à imunocompetência e eritropoiese (Ortolani, 2002; Serqueira, 2007), e está presente no sítio ativo de algumas enzimas que catalizam reações oxidativas (Maiorka e Macari, 2002; Ortolani, 2002).

O cobre é importante na formação de metaloenzimas, tais como citocromo oxidase, fundamental para a transferência de elétrons para o oxigênio, e a ceruloplasmina, secretada no fígado. A ceruloplasmina é a principal proteína carreadora de cobre no soro (Schmidt et al., 2005). Esta enzima é o melhor indicador para



determinar níveis de cobre no organismo; previne peroxidação lipídica e exerce um papel importante na coagulação do sangue em humanos e animais (Kaya et al., 2006).

A absorção do cobre depende de sua concentração na dieta. Altas concentrações favorecem sua absorção por mecanismo de difusão simples e, quando o cobre está em baixas concentrações, o transporte necessita de gasto energético. Substâncias como cisteína e ascorbato podem interferir na absorção de cobre por haver formação de complexos não absorvíveis (Maiorka e Macari, 2002).

### **Manganês (Mn)**

É um mineral abundante nos ossos e mitocôndrias. O manganês é co-fator de várias enzimas envolvidas na glicolização de glicoproteínas e atua na manutenção das glicosaminotransferases necessárias para produção de moléculas de glicosaminoglicanas. A eficiência de absorção do manganês é baixa e pode ser inibida por outros minerais como cálcio, fósforo e ferro. A absorção pode estar aumentada por coccidiose, através de mecanismos não elucidados. A deficiência pode provocar parada de ossificação endocondral, causando espessamento e encurtamento de ossos longos (Maiorka e Macari, 2002; Serqueira, 2007).

### **Ferro (Fe)**

A maior parte do ferro no organismo animal está na forma de hemoglobina, tendo a função de transporte de oxigênio até as células e de regular a respiração celular. Também se encontra ligado a proteínas (apo-ferritina e hemosiderina) ou associado a enzimas envolvidas na oxidação celular, além de estar presente na mioglobina, necessária para o funcionamento dos músculos. No organismo, o ferro representa cerca de 0,005% do peso corporal, sendo que 57% deste encontra-se na forma de hemoglobina e 7% na forma de mioglobina. A carência do ferro faz com que as novas hemácias formadas apresentem menor concentração de hemoglobina, gradativa diminuição no tamanho e menor formação de eritrócitos (Maynard, 1984; Leeson e Summers, 2001; Maiorka e Macari, 2002; Ortolani, 2002).

### **Efeito da temperatura no desempenho e saúde das aves.**

Atualmente, o bem-estar é um dos assuntos mais discutidos na produção animal. Campanhas movidas por diferentes segmentos da sociedade e a presença de um número crescente de organizações não governamentais têm sensibilizado a opinião pública para este aspecto, principalmente nos países mais desenvolvidos (Alves et al., 2007).

O frango de corte comercial é um dos animais com maior eficiência nutricional e rápido desenvolvimento. Apesar deste potencial produtivo, mostra-se susceptível a um grande número de variáveis, tendo pouca capacidade de resposta a situações de estresse, como calor, frio e alta densidade populacional. A capacidade de adaptação do animal a estas circunstâncias determina ou não seu estado de estresse (Furlan e Macari, 2002; Alves et al., 2007).

Variáveis ambientais podem ter efeitos positivos ou negativos sobre produção. O frango moderno possui pouca capacidade de termorregulação, e são mais suscetíveis ao estresse por calor. Baixas temperaturas podem melhorar o ganho de peso, mas à custa de elevada conversão alimentar. Altas temperaturas reduzem o consumo de ração e prejudicam o desempenho dos frangos (Furlan e Macari, 2002; Lin et al., 2006), havendo, também, excessiva excreção urinária de minerais (Lien et al., 1999), o que pode alterar as exigências nutricionais desses nutrientes.

Muitas unidades de produção de frango corte estão situadas em regiões onde o estresse causado por altas temperaturas ambientais limita o desempenho e aumenta a sensibilidade a doenças. Para obtenção de um bom desempenho produtivo, deve-se dedicar atenção para a interação animal e ambiente e bem manejar os animais para evitar efeitos negativos sobre o desempenho produtivo, de forma que os custos energéticos dos ajustes fisiológicos sejam os menores possíveis (Furlan e Macari, 2002; Lin et al., 2006; Araujo et al., 2007).

Estratégias nutricionais com o objetivo de aliviar os efeitos negativos do estresse por calor mantendo o consumo de ração, balanço hídrico e eletrolítico ou suplementando-se nutrientes como vitaminas e minerais para satisfazer as necessidades especiais durante o estresse por calor mostraram-se vantajosas (Lin et al., 2006). A manipulação das dietas tem sido alvo de várias pesquisas com o propósito de melhorar o

desempenho das aves durante os meses quentes do ano (Ferket e Qureshi, 1992; Dahlke et al., 2005a; Araujo et al., 2007).

Oliveira Neto et al. (2000) estudando a influência da temperatura ambiente sobre o desempenho e característica de carcaça em frangos de corte dos 22 aos 42 dias, recebendo alimentação controlada e dois níveis de energia metabolizável, observaram que a alta temperatura influenciou negativamente o desempenho, rendimento de peito e peso dos órgãos vitais, bem como determinou aumento da deposição de gordura abdominal, independentemente do nível energético da ração.

Bartlett e Smith (2003) conduziram um experimento para avaliar o efeito da temperatura e níveis de zinco nas características de desempenho de frangos criados em condições de termoneutralidade e estresse pelo calor, concluindo que tanto respostas celular como humoral estavam comprometidas em aves expostas ao estresse por calor, mas que o impacto positivo do zinco no desempenho e imunidade em frangos ainda não está completamente entendido.

Em ambientes quentes, devido à baixa capacidade de perda calórica, o frango desenvolve hipertermia e, como consequência, reduz o consumo de alimento. Essa redução de consumo poderia ser fator determinante em diminuir o ganho de peso e o crescimento ósseo, pois, além de comprometer os processos de absorção de minerais, a falta de nutrientes poderia atuar como fator de restrição à osteogênese. Yalçın et al. (1996) verificaram que alta temperatura ambiente reduz o peso, mas não o crescimento da tíbia e do úmero.

Dahlke et al. (2005a) afirmaram que frangos de linhagens comerciais de rápido crescimento apresentam menor tolerância ao calor, demonstrada por maior temperatura corporal e interna, quando criados em ambiente quente. Dahlke et al. (2005b) verificaram que a temperatura ambiente exerce efeito marcante no empenamento dos frangos de corte de linhagens de rápido ganho de peso, e que esses frangos apresentam menor tolerância ao calor, demonstrada através de uma maior temperatura corporal e interna, quando criados em ambiente quente.

O estresse por calor afeta o desempenho de frangos de 42 a 49 dias de idade, alimentados com dietas com baixa proteína, formuladas pelo conceito de proteína ideal. Entretanto, essas dietas podem ser utilizadas para frangos criados à temperatura de 20

ou 25°C, pois não alteram o desempenho e as características de carcaça e diminuem a excreção de nitrogênio (Faria Filho et al., 2006).

Geraert et al. (1996) afirmaram que exposição crônica ao calor tem efeito aparente no crescimento, composição corporal e retenção de energia, independente da diminuição no consumo de alimentos. O crescimento reduzido e deposição de proteína podem sugerir mudanças na utilização nutricional de proteína e energia que devem ser mais investigadas.

Sartori et al (2001) avaliaram o desempenho produtivo de frangos de corte e composição do músculo flexor longo do hálux em fase precoce (8-14 dias) e tardia (29-35 dias), submetidos à restrição alimentar e três temperaturas diferentes (quente, termoneutra e fria), concluindo que o desempenho de frangos foi afetado pela temperatura, enquanto que o número, diâmetro e frequência de fibras musculares não foram afetados.

### **Efeito da temperatura ambiente e de minerais na forma orgânica sobre parâmetros sanguíneos e imunidade das aves.**

Os parâmetros sanguíneos são sensíveis às mudanças de temperatura, sendo indicadores importantes da resposta fisiológica ao estresse. Alterações celulares associadas ao estresse por calor se refletem nos valores de hematócrito, número de leucócitos circulantes, conteúdo de eritrócitos, teor de hemoglobina no eritrócito e relação heterófilo/linfócito é alterada como consequência do aumento de heterófilo e redução de linfócito; a relação heterófilo/linfócito tem sido proposta como um índice sensível de estresse crônico em frangos de corte (Borges et al., 2003).

Altas temperaturas também afetam o desenvolvimento de resposta imune específica no frango (Thaxton et al., 1968; Thaxton e Siegel, 1972). Embora poucas informações sobre o efeito de altas temperaturas na resposta imune mediada por células estejam disponíveis na literatura, Miller e Qureshi (1991) relataram diminuição no potencial fagocítico de macrófagos aviários durante condições laboratoriais de estresse por calor.

O estado de ativação do sistema imune tem grande influência na homeostase metabólica e produtividade de frangos de corte. Geralmente, alta produção de citocinas

pró-inflamatórias diminui o crescimento dos frangos (Humphrey e Klasing, 2004). Apesar da redução no consumo de ração e ganho de peso causados pela ativação do sistema imune, esses eventos não acompanham todas as infecções. Dados recentes sugerem que algumas infecções virais podem aumentar o ganho de peso em frangos de corte e ratos (Dhurandhar et al., 2000).

As aves, quando comparadas aos mamíferos, apresentam diferenças com relação à estrutura, diferenciação e distribuição dos órgãos linfóides. A maioria das espécies de aves, incluindo o frango de corte, não apresenta linfonodos (Morgulis, 2002; Montassier, 2000). Outra diferença marcante entre aves e mamíferos é a organização do tecido linfóide junto ao intestino e, observando-se no frango, a presença da Bursa de Fabricius, órgão que possibilitou a identificação de linfócitos B e o esclarecimento das diferentes funções entre linfócitos B e T (Glick, 1995).

A Bursa de Fabricius é um órgão linfo-epitelial, constituindo-se de um divertículo da região dorsal media do proctodeum (parte distal da cloaca). Atua principalmente como órgão linfóide primário, mas pode funcionar como órgão linfóide secundário (King e McLelland, 1984; Ereola et al., 1987).

O timo, disposto paralelamente às veias jugulares, é um órgão na forma de dois cordões, cada um com sete lobos. Na região oculonasal, encontra-se uma concentração de tecido linfóide conhecida como glândula de Harderian (Morgulis, 2002).

Leucócitos são produzidos continuamente pela medula óssea e órgãos linfóides e circulam no sangue antes da migração através dos tecidos. Quando há dano tecidual ou infecção, há migração de leucócitos do sangue para se organizarem em agregados intracelulares fornecendo defesa local (Hjelmstrom et al., 2000). Contagens absoluta e relativa de leucócitos podem ser informativas das condições de saúde do animal (Cole et al., 1997). Idade, sexo, raça, plano de nutrição, ritmos circadianos e estímulos fisiológicos tal como exercício influenciam contagem total de leucócitos (Jain, 1993).

Leucócitos, assim como proteínas acessórias, constituem parte do sistema imune das aves (Klasing, 2007). A resposta inflamatória é acompanhada por geração de radicais livres. O estímulo inflamatório é essencial, e nas aves é realizado por heterófilos e monócitos, seguido por migração de basófilos, e esta parece ser uma característica própria da inflamação nas aves. Linfócitos aparecem tardiamente no sítio de lesão (Morgulis, 2002; Klasing, 2007).

Macrófagos e heterófilos são as células não-linfóides mais importantes do organismo. Os macrófagos possuem a capacidade de se ligar, envolver e destruir substâncias estranhas e antígenos. É a primeira linha de defesa contra agentes infecciosos (Klasing, 1998; Qureshi, 1998).

Já os heterófilos das aves, são células que possuem comportamento semelhante aos neutrófilos dos mamíferos; são fagócitos que exercem atividade na resistência inespecífica a infecções. São importantes mediadores da imunidade natural (Kogut et al., 1998) e na inflamação e imunidade das aves (Harmon, 1998).

Basófilos das aves possuem função desconhecida. Possuem grânulos de histamina, assim como os basófilos e mastócitos dos mamíferos, que são liberados nos estágios iniciais da inflamação das aves. Possuem capacidade fagocítica após determinados estímulos imunológicos (Thrall, 2006; Morgulis, 2002).

Em geral, os quadros de estresse manifestam-se com diferentes graus de involução do sistema linforreticular. A liberação de corticosterona pode ocasionar a involução do tecido linfóide (timo, bursa de Fabrício e baço) e a supressão da imunidade humoral e celular (Rosales et al., 1989). Macari e Luquetti (2002) relataram que, em situações de estresse, com a liberação de ACTH, ocorre redução do número de linfócitos circulantes, colaborando para aumentar a relação heterófilos/linfócitos.

Thaxton e Siegel (1973) e Zulkifli et al. (1994) verificaram redução na produção de anticorpos com o aumento da temperatura de criação.

Segundo Ribeiro et al. (2008), o efeito positivo da suplementação de alguns nutrientes sobre os prejuízos causados pelo estresse por calor na imunidade das aves não estão bem estabelecidos. Características dietéticas poderiam modular a susceptibilidade das aves com relação a doenças infecciosas, devido aos tipos de ingredientes utilizados, podendo apresentar importância crítica na nutrição de aves.

Kidd et al. (1994) avaliando os efeitos da suplementação de zinco em dietas para perus com níveis adequados deste mineral, observaram que a adição de 30 ou 45 ppm de zinco a partir da utilização de zinco-metionina aumentou significativamente a capacidade de resposta imune celular de perus jovens. Cardoso et al. (2007) observaram que a associação de zinco e vitamina E na ração proporciona maiores títulos de anticorpos em frangos de corte aos 14 e 35 dias de idade.

Contudo, no trabalho de Ribeiro et al. (2008), a suplementação de vitaminas E e C e de zinco e selênio de fontes orgânicas não influenciou a produção de anticorpos de frangos de corte desafiados com albumina sérica bovina.

### **Meio ambiente e emissões de minerais.**

O aumento na demanda de produtos avícolas tem exigido intensificação na produção de aves. Em contrapartida, também tem causado elevação na produção de dejetos por unidade de área. Os dejetos das aves têm causado danos severos ao meio ambiente e que as legislações ambientais estão cada vez mais exigentes.

A quantidade final de nutrientes emitidos no ambiente depende da eficiência de utilização de nutrientes pelos animais e da quantidade de nutrientes nas dietas. O excesso de nutrientes nas dietas pode resultar em baixa taxa de aproveitamento pelo animal, provocando poluição ambiental, causada pelo excesso de excreção (Van Der Klis e Kemme, 2002; Leeson, 2003).

Um aumento na poluição devido à alta excreção mineral tem estimulado a discussão de como reduzir níveis de suplementação de minerais para animais de produção, sem prejuízo na saúde e desempenho produtivo destes. A utilização de minerais orgânicos seria uma alternativa, já que tais compostos possuem maior disponibilidade, comparada a sais inorgânicos, podendo ser adicionados à dieta em menores concentrações, sem haver prejuízo na produção, e potencialmente reduzindo a excreção mineral (Van Der Klis e Kemme, 2002; Leeson, 2003).

Para atender as necessidades nutricionais, vários microminerais são suplementados às dietas de frangos de corte, a citar, o Fe, Cu, Mn, Zn, I e Se. Quando estes minerais são adicionado às dietas em quantidades próximas às exigências dos animais, as quantidades excretadas são mínimas e não apresentam qualquer preocupação ambiental. Alguns minerais como Cu e Zn são incluídos nas dietas em concentrações bem acima das necessidades da ave devido à suas propriedades bacteriostática, bactericida e fungicida (Southern e Baker, 1983; Pesti e Bakalli, 1996). O Zn e Cu em excesso são potencialmente fitotóxicos (Alva et al., 2000) e diminuem a eficácia da fitase a retenção de fósforo (Banks et al., 2004).

Burrell et al. (2004) avaliaram o desempenho e a excreção mineral em frangos alimentados com concentrações diferentes de zinco, sendo utilizadas fonte inorgânica e uma fonte orgânica. Aves consumindo a fonte orgânica de zinco apresentaram menor excreção mineral, independente da dose, sendo esta a melhor alternativa para a suplementação de zinco acima dos níveis recomendados pelo NRC (1994).

No entanto, Dozier III et al. (2003) não observaram menor eliminação de cobre em frangos alimentados com fonte orgânica de cobre (complexado com um aminoácido) em relação àqueles alimentados com sulfato de cobre. Mohanna e Nys (1999) também não encontraram evidências de que a zinco-metionina promove diminuição na eliminação de zinco nas excretas, quando comparada com o sulfato de zinco.

Nollet et al. (2007) concluíram que minerais em forma orgânica podem ser incluídos em níveis mais baixos na dieta que os níveis recomendados para minerais inorgânicos, sem que haja efeito negativo no desempenho de frangos de corte. A substituição de minerais inorgânicos por orgânicos em rações para frangos pode trazer benefícios na conversão alimentar. Minerais orgânicos também resultam em redução na concentração de minerais nas fezes, quando se compara com aves alimentadas com rações formuladas com minerais inorgânicos.

Com base nas considerações acima e, visto a necessidade de se conhecer o comportamento produtivo dos frangos criados com diferentes formas de minerais e submetidos a diferentes temperaturas, foi proposto o estudo, que se encontra no capítulo 2, intitulado **“FORMAS INORGÂNICAS E ORGÂNICAS DE MINERAIS E TEMPERATURA AMBIENTE SOBRE O DESEMPENHO, IMUNIDADE E PARÂMETROS SANGUÍNEOS EM FRANGOS DE CORTE”**. Este trabalho foi escrito de acordo com as normas para publicação da Revista Brasileira de Zootecnia., e teve como objetivo avaliar o efeito do fornecimento de fontes minerais orgânicas e inorgânicas sobre os parâmetros zootécnicos e sanguíneos de frangos de corte submetidos a diferentes temperaturas de criação.



## Referências Bibliográficas

- ALVA, A. K.; HUANG, B.; PARAMASIVAM, S. Soil pH affects copper fractionation and phytotoxicity. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 64, p. 955-962, 2000.
- ALVES, S. P.; SILVA, I. J. O.; PIEDADE, S. M. S. Avaliação do bem-estar de aves poedeiras comerciais: efeitos do sistema de criação e do ambiente bioclimático sobre o desempenho das aves e a qualidade de ovos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 36, n. 5, p. 1388-1394, 2007.
- AMERICAN ASSOCIATION FEED CONTROL OFFICIALS. **Official publication**. Atlanta, 1997. 266 p.
- ARAÚJO, J. A. et al. Fontes de minerais para poedeiras. **Acta Veterinaria Brasilica**, Mossoró, v. 2, n. 3, p. 53-60, 2008.
- ARAÚJO, M. S. et al. Níveis de cromo orgânico na dieta de codornas japonesas mantidas em estresse por calor na fase de postura, **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 36, n. 3, p. 584-588, 2007.
- BAKER, D. H. et al. Bioavailability of copper in cupric oxide, cuprous oxide, and in a copper-lysine complex. **Poultry Science**, v. 70, p. 177-179, 1991.
- BANKS, K.M.; THOMPSON, K.L.; JAYNES, P.; APPLGATE, T.A. The effect of copper on the efficacy of phytase, growth, and phosphorus retention in broiler chicks. **Poultry Science**, Savoy, v. 83, p. 1335-1341, 2004.
- BARTLETT, J. R; SMITH, M. O. Effects of different levels of zinc on the performance and immunocompetence of broilers under heat stress. **Poultry Science**, Savoy, v. 82, p. 1580-1588, 2003.

- BARUSELLI, M. S. Efeito do uso de minerais orgânicos no desempenho e comportamento animal. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE ZOOTECNIA, 5., 2003, Uberaba. **Anais...** Uberaba: ZOOTEC, 2003. 1 CD-ROM.
- BAUMAN, D. E.; CURRIE, W. B. Partitioning of nutrients during pregnancy and lactation: a review of mechanisms involving homeostasis and homeorhesis. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 63, p. 1514-1529, 1980.
- BECKETT, G. J. et al. Effect of selenium deficiency on hepatic type I 5'iodothyronine deiodinase activity and hepatic thyroid hormone levels in rat. **Biochemical Journal**, Washington, DC, v. 282, p. 483-487, 1992.
- BORGES, S. A.; MAIORKA, A.; SILVA, A. V. F. Fisiologia do estresse calórico e a utilização de eletrólitos de frangos de corte. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 33, n. 5, p. 975-981, 2003.
- BRITO, J. A. G. ET al. Uso de microminerais sob a forma de complexo orgânico em rações para frangas de reposição no período de 7 a 12 semanas de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 35, n. 4, p. 1342-1348, 2006.
- BURRELL, A. L. Responses of broilers to dietary zinc concentrations and sources in relation to environmental implications. **British Poultry Science**, London, v. 45, n. 2, p. 255-263, 2004.
- CARDOSO, A. L. S. P.; ALBUQUERQUE, R.; TESSARI, E. N. C. Desempenho de frangos de corte recebendo rações com diferentes níveis de inclusão de zinco e de vitamina E. **Arquivos Instituto Biológico**, São Paulo, v. 74, n. 4, p. 307-313, 2007.
- CARLTON, W. W.; HENDERSON, W. Histopathological lesions observed in the long bones of chickens fed a copper-deficient diet. **Poultry Science**, Savoy, v. 41, p. 1634, 1962.

- CHENG, J.; KORNEGAY, E. T.; SCHELL, T. Influence of dietary lysine on the utilization of zinc from zinc sulfate and a zinc-lysine complex by young pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 76, p. 1064-1074, 1998.
- CLYDESDALE, F. M. Mineral interactions in foods. In: BODWELL; C. E; ERDMAN, J. W. Jr. **Nutrient interaction**. New York: Marcel Dekker, 1998. p. 257-268.
- COLE, D. J.; ROUSSEL, A. J.; WHITNEY, M. S. Interpreting a bovine CBC: evaluating the leukon and acute-phase proteins. **Veterinary Medicine**, Denville, v. 92, p. 470-478, 1997.
- COSTA, M. J. R. Comportamento e bem estar. In: MACARI, M.; FURLAN, R. L.; GONZALES, E. (Eds.). **Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte**. 2. ed. Jaboticabal: UNESP; FUNEP, 2002. p. 327-345.
- DAHLKE, F. et al. Avaliação de diferentes fontes e níveis de selênio para frangos de corte em diferentes temperaturas. **Archives of Veterinary Science**, Curitiba, v. 10, n. 1, p. 21-26, 2005a.
- DAHLKE, F. et al. Empenamento, níveis hormonais de triiodotironina e tiroxina e temperatura corporal de frangos de corte de diferentes genótipos criados em diferentes condições de temperatura. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 3, p. 664-670, 2005b.
- DARDENNE, M. et al. A zinc dependent epitope of the molecule of thymulin, a thymic hormone. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, Washington, DC, v. 82, p. 7035, 1985.
- DHURANDHAR, N. V. et al. Increased adiposity in animals due to a human virus. **International Journal of Obesity**, London, v. 24, p. 989-996, 2000.

- DOZIER III, W. A. et al. Early growth and environmental implications of dietary zinc and copper concentrations and sources of broiler chicks. **British Poultry Science**, London, v. 44, n. 5, p. 726-731, 2003.
- EREOLA, E.; VEROMAA, T.; TOIVANEN, P. Special features in the structural organization of the avian lymphoid system. In: TOIVANEN, A.; TOIVANEN, P. (Eds). **Avian immunology: basis and practice**, 1. Boca Raton: CRC, 1987. p. 9-21.
- FARIA FILHO, D. E. et al. Dietas de baixa proteína no desempenho de frangos criados em diferentes temperaturas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v.41, n.1, p.101-106, 2006.
- FERKET, P.R.; QURESHI, M.A. Performance and immunity of heat-stressed broilers fed vitamin and electrolyte supplemented drinking water. **Poultry Science**, Savoy, v. 71, p. 88-97, 1992.
- FURLAN, R. L; MACARI, M. Termorregulação. In: MACARI, M.; FURLAN, R. L.; GONZALES, E. (Eds.). **Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte**. 2. ed. Jaboticabal: UNESP; FUNEP, 2002. p. 209-230.
- GERAERT, P. A.; PADILHA, J. C. F.; GUILLAUMIN, S. Metabolic and endocrine changes induced by chronic heat exposure in broiler chickens: growth performance, body composition and energy retention. **British Journal of Nutrition**, London, v. 75, p. 195-204, 1996.
- GLICK, B. Embryogenesis of the bursa de fabricius: stem cell, microenvironment, and receptor-paracrine pathways. **Poultry Science**, Savoy, v. 74, p. 419-426, 1995.
- HALPIN, K. M.; BAKER, D. H. Selenium deficiency and transsulfuration in the chick. **The Journal of Nutrition**, Bethesda, v. 14, p. 606-612, 1984.

- HARMON, B.G. Avian heterophils in inflammation and disease resistance. **Poultry Science**, v.77, p. 972-977, 1998
- HJELMSTROM, P. et al. Lymphoid tissue homing chemokines are expressed in chronic inflammation. **American Journal of Pathology**, Bethesda, v. 156, p. 1133-1138, 2000.
- HUMPHREY, B. D.; KLASING, K. C. Modulation of nutrient metabolism and homeostasis by the immune system. **World's Poultry Science Journal**, Ithaca, v. 60, p. 90-100, 2004.
- JAIN, N. C. **Essentials of veterinary hematology**. Philadelphia: Lea & Febiger, 1993. 417 p.
- KAYA, A.; ALTINER, A.; ÖZPINAR, A. Effect of copper deficiency on blood lipid profile and haematological parameters in broilers. **Journal of Veterinary Medicine Series A**, Berlin, v. 53, p. 399-404, 2006.
- KIDD, M. T. et al. Dietary zincmethionine enhances mononuclear-phagocytic function in young turkeys. **Biological Trace Element Research**, Clifton, v. 42, p. 217-229, 1994.
- KIEFER, C. Minerais quelatados na nutrição de aves e suínos. **Revista Eletrônica Nutritime**, Viçosa, MG, v. 2, n. 3, p. 206-220, 2005. Disponível em: <[http://www.nutritime.com.br/arquivos\\_internos/artigos/023V2N3P206\\_220\\_MAI2005\\_.pdf](http://www.nutritime.com.br/arquivos_internos/artigos/023V2N3P206_220_MAI2005_.pdf)>. Acesso em: 28 jan. 2010.
- KING, A.; McLELLAND, J. Lymphatic system. In: \_\_\_\_\_. **Birds: their structure and function**. London: Baillere Tindall, 1984. p. 229-236.
- KLASING, K. C Nutritional modulation of resistance to infectious diseases. **Poultry Science**, Savoy, v. 77, p. 1119-1125, 1998.

- KLASING, K. C. Nutrition and the immune system. **British Poultry Science**, London, v. 48, n. 5, p. 525-537, 2007.
- KOGUT, M. H. et al. Lymphokine-augmented activation of avian heterophils. **Poultry Science**, Savoy, v. 77, p. 964-971, 1998
- KRATZER, F. H.; VOHRA, P. Chelates and chelation. In: \_\_\_\_\_. **Chelates in nutrition**. Boca Raton: CRC, 1986. p. 5-33.
- LAGANÁ, C. et al. Effect of the supplementation of vitamins and organic minerals on the performance of broilers under heat stress. **Brazilian Journal of Poultry Science**, Campinas, v. 9, n. 1, p. 39-43, 2007
- LEE, S. H. et al. Evaluation metal-amino acid chelates and complexes at various levels of copper and zinc in weanling pigs and broiler chicks. **Asian-Australian Journal of Animal Science**, Seoul, v. 14, n. 12, p. 1734-1740, 2001.
- LEESON, S. A. New look at trace mineral nutrition of poultry: can we reduce the environmental burden of poultry manure. In: ANNUAL SYMPOSIUM ON BIOTECHNOLOGY IN THE FEED INDUSTRY, 19., 2003, Nottingham. **Proceedings...** Nottingham: Altech's, 2003. 1 CD-ROM.
- LEESON, S.; SUMMERS, J. D. **Nutrition of the chicken**. 4th ed. Guelph: University Books, 2001. 591 p.
- LIEN, T. H.; HOMG, Y. M.; YANG, K. H. Performance, serum characteristics, carcass traits and lipid metabolism of broilers as affect by supplement of chromium picolinate. **British Poultry Science**, London, v. 40, p. 357-363, 1999.
- LIN, H. et al. Strategies for preventing heat stress in Poultry. **World's Poultry Science Journal**, Ithaca, v. 62, p. 71-86, 2006.

- MACARI, M.; LUQUETTI, B. C. Fisiologia cardiovascular. In: MACARI, M.; FURLAN, R. L.; GONZALES, E. (Eds.). **Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte**. 2. ed. Jaboticabal: UNESP; FUNEP, 2002. p. 17-36.
- MAIORKA, A.; MACARI, M. Absorção de minerais. In: MACARI, M.; FURLAN, R. L.; GONZALES, E. (Eds.). **Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte**. 2. ed. Jaboticabal: UNESP; FUNEP, 2002. p. 167-173.
- MAYNARD, L. A. **Nutrição animal**. 3. ed. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1984. 550 p.
- MILLER, L.; QURESHI, M. A. Comparison of macrophage function in several commercial broiler genetic lines. **Poultry Science**, Savoy, v. 70, p. 1094-1101, 1991.
- MOHANNA, C.; NYS, Y. Effect of dietary zinc content and sources on the growth, body zinc deposition and retention, zinc excretion and immune response in chickens. **British Poultry Science**, London, v. 40, n. 1, p. 108-114, 1999.
- MONTASSIER, H. L. Enfermidades do Sistema Imune. In: BERCHIERI JÚNIOR, A.; MACARI, M. (Ed.). **Doenças das aves**. Campinas: FACTA, 2000. p. 133-150.
- MORGULIS, M. S. Imunologia aplicada. In: MACARI, M.; FURLAN, R. L.; GONZALES, E. (Eds.). **Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte**. 2. ed. Jaboticabal: UNESP; FUNEP, 2002. p. 231-243.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of poultry**. 9th rev. ed. Washington, DC, 1994. 155 p.
- NOLLET, L. et al. The effect of replacing inorganic with organic trace minerals in broiler diets on productive performance and mineral excretion. **Journal of Applied Poultry Research**, Athens, v. 16, p. 592-297, 2007.

- OLIVEIRA NETO, A. R. et al. Efeito da temperatura ambiente sobre o desempenho e características de carcaça de frangos de corte alimentados com dieta controlada e dois níveis de energia metabolizável. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 29, n. 1, p.183-190, 2000.
- ORTOLANI, E. L. Macro e microelementos. In: SPINOSA, H. S.; GÓRNIK, S. L.; BERNARDI, M. M. **Farmacologia aplicada à medicina veterinária**. 3. ed. Rio de Janeiro: Ginabara Googan, 2002. p. 641-651.
- PESTI, G. M.; BAKALLI, R. I. Studies on the feeding of cupric sulfate pentahydrate and cupric citrate to broiler chickens. **Poultry Science**, Savoy, v. 75, p. 1086-1091, 1996.
- QURESHI, M. A. Role of macrophages in avian health and disease. **Poultry Science**, Savoy, v. 77, p. 978-982, 1998.
- REDDY, A. B.; DWIVED J. N.; ASHMEAD, A. D. Mineral chelation generates profit. **Misset World Poultry**, Doetinchen, v. 8, p. 13-15, 1992.
- 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**, Viçosa, v. 37, n. 4, p 636-644, 2008.
- ROSALES, A. G. et al. Isolation, identification and pathogenicity of two field strains of infectious Bursal virus. **Avian Disease**, Tempe, v. 33, n. 1, p. 35-41, 1989.
- SALZER, M. et al. Multiple response for assessing zinc status in weanling pigs containing sub-requirement levels of Zn from ZnO, Zn polysaccharide complex, and Zn methionine. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 75, p. 27-39. 1997. Supplement 1.



- SANTOS, R. A. **Minerais quelatados na nutrição animal**. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 1998. 28 p. Apostila.
- SARTORI, J. R. et al. Efeito da temperatura ambiente e da restrição alimentar sobre o desempenho e a composição de fibras musculares esqueléticas de frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 30, n. 6, p. 1779-1790, 2001.
- SCHMIDT, M. et al. Níveis nutricionais de cobre para frangos de corte machos e fêmeas na fase inicial. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 34, n. 6, p. 1599-1605, 2005.
- SECHINATO, A. S.; ALBUQUERQUE, R.; NAKADA, S. Efeito da suplementação dietética com microminerais na produção de galinhas poedeiras. **Archives of Veterinary Science**, Curitiba, v. 10, n. 1, p. 21-26, 2006.
- SERQUEIRA, J. L. Diagnostico histopatológico. In: ANDREATTI FILHO, R. L (Ed.). **Saúde aviária e doenças**. São Paulo: Roca, 2007. p. 18-29.
- SMITH, M. O. et al. Relative biological availability of manganese from manganese proteinate, manganese sulfate end manganese monoxide in broilers reared at elevated temperatures. **Poultry Science**, Savoy, v. 74, p. 702-707, 1995.
- SOUTHERN, L. L.; BAKER, D. H. *Eimeria acervulina* infection and zinc-copper interrelationship in the chick. **Poultry Science**, Savoy, v. 62, p. 401-404, 1983.
- SPEARS, J. W. Optimizing mineral levels and sources for farm animal. In: KORNEGAY, E. T. **Nutrient management of food animals to enhance and protect the environment**. New York: CRC, 1996. p. 259-275.
- SUBBA RAO, D. S. V.; GLICK, B. Immunosuppressive action of heat in chickens. **Proceedings of the Society for Experimental Biology and Medicine**, New York, v. 133, p. 445-448, 1970.

- TEETER, R. G. et al. Chronic heat stress and respiratory alkalosis: Occurrence and treatment in broiler chicks. **Poultry Science**, Savoy, v. 64, p. 1060-1064, 1985.
- THAXTO, P.; SIEGEL, H. S. Depression of secondary immunity by high environmental temperature. **Poultry Science**, Savoy, v. 51, p. 1519-1526, 1972.
- THAXTON, P.; SADLER, C. R.; GLICK, B. Immune response of chickens following heat exposure or injection with ACTH. **Poultry Science**, Savoy, v. 47, p. 264-266, 1968.
- THAXTON, P.; SIEGEL, H. S. Modification of high temperature and ACTH-induced immunodepression by metyrapone. **Poultry Science**, Savoy, v. 52, p. 618-624, 1973.
- THRALL, M. A. Hematologia de aves. In: THRALL, M. A. (Ed.). **Hematologia e bioquímica clínica aviária**. São Paulo: Roca, 2006. p. 215-246.
- VAN DER KLIS, J. D.; KEMME, A. D. An appraisal of trace elements: inorganic and organic. In: McNAB, J. M.; BOORMAN, K. N. **Poultry feedstuffs: supply, composition and nutritive value**. Wallingford: CAB International, 2002. p. 99-108.
- VIEIRA, S. L. Chelated minerals for poultry. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, Campinas, v. 10, n. 2, p. 73-79, 2008.
- YALÇIN, S. et al. Influence of ambient temperature and genotype on bone parameters and incidence of leg disorders of male and female broilers. **WORLD'S POULTRY CONGRESS, 20.**, 1996, New Delhi, India. **Proceedings...** New Delhi: WPSA, 1996. v. 2, p. 577-580.
- ZULKIFLI, I. et al. Inhibition of adrenal steroidogenesis, food restriction and acclimation of high ambient temperatures in chickens. **British Poultry Science**, London, v. 35, p. 417-426, 1994.

## **CAPÍTULO II**

## **Formas inorgânicas e orgânicas de minerais e temperatura ambiente sobre o desempenho, imunidade e parâmetros sanguíneos em frangos de corte**

### **RESUMO**

Foram utilizados 432 pintos de corte machos COBB 500 com peso médio de  $44,5 \pm 0,76$ g. As aves foram alojadas em três câmaras climáticas, para avaliar o efeito de formas orgânicas e inorgânicas de microminerais e da temperatura ambiente no desempenho, imunidade e parâmetros sanguíneos de frangos de corte de 1 a 42 dias de idade. O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial  $2 \times 3$  (duas fontes minerais e três temperaturas - fria, neutra e quente), com nove repetições e oito aves por unidade experimental. Não houve interação entre formas de minerais e temperatura para variáveis de desempenho, imunidade e parâmetros sanguíneos em nenhum dos períodos estudados, exceto a conversão alimentar (CA) aos 42 dias, inibição da hemaglutinação (HI) aos 10 dias e eosinófilos aos 21 dias. Animais mantidos em estresse por frio apresentaram maiores valores de peso final, ganho de peso, consumo de ração e CA em todas as fases de criação, e menor viabilidade aos 42 dias, comparados aos mantidos em estresse por calor. Aos 21 dias foi verificado menor valor de hematócrito para frangos em estresse por calor. Para proteínas plasmáticas totais (PPT), o maior valor foi observado para frangos mantidos no frio. Para hemoglobina, o menor valor foi verificado em frangos mantidos em alta temperatura. Aos 42 dias de idade temperatura alterou valores de hemácias (Hm), hematócrito (Ht), hemoglobina (Hb) e volume corpuscular médio (VCM), sendo os menores valores verificados nas aves criadas em câmara quente e os maiores valores para as criadas em câmara fria. A forma de mineral não influenciou parâmetros produtivos, imunológicos e resposta imune de frangos de corte mantidos em diferentes temperaturas. O estresse pelo calor ou frio comprometeu o desempenho e parâmetros sanguíneos, sendo o estresse pelo calor o mais prejudicial. Estresse por frio predispõe a maior mortalidade por ascite e incidência de refugagem.

Palavras-chave: produção, estresse térmico, indicadores hematológicos, resposta imune

**Inorganic and organic mineral sources and environment temperature on performance, immunity and blood parameters of broilers**

**ABSTRACT**

This study was conducted to evaluate the effect of organic and inorganic sources of trace elements and environmental temperature on performance, immunity and blood parameters of broilers. Four hundred and thirty two male COBB 500 broilers weighing  $44.5 \pm 0.76$  g were housed from 1 to 42 days old in three climatic chambers. The design was randomized in a factorial 2x3 (two mineral sources and three temperatures - cold, hot and neutral) with nine pen-replicates of eight birds each one. There was no effect among mineral sources and temperature for performance, immunity and blood parameters during the experimental period except for feed: gain ration (FGR) at 42 days, hemagglutination inhibition (HI) at 10 days and at 21 days the eosinophils. Animals kept in cold chamber had higher final weight, weight gain, feed intake and FGR, however had lower viability at 42 days compared to the animals kept in hot chamber. At 21 days chickens under heat exposure had lower hematocrit value than chickens under cold and neutral exposure. For total plasma protein (TPP) the highest value was observed for chickens under cold conditions. For hemoglobin the lowest value was found in chickens kept at high temperature. At 42 days old chickens under heat exposure had the lower values for RBC (Hm), hematocrit (Ht), hemoglobin (Hb) and mean corpuscular volume (MCV) than chickens under cold exposure. The mineral source did not influence performance, blood parameters and immune response of broilers reared at different temperatures. The hot or cold temperature impaired performance and blood parameters being hot the most harmful temperature. Cold stress predisposes to increased mortality due to ascites and incidence of culling.

Keywords: production, heat stress, hematological indicators, immune response

## Introdução

A avicultura tem se destacado como atividade em constante crescimento, sendo este atribuído à eficiência na produção, devido aos avanços nos conhecimentos nas áreas de nutrição, genética, ambiência e sanidade (Ribeiro et al, 2008). Uma boa nutrição é obtida desde que todos os nutrientes sejam adicionados à dieta de maneira que o animal exteriorize o seu potencial genético.

Dentre os nutrientes importantes para manter o animal em sua plena forma produtiva destacam-se os minerais, que participam de reações fisiológicas e bioquímicas, e estão envolvidos no crescimento, ganho de peso, empenamento e apetite (Maiorka e Macari, 2002; Nollet et al., 2007).

No estudo da nutrição animal, tem crescido o interesse em buscar novas formas de suplementação de minerais que sejam melhor absorvidos e metabolizados. Assim, os minerais complexados ou orgânicos têm sido recomendados para aves por se considerar que, estando agregados a carreadores, tenham melhor absorção e sejam mais biodisponíveis (Ho e Hidiroglou, 1997; Salzer et al., 1997).

Leeson e Summers (2001) definem os minerais quelatados como uma mistura de elementos minerais que são ligados a algum tipo de carreador, podendo ser um aminoácido ou polissacarídeo, que se ligam ao metal por ligações covalentes, através do grupo amino ou oxigênio e formam uma estrutura cíclica, sendo desta forma melhor aproveitados pelo organismo.

O frango tem pouca capacidade de responder ao estresse, tais como frio, calor, fome, alta densidade e baixa capacidade termoregulatória e, segundo Ferket e Qureshi (1992), é bem mais sensível ao calor do que ao frio. Nas criações em que os animais estão submetidos a altas temperaturas, têm a função imune reduzida, ficam mais susceptíveis às doenças e seu desempenho é limitado (Miller e Qureshi, 1991).

Ainda não se sabe se o efeito prejudicial do estresse por calor na função imune das aves pode ser superado com o fornecimento de nutrientes como os minerais. Kidd et al. (1994) avaliaram os efeitos da suplementação de zinco em dietas para perus com níveis adequados deste mineral e observaram que a adição de 30 ou 45 ppm de zinco a partir da utilização de zinco-metionina aumentou a capacidade de resposta imune celular de perus jovens. Ribeiro et al. (2008) afirmaram que durante a reação

imunológica, o nível desse mineral no sangue decresce drasticamente em razão da síntese de metalotioneína no fígado e, em contrapartida, a absorção é aumentada, provocando aumento na exigência de zinco.

Poucas pesquisas têm sido realizadas no sentido de se avaliar a eficiência da suplementação mineral nas formas orgânicas para frangos de corte. Ainda não há um consenso relacionado ao uso destes minerais, sendo a literatura muito controversa a respeito dos seus benefícios (Sechinato et al., 1996; Kiefer, 2005). Assim, este estudo teve como objetivo avaliar o desempenho produtivo e as respostas dos parâmetros sanguíneos e imunológicos de frangos de corte em resposta aos minerais na forma orgânica em relação aos minerais na forma inorgânica em diferentes temperaturas.

### Material e Métodos

Foi realizado um experimento na Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, UNESP - Univ. Estadual Paulista, Campus de Botucatu no Laboratório de Nutrição de Aves, no qual foram utilizados 432 pintos de corte machos da linhagem COBB 500 com um dia de idade e peso médio de  $44,5 \pm 0,76$ g. As aves foram alojadas em três câmaras climáticas, em 36 gaiolas por câmara, sobrepostas em três fileiras de seis gaiolas, 18 gaiolas de cada lado, com corredor central, onde as aves permaneceram até o final do experimento (42 dias de idade). As câmaras foram reguladas de modo que mantivessem temperaturas distintas, propiciando situação de conforto térmico, estresse pelo frio e pelo calor, conforme a idade das aves. As temperaturas propostas para cada câmara são mostradas na Tabela 1.

Tabela 1. Temperatura programada para as câmaras climáticas durante o período experimental.

Fases (dias de idade)	Temperatura (°C)		
	Calor	Termoneutra	Frio
1 a 7	34	30	27
8 a 14	33	28	25
15 a 21	32	26	20
22 a 28	31	25	18
29 a 42	29	23	16

A Tabela 2 apresenta os valores médios de temperatura máxima e mínima obtidos nas câmaras climatizadas durante o período experimental. As temperaturas registradas ficaram dentro das faixas inicialmente propostas para cada câmara.

Tabela 2. Médias das temperaturas mínimas (Mín.) e máximas (Máx.) das câmaras climáticas nas diferentes idades das aves e em diferentes temperaturas.

Idade (dias)	Temperatura (°C)		
	Calor (Mín. - Máx.)	Termoneutro (Mín. - Máx.)	Frio (Mín. - Máx.)
1 a 3	33,2 - 34,7	31,2 - 33,6	29,6 - 31,9
4 a 7	32,5 - 34,2	28,9 - 31,4	25,6 - 29,0
8 a 14	31,7 - 33,5	27,2 - 28,9	23,7 - 26,6
15 a 21	30,8 - 32,5	25,7 - 28,0	19,8 - 22,6
22 a 28	30,3 - 32,3	27,4 - 28,3	18,3 - 21,2
29 a 35	29,7 - 32,3	25,7 - 28,6	14,1 - 18,4
36 a 42	29,4 - 30,8	25,0 - 27,1	16,3 - 18,4

As gaiolas de arame galvanizado possuíam dimensões de 45 x 50 x 61 cm (altura x largura x comprimento), munidas de comedouro tipo calha e bebedouro tipo *nipple*. O fornecimento de ração e água foi *ad libitum* e a água foi renovada duas vezes ao dia na câmara quente para evitar aquecimento. As rações foram formuladas à base de milho e farelo de soja, de acordo com as recomendações nutricionais adaptadas de Rostagno et al. (2005), variando apenas o suplemento mineral utilizado (Tabela 3).

Foi utilizado um programa alimentar com quatro dietas, assim distribuídas: ração pré-inicial (um a sete dias de idade), ração inicial (oito a 21 dias de idade), ração de crescimento (22 a 35 dias de idade) e ração final (36 a 42 dias de idade).

As aves foram distribuídas segundo delineamento inteiramente casualizado, em modelo fatorial 2x3 (dois tipos de formas minerais: orgânica ou inorgânica; três temperaturas ambientes: quente, termoneutra ou fria) com nove repetições, sendo consideradas como repetição duas gaiolas paralelas (unidade experimental), com quatro aves por gaiola, perfazendo oito aves por unidade experimental.

As formas de mineral utilizadas foram: forma inorgânica (zinco, cobre, manganês, selênio e ferro, em forma de óxidos) e forma orgânica (zinco, cobre, manganês, de selênio e ferro, em forma de carboaminofosfoquelato). A inclusão de minerais em ambos os suplementos está além do preconizado pelo NRC (1994), que é de 8 mg de cobre, 80 mg de ferro, 60 mg de manganês, 0,15 mg de selênio e 40 mg de zinco.



Tabela 3. Composição percentual e valores nutricionais calculados das rações experimentais.

Ingredientes (%)	Fase			
	Pré-inicial	Inicial	Crescimento	Final
Milho	56,28	59,28	61,73	65,82
Farelo de soja	37,20	34,45	31,10	27,10
Óleo de soja	2,05	2,30	3,40	3,50
Sal comum (NaCl)	0,30	0,24	0,26	0,26
Calcário	0,92	0,90	0,85	0,80
Fosfato bicálcico	1,97	1,80	1,70	1,55
Bicarbonato de sódio	0,33	0,38	0,33	0,30
L-Treonina	0,14	0,05	0,05	0,06
DL-Metionina	0,22	0,16	0,16	0,16
L-Lisina	0,35	1,19	0,19	0,24
Cloreto de colina	0,05	0,05	0,05	0,05
Suplemento mineral <sup>1</sup>	0,10	0,10	0,10	0,10
Suplemento vitamínico <sup>2</sup>	0,10	0,10	0,08	0,06
Total	100,00	100,00	100,00	100,00
Valores nutricionais calculados				
EM (kcal/kg)	2.950	3.000	3.104	3.163
Proteína Bruta (%)	22,04	20,80	19,49	18,07
Cálcio (%)	0,94	0,89	0,84	0,77
Fósforo disponível (%)	0,48	0,44	0,42	0,39
Fibra Bruta (%)	2,99	2,88	2,75	2,60
Metionina (%)	0,52	0,45	0,44	0,42
Aminoácidos sulfurados (%)	0,82	0,74	0,71	0,68
Lisina (%)	1,34	1,15	1,08	1,02
Potássio (%)	0,84	0,80	0,74	0,68
Sódio (%)	0,23	0,22	0,21	0,20
Cloro (%)	0,23	0,19	0,20	0,20
Ácido linoléico (%)	2,38	2,56	3,17	3,27
Triptofano (%)	0,24	0,23	0,21	0,19
Treonina (%)	0,87	0,75	0,70	0,66

<sup>1</sup> Composição do suplemento mineral (por kg de ração): zinco (60 mg), cobre (10 mg), manganês (78 mg), selênio (0,35 mg), ferro (58 mg).

<sup>2</sup> Composição do suplemento vitamínico (por kg de ração): vitamina A (11.280 UI); vitamina D3 (2.724 UI); vitamina E (17,2 mg); vitamina K3 (1,92 mg); vitamina B (2,01 mg); vitamina B2 (4,5 mg); vitamina B6 (2,49 mg); vitamina B12 (12 mg); niacina (30 mg); ácido pantotênico (12 mg); biotina (0,099 mg); ácido fólico (0,99 mg), antioxidante (1 g), iodo (1,0065 mg).

As condições ambientais das salas (temperaturas máxima, mínima e instantânea e umidade relativa do ar) foram monitoradas diariamente em dois horários (8h00 e 17h00) por meio de termômetros digitais. O programa de luz foi contínuo, com 24 horas de luz artificial durante todo o período experimental. Todas as aves foram pesadas ao final de

cada fase de experimento (7, 21, 35 e 42 dias de idade) e foram calculados o peso médio e o ganho de peso para cada fase de criação.

As rações foram pesadas antes do fornecimento às aves e ao final de cada período. As sobras foram pesadas para calcular o consumo médio de ração por ave. A mortalidade e o peso das aves mortas foram anotados diariamente para calcular a viabilidade. A conversão alimentar foi calculada dividindo o consumo médio de ração por ave pelo peso médio das aves já corrigido pelo peso de aves mortas. O índice de eficiência produtiva foi calculado pela fórmula:

$$IEP = \frac{VIAB + GPD}{CA} * 100$$

onde:

VIAB = viabilidade (%);

GPD = ganho de peso diário (g);

CA = conversão alimentar.

Para avaliação dos parâmetros hematológicos foram coletados 3 mL de sangue, através da veia braquial, de uma ave por unidade experimental, aos 21 e 42 dias de idade, com seringa heparinizada na proporção de 0,1 mL de heparina para cada 1 mL de sangue. As amostras de sangue foram acondicionadas em tubos de ensaio devidamente identificados por tratamento e repetição para contagem de células vermelhas e trombócitos e confecção de esfregaços em lâminas para contagem de células brancas e cálculo de relação heterófilo/linfócito.

A contagem do número de eritrócitos foi realizada pelo método do hemocítmetro em câmara de Neubauer, utilizando-se Azul de Toluidina Merck® a 0,01% diluído em solução fisiológica 0,9% em pipeta de Thoma, na proporção 1:200. A taxa de hemoglobina foi determinada pelo método da cianometahemoglobina, utilizando-se kit comercial Hemoglobina Analisa Diagnóstica® para determinação colorimétrica. O hematócrito foi obtido utilizando-se o método do microhematócrito. Foram determinados os índices hematimétricos, que são úteis na classificação morfológica das anemias e avaliação da resposta eritropoiética:

Volume corpuscular médio (VCM):

$$VCM = \frac{Ht}{Hm} * 10$$

Concentração de hemoglobina corpuscular média (CHCM):

$$CHCM = \frac{Hb}{Ht} * 100$$

A dosagem de proteínas plasmáticas totais, (PPT) foi feita pelo método de refratometria. Todas as análises foram realizadas de acordo com metodologia proposta por Charles-Noriega (2000). A diferenciação dos leucócitos foi realizada em extensão sanguínea, corada com May-Grünwald Giemsa. Para tal, foram utilizadas lâminas previamente limpas e desengorduradas. Para a confecção dos esfregaços, as lâminas foram devidamente identificadas e foram confeccionadas duas lâminas por ave. Após a confecção, essas foram acondicionadas em caixas apropriadas e posteriormente coradas. A contagem diferencial foi realizada em microscópio utilizando-se aumento 100x em óleo de imersão. Foram contadas 100 células, estabelecendo-se o percentual de cada componente celular de interesse.

Para análise dos parâmetros imunológicos, as aves foram imunizadas com vacina contra Doença de Newcastle (Vírus vivo atenuado, cepa HB1, Biovet®) por via ocular aos 10 dias de idade. Foram coletados 5,0 ml de sangue da veia braquial de duas aves anilhadas unidade experimental aos 10, 21 e 42 dias, totalizando cento e oito amostras de sangue para cada idade. Ao todo, foram coletadas 324 amostras de sangue. As amostras foram acondicionadas em tubos de ensaio, que foram deixadas em descanso para a formação de coágulo, e posteriormente centrifugadas durante 10 minutos a 1500 rpm, para separação do soro.

O soro foi acondicionado individualmente em tubos de *eppendorf*, numericamente identificados de acordo com os tratamentos, e imediatamente congelados e enviados a laboratório particular (Avipa, Campinas – São Paulo) para avaliação de títulos séricos de anticorpos contra o vírus da doença de Newcastle pelas técnicas de ensaio imunoenzimático (Kit Elisa), utilizando-se metodologia preconizada por Purchase et al. (1989) e de inibição da hemaglutinação (HI).

Para a realização das análises estatísticas dos resultados de imunologia e hematologia, os dados foram transformados para  $\text{Log}_{10}$  e posteriormente retransformados. Os resultados foram submetidos à análise de variância com o auxílio do procedimento GLM, do programa estatístico SAS (2002). Quando significativas, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

## Resultados e Discussão

Os valores de parâmetros de desempenho produtivo nos períodos de 1 a 7, 1 a 21, 1 a 35 e 1 a 42 dias estão apresentados na Tabela 4. Não houve interação entre formas de minerais e temperatura, quando se analisou os parâmetros de desempenho, para nenhum dos períodos estudados, com exceção da conversão alimentar do período de 1 a 42 dias de idade.

Tabela 4. Médias de peso inicial (PI), peso final (PF), ganho de peso (GP), consumo de ração (CR), conversão alimentar (CA) e viabilidade (Viab) de frangos de corte criados em diferentes temperaturas (T) recebendo dietas suplementadas com formas de minerais (M) inorgânicas (Inorg) e orgânicas (Org).

Variável (g)	Mineral (M)		M	Temp. ambiente (T)			T	MxT	CV (%)
	Inorg	Org		Fria	Neutra	Quente			
<u>1 a 7 dias de idade</u>									
PI, g <sup>1</sup>	44	44	ns	45	44	44	ns	ns	1,70
PF, g <sup>2</sup>	153	155	ns	161a	155ab	145b	0,003	ns	8,87
GP, g <sup>3</sup>	109	110	ns	117a	111ab	100b	0,003	ns	12,25
CR, g <sup>4</sup>	126	123	ns	139a	121b	114b	<0,001	ns	11,88
CA <sup>5</sup>	1,171	1,130	ns	1,201a	1,110b	1,142ab	0,027	ns	8,73
Viab, % <sup>6</sup>	99,07	99,54	ns	100,00	98,61	99,31	ns	ns	2,84
<u>1 a 21 dias de idade</u>									
PF, g <sup>2</sup>	803	807	ns	859a	835a	721b	<0,001	ns	9,22
GP, g <sup>3</sup>	759	762	ns	814a	791a	677b	<0,001	ns	9,75
CR, g <sup>4</sup>	1051	1070	ns	1198a	1090b	893c	<0,001	ns	8,34
CA <sup>5</sup>	1,390	1,409	ns	1,487a	1,385b	1,327c	<0,001	ns	3,86
Viab, % <sup>6</sup>	97,69	98,15	ns	97,92	97,22	98,61	ns	ns	4,91
<u>1 a 35 dias de idade</u>									
PF, g <sup>2</sup>	1607	1631	ns	1667a	1777a	1403b	<0,001	ns	11,17
GP, g <sup>3</sup>	1563	1586	ns	1633a	1733a	1359b	<0,001	ns	11,47
CR, g <sup>4</sup>	2587	2676	ns	2907a	2811a	2176b	<0,001	ns	8,64
CA <sup>5</sup>	1,702	1,729	ns	1,867a	1,658b	1,621b	<0,001	ns	5,95
Viab, % <sup>6</sup>	91,67	92,59	ns	88,19	93,06	95,14	ns	ns	10,28
<u>1 a 42 dias de idade</u>									
PF, g <sup>2</sup>	2047	2015	ns	2152a	2179a	1762b	<0,001	ns	12,08
GP, g <sup>3</sup>	2003	1970	ns	2107a	2135a	1718b	<0,001	ns	12,34
CR, g <sup>4</sup>	3445	3517	ns	3918a	3727a	2798b	<0,001	ns	8,89
CA <sup>5</sup>	1,781	1,851	0,049	1,990	1,777	1,681	<0,001	0,042	6,97
Viab, % <sup>6</sup>	88,89a	87,50b	0,000	81,25b	92,36a	90,97a	0,005	ns	11,97

<sup>a, b, c</sup> Médias seguidas por letras distintas na mesma linha diferem entre si, pelo teste de Tukey (P<0,05)

<sup>1</sup>. Peso inicial; <sup>2</sup>. Peso final; <sup>3</sup>. Ganho de peso; <sup>4</sup>. Consumo de ração; <sup>5</sup>. Conversão alimentar; <sup>6</sup>. Viabilidade.

A forma de apresentação dos minerais, orgânica ou inorgânica, não influenciou o desempenho de frangos de corte no período de um a sete dias. Resultados diferentes foram observados por Laganá et al. (2007), que encontraram resultados positivos para suplementação com vitaminas e/ou minerais orgânicos, ao avaliarem a conversão alimentar de frangos no período de 1 a 14 dias de idade, e resultados intermediários com uso de apenas suplemento mineral orgânico.

A temperatura afetou ( $P < 0,05$ ) o desempenho dos frangos de corte neste período (1 a 7 dias) com maiores resultados de peso final e ganho de peso (161g e 117g) para frangos mantidos em temperatura fria quando comparados aos submetidos a estresse por calor (145 g e 100 g), não diferindo dos frangos mantidos em termoneutralidade. Estes resultados diferem dos obtidos por Silva et al. (2009) que encontraram maiores ganhos de peso para frangos na fase pré-inicial quando criados em ambiente termoneutro, seguido de aves da câmara fria e da quente, que apresentaram os menores pesos.

A conversão alimentar dos frangos criados em termoneutralidade (1,109) foi melhor ( $P < 0,05$ ) em comparação aos criados na câmara fria (1,201) e não diferiram dos frangos submetidos a estresse por calor (1,142). A pior conversão alimentar das aves da câmara fria pode ter sido reflexo do maior ( $P < 0,05$ ) consumo de ração (139g) quando comparadas com as da câmara termoneutra (121g) e quente (114g). A viabilidade não foi influenciada pela forma mineral nem pela temperatura ambiente.

Estes resultados estão em discordância com os obtidos por Silva et al. (2009), que verificaram que alta temperatura na fase pré-inicial afetou negativamente a conversão alimentar, com melhores resultados encontrados em termoneutralidade e estresse por frio. Porém, estes autores também não observaram efeito da temperatura ambiente na viabilidade dos frangos de corte aos 7 dias de idade, assim como foi observado nesta pesquisa.

Para o período de 1 a 21 dias, as variáveis de desempenho não foram influenciadas pela forma dos minerais (orgânica e inorgânica). Dalhke et al. (2005) que não encontraram diferenças significativas para variáveis de desempenho de aves alimentadas com ração contendo fontes orgânica ou inorgânica de selênio.

Peso final e ganho de peso foram superiores ( $P < 0,05$ ) para aves criadas em temperatura fria (859g e 814g) e termoneutra (835g e 791g), quando comparados às aves mantidas em estresse pelo calor, sendo este um indicativo da sensibilidade dos

frangos ao estresse pelo calor já nesta idade. O consumo de ração dos frangos de corte mantidos em termoneutralidade (1090 g) foi menor ( $P<0,05$ ) que o dos mantidos em baixas temperaturas (1198 g) e maior ( $P<0,05$ ) que dos estressados pelo calor (893 g). Este mesmo comportamento foi relatado por Pelicano et al. (2005) que mostraram que temperatura ambiente elevada ( $33^{\circ}\text{C}$ ) reduziu o ganho de peso dos frangos de corte a partir do 21<sup>o</sup> dia de idade, quando comparado com os ganhos obtidos à temperatura de  $25^{\circ}\text{C}$  ou  $18^{\circ}\text{C}$ .

Para conversão alimentar, os melhores resultados foram observados nos frangos mantidos em estresse por calor (1,327), que neste caso não significa bom resultado de desempenho pois, esta melhora pode ser atribuída ao menor consumo de ração (893 g) destas aves, o qual ocasionou baixo ganho de peso ( $P<0,05$ ) em comparação às aves mantidas em termoneutralidade e estresse por frio. Frangos de corte criados em câmara fria apresentaram o pior ( $P<0,05$ ) resultado de conversão alimentar (1,487), em função do maior ( $P<0,05$ ) consumo de ração (1198g).

A viabilidade não foi influenciada pela forma mineral e temperatura ambiente, em conformidade com o observado por Silva et al. (2009), que também não verificaram diferenças na viabilidade de frangos de corte aos 21 dias de idade criados em ambiente termoneutro, quente e frio.

A fonte de mineral não influenciou o desempenho de frangos de corte no período de 1 a 35 dias de idade. Os melhores ( $P<0,05$ ) resultados para peso final e ganho de peso foram obtidos nas aves mantidas em temperatura fria (1667g e 1633g) e termoneutra (1777g e 1733g), quando comparados aos da câmara quente (1403g e 1359g). Estes resultados concordam com os obtidos por Laganá et al. (2007), que não encontraram influência de suplementação de vitaminas e/ou minerais orgânicos no peso final e ganho de peso de frangos de corte, mas verificaram que o estresse pelo calor reduziu o ganho de peso de frangos de corte e com os relatados por Geraert et al. (2006), que encontraram menor ganho de peso em frangos expostos ao estresse por calor na quarta semana de criação.

O consumo de ração foi menor ( $P<0,05$ ) para frangos mantidos sob temperatura quente em relação aos criados em termoutralidade e frio e isto refletiu em melhor conversão alimentar ( $P<0,05$ ) para estas aves (1,621) em relação as da câmara fria (1,867), porém não diferindo das aves criadas em câmara termoneutra (1,658). Oliveira

Neto et al. (2000) e Furlan e Macari (2002) afirmaram que frangos de cortes mantidos em estresse por calor apresentarem menor consumo de ração como forma de reduzir a produção de calor metabólico e essa redução do consumo de ração é acompanhada de piora no ganho de peso.

Aos 35 dias de idade, a viabilidade não foi influenciada pela forma de mineral e temperatura ambiente, concordando com os resultados de Ribeiro et al. (2008), que também não encontraram diferenças para viabilidade em frangos submetidos ao estresse pelo calor e suplementados com vitaminas e minerais orgânicos.

No período de 1 a 42 dias de idade, as aves mantidas em temperatura fria e termoneutra apresentaram melhores resultados ( $P < 0,05$ ) para peso final (2152g e 2179g) e ganho de peso (2107g e 2135g), quando comparadas às mantidas em estresse por calor (1762g e 1718g, respectivamente). O consumo de ração foi menor ( $P < 0,05$ ) para aves em temperatura quente (2798 g) quando comparadas com as das câmaras fria (3918 g) e termoneutra (3727 g) que não diferenciaram entre si. Estes resultados concordam com os obtidos por vários outros autores que relataram prejuízos no peso final, ganho de peso e consumo de ração em frangos de corte mantidos em condições de estresse por calor, no mesmo período de criação (Lana et al., 2000; Oliveira Neto et al. 2000; Bartlett e Smith., 2004, Faria Filho et al., 2006; Nollet et al., 2007; Niu et al., 2009).

A viabilidade foi maior ( $P < 0,05$ ) para aves criadas em temperatura termoneutra (92,36%) e quente (90,97%), quando comparadas às mantidas câmara fria (81,25%). Achados de necropsia indicaram que a alta mortalidade dos frangos submetidos a estresse pelo frio ocorreu devido à incidência de refugagem e ascite, durante os períodos de crescimento e final.

Aos 42 dias de idade verificou-se efeito ( $P < 0,05$ ) da fonte mineral para viabilidade dos frangos de corte e interação ( $P < 0,05$ ) entre fonte mineral e temperatura para conversão alimentar. As que receberam minerais na forma inorgânica apresentaram maior taxa de sobrevivência (Tabela 4).

Os resultados do desdobramento da interação entre fonte de minerais e temperaturas para conversão alimentar estão apresentados na Tabela 5. Para forma orgânica, os frangos mantidos nas câmaras fria, termoneutra e quente, não apresentaram diferença na conversão alimentar. Para formas inorgânicas, os frangos criados na câmara quente (1,58) apresentaram o melhor resultado ( $P < 0,05$ ) de conversão alimentar,

quando comparados aos mantidos nas câmaras termoneutra (1,77) e fria (1,99), que não diferiram entre si.

Tabela 5. Desdobramento da interação entre formas de minerais e temperatura ambiente para a conversão alimentar de frangos de corte de 1 a 42 dias de idade.

Fonte mineral	Temperatura			Média
	Fria	Neutra	Quente	
Inorgânica	1,990a	1,770a	1,583Bb	1,781
Orgânica	1,990	1,784	1,779A	1,851
Média	1,990	1,777	1,681	

A,B: médias na mesma coluna seguidas de letras maiúsculas distintas, diferem entre si ( $P < 0,05$ )

a,b,c: médias na mesma linha seguidas de letras minúsculas distintas, diferem entre si pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ )

Os títulos de anticorpos para vacinação contra o vírus da Doença de Newcastle obtidos por inibição da hemaglutinação (HI) e teste de Elisa estão apresentados na Tabela 6. Observa-se que aos 10, 21 e 42 dias de idade, não houve efeito de fonte mineral e temperatura e nem interação entre estes fatores para os parâmetros imunológicos dos frangos de corte, com exceção do HI aos 10 dias de idade onde houve interação entre fonte mineral e temperatura ( $P < 0,05$ ).

Tabela 6. Médias de títulos de anticorpos para Doença de Newcastle, expressos em GMT, dos testes de inibição da hemaglutinação (HI) e ELISA em diferentes idades, de frangos criados em diferentes temperaturas recebendo dietas com formas de minerais orgânicos e inorgânicos.

Idade (dias)	Fonte Mineral (M)		M	Temperatura (T)			T	MxT	CV (%)
	Inorg.	Org.		Fria	Neutra	Quente			
HI									
10	3,92	3,93	ns	4,00	4,66	3,11	<0,001	0,047	41,50
21	5,37	5,51	ns	5,39	5,32	5,61	ns	ns	31,85
42	5,14	4,57	ns	5,17	4,74	4,66	ns	ns	40,66
ELISA									
10	555,76	651,71	ns	513,44	425,57	847,62	ns	ns	15,17
21	1411,58	824,49	ns	1831,69	816,34	820,23	ns	ns	25,58
42	3552,14	1935,40	ns	2880,58	2699,01	2613,94	ns	ns	16,17

ns: não significativo ( $P > 0,05$ )

O desdobramento da interação entre fontes minerais e temperatura para o teste de inibição de hemaglutinação em frangos de corte aos 10 dias de idade está apresentado na Tabela 7. Quando as aves foram alimentadas com mineral na forma inorgânica, o



maior valor de HI ( $P < 0,05$ ) encontrado foi para os frangos submetidos à temperatura termoneutra (5,22), enquanto que, não houve efeito da temperatura para aves que receberam as fontes minerais na forma orgânica.

Tabela 7. Desdobramento da interação entre fonte de minerais e temperatura ambiente para a inibição da hemaglutinação (HI) aos 10 dias de idade para frangos vacinados contra Doença de Newcastle.

Fonte mineral	Temperatura			Média
	Fria	Neutra	Quente	
Inorgânica	3,72b	5,22aA	2,83b	3,92
Orgânica	4,28	4,11B	3,39	3,92
Média	4,00	4,67	3,11	

A,B: médias na mesma coluna seguidas de letras maiúsculas distintas, diferem entre si ( $P < 0,05$ )

a,b: médias na mesma linha seguidas de letras minúsculas distintas, diferem entre si pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ).

Funari Jr. et al. (2009) também não encontraram diferença da suplementação de fontes minerais (orgânica ou inorgânica) e níveis de selênio na resposta imune humoral de frangos de corte vacinados aos 14 dias de idade contra doença de Newcastle, através do uso da técnica de ELISA. Entretanto, Bittencourt et al. (2009) encontraram valores maiores para títulos de anticorpos para Doença de Newcastle, em testes de HI, para galinhas alimentadas com suplemento mineral orgânico na 38<sup>a</sup> semana de idade. Os resultados da presente pesquisa sobre efeito da temperatura na resposta imune estão em conformidade aos obtidos por Santin et al. (2003), que não encontraram diferenças na resposta imune humoral em aves vacinadas contra Doença de Newcastle e submetidas ao estresse térmico por frio e calor após eclosão.

Existem evidências na literatura de que o sistema imune das aves é capaz de responder a vários fatores, tais como a dieta e ambiente (Qureshi et al. 1998), e de que a concentração de nutrientes necessárias para manter saúde e produtividade seja inadequada devido a redução no consumo de ração pelo estresse por calor (Kidd et al., 2004). No presente experimento, o estresse pelo calor diminuiu o consumo de ração mas não afetou a resposta vacinal para Doença de Newcastle dos frangos de corte. Laganá et al. (2007) não confirmaram a hipótese de que estresse por calor intensifica a deficiência ou aumenta a exigência de minerais e Ribeiro et al. (2008), afirmaram que o fornecimento de alguns nutrientes com intuito de superar o efeito prejudicial do estresse por calor na função imune das aves ainda não é totalmente conhecido.

Os valores encontrados para variáveis hematológicas de aves aos 21 dias de idade estão listados na Tabela 8. Não houve interação entre fonte de mineral e temperatura ambiente para nenhuma das variáveis hematológicas estudadas. Também não houve efeito da fonte mineral, exceto para valores de eosinófilos (Eos), que foram superiores ( $P < 0,05$ ) para frangos que receberam minerais na forma inorgânica.

Tabela 8. Variáveis hematológicas de frangos de corte aos 21 dias de idade alimentados com dietas contendo formas orgânicas e inorgânicas de minerais e mantidos em diferentes temperaturas.

Variável	Mineral (M)		M	Temperatura (T)			T	MxT	CV (%)
	Inorg.	Org.		Fria	Neutra	Quente			
Hm, $10^6 \mu\text{L}^1$	2,18	2,27	ns	2,26	2,34	2,08	ns	ns	14,91
Ht, % <sup>2</sup>	31,5	30,08	ns	33,29a	31,71a	27,38b	<0,001	ns	9,67
PPT, g/dL <sup>3</sup>	2,68	2,66	ns	3,00a	2,58b	2,43b	0,0011	ns	13,20
Hb, g/dL <sup>4</sup>	8,83	8,72	ns	9,36a	9,06a	7,90b	<0,001	ns	9,06
VCM, fl <sup>5</sup>	148,26	133,34	ns	152,72	136,38	133,31	ns	ns	16,43
CHCM, g/dL <sup>6</sup>	28,23	29,04	ns	28,18	28,76	28,98	ns	ns	9,25
Lin, % <sup>7</sup>	42,44	42,07	ns	42,79	40,72	43,25	ns	ns	4,77
Het, % <sup>8</sup>	48,61	51,22	ns	50,87	50,40	48,49	ns	ns	3,14
H/L, % <sup>9</sup>	1,23	1,36	ns	1,28	1,37	1,23	ns	ns	30,20
Bas, % <sup>10</sup>	4,06	4,35	ns	3,65	3,50	5,47	ns	ns	34,24
Mon, % <sup>11</sup>	2,83	1,81	ns	2,08	2,62	2,26	ns	ns	65,94
Eos, % <sup>12</sup>	1,11a	0,27b	0,02	0,39	1,22	0,46	ns	ns	130,26

a,b Médias seguidas por letras distintas na mesma linha diferem entre si, pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ). ns: não significativo ( $P > 0,05$ )

<sup>1</sup>Hemácias; <sup>2</sup>Hematócrito; <sup>3</sup>Proteínas plasmáticas totais; <sup>4</sup>Hemoglobina; <sup>5</sup>Volume corpuscular médio; <sup>6</sup>Concentração de hemoglobina corpuscular média; <sup>7</sup>Contagem relativa de linfócitos; <sup>8</sup>Heterófilos; <sup>9</sup>Relação heterófilo/linfócito; <sup>10</sup>Basófilo; <sup>11</sup>Monócitos; <sup>12</sup>Eosinófilos.

Aos 21 dias de idade, a temperatura ambiente alterou ( $P < 0,05$ ) os valores de hematócrito (Ht), proteínas plasmáticas totais (PPT) e hemoglobina (Hb). Para o Ht, o menor ( $P < 0,05$ ) valor foi verificado para frangos mantidos em câmara quente (27,38 g/dL). Para PPT, o maior ( $P < 0,05$ ) valor (3,00 g/dL) foi observado para frangos mantidos em temperatura fria. Para Hb, o menor ( $P < 0,05$ ) valor (7,9 g/dL) foi verificado em frangos mantidos em alta temperatura.

Na Tabela 9 estão mostrados os valores das variáveis hematológicas de frangos de corte aos 42 dias de idade. Não houve interação entre forma de mineral e temperatura para nenhum dos parâmetros hematológicos. Foram encontrados maiores ( $P < 0,05$ ) valores de hemácias nas aves que receberam fontes minerais inorgânicas ( $2,27 \cdot 10^6 \mu\text{L}$ ).

A temperatura também alterou os valores de Hm, Ht, Hb e VCM, sendo que menores valores ( $P < 0,05$ ) foram verificados nas aves criadas em câmara quente ( $1,88 \cdot 10^6 \mu\text{L}$ , 23,42%, 7,5 g/dL e 124,99 fl, respectivamente) e os maiores valores ( $P < 0,05$ ) para as aves criadas em câmara fria ( $2,47 \cdot 10^6 \mu\text{L}$ , 35,46%, 10,6 g/dL e 147,38 fl respectivamente).

Tabela 9. Variáveis hematológicas de frangos de corte aos 42 dias de idade alimentados com dietas contendo formas orgânicas e inorgânicas de minerais e mantidas em diferentes temperaturas.

Variável	Mineral (M)		M	Temperatura (T)			T	MxT	CV (%)
	Inorg.	Org.		Fria	Neutra	Quente			
Hm, $10^6 \mu\text{L}^1$	2,27a	1,98b	0,01	2,47a	2,02b	1,88b	<0,001	ns	15,78
Ht, % <sup>2</sup>	29,47	28,00	ns	35,46a	27,33b	23,42c	<0,001	ns	12,74
PPT, g/dL <sup>3</sup>	3,17	2,96	ns	3,33	2,99	2,88	ns	ns	17,15
Hb, g/dL <sup>4</sup>	9,19	8,81	ns	10,60a	8,91b	7,50c	<0,001	ns	12,09
VCM, fl <sup>5</sup>	130,55	142,54	ns	147,38a	137,27ab	124,99b	0,023	ns	13,76
CHCM, g/dL <sup>6</sup>	31,57	31,77	ns	30,37	32,65	31,98	ns	ns	12,91
Lin, % <sup>7</sup>	36,53	32,27	ns	37,08	35,98	30,13	ns	ns	8,03
Het, % <sup>8</sup>	60,55	59,38	ns	58,95	56,53	64,42	ns	ns	4,31
H/L, % <sup>9</sup>	2,07	2,34	ns	2,20	2,01	2,40	ns	ns	47,85
Bas, % <sup>10</sup>	4,07	3,08	ns	4,17	3,63	2,92	ns	ns	47,75
Mon, % <sup>11</sup>	2,21	2,39	ns	2,47	1,65	2,79	ns	ns	41,64
Eos, % <sup>12</sup>	0,26	0,62	ns	0,14	0,47	0,71	ns	ns	154,55

a,b Médias seguidas por letras distintas na mesma linha diferem entre si, pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ). Ns: não significativo ( $P > 0,05$ )

<sup>1</sup>Hemácias; <sup>2</sup>Hematócrito; <sup>3</sup>Proteínas plasmáticas totais; <sup>4</sup>Hemoglobina; <sup>5</sup>Volume corpuscular médio; <sup>6</sup>Concentração de hemoglobina corpuscular media; <sup>7</sup>Contagem relativa de linfócitos; <sup>8</sup>Heterófilos; <sup>9</sup>Relação heterófilo/linfócito; <sup>10</sup>Basófilo; <sup>11</sup>Monócitos; <sup>12</sup>Eosinófilos.

Em experimento conduzido por Ribeiro et al. (2008) com frangos submetidos ao estresse por calor e suplementados com vitaminas e minerais orgânicos, o estresse por calor aumentou número de heterófilos totais, assim como relação H/L em comparação aos frangos mantidos em ambiente termoneutro aos 35 dias de idade. Os resultados da presente pesquisa discordam dos obtidos por Ribeiro et al. (2008), pois não se verificou valores relativos de heterófilos (64,42%) e relação H/L (2,41) aos 42 dias de idade maiores nas aves submetidas ao estresse pelo calor.

Segundo Macari e Luquetti (2002), frangos submetidos a condições de estresse mostraram aumento na relação H/L, visto que ocorre aumento da quantidade de

heterófilos na circulação em situações de estresse, o que não foi observado nesta pesquisa, para as aves submetidas ao calor.

Observou-se que o valor do total de hemácias, hematócrito, hemoglobina e volume corpuscular médio foram mais elevados nos frangos mantidos em temperaturas frias, que animais mantidos em temperatura termoneutra e quente, em conformidade com o relatado por Zhou e Yamamoto (1998), que demonstraram que ocorreu diminuição do hematócrito de frangos mantidos em temperaturas de 30°C, quando comparados a frangos mantidos a 20°C.

O aumento nas necessidades de energia, como resultado de exposição a baixas temperaturas ambientais, implica em mudanças necessárias no sistema cardiovascular. Mudanças no hematócrito, concentração de hemoglobina, volume sanguíneo, peso muscular do coração têm sido observadas em frangos e perus expostos a baixas temperaturas ambientes (Yahav, 2002) e tais alterações foram observadas na presente pesquisa.

Proteínas séricas totais, albumina e ácido úrico, reduzidos em frangos expostos a estresse por calor, podem ser atribuídos à menor síntese protéica (Deyhim et al., 1995). Yahav et al. (1997) afirmam que modulação do volume sanguíneo através da variação na concentração das proteínas plasmáticas tem sido observada em várias espécies e em condições fisiológicas diversas.

## **Conclusões**

A forma do mineral, inorgânica ou orgânica, não influencia o desempenho, a resposta imune e os parâmetros sanguíneos de frangos de corte submetidos a diferentes temperaturas ambientes. O estresse por calor ou o frio não comprometeram o sistema imune de frangos.

Ambientes frio e quente comprometem os parâmetros sanguíneos de frangos de corte, elevando e reduzindo, respectivamente, os valores de hematócrito, hemoglobina e proteínas plasmáticas totais aos 21 dias de idade e de hemácias, hematócrito, hemoglobina e volume corpuscular médio aos 42 dias idade, quando comparados às aves mantidas em termoneutralidade, evidenciando o efeito potencial da temperatura ambiente nas condições de estresse destas aves.

## Referências Bibliográficas

- BARTLETT, J. R; SMITH, M. O. Effects of different levels of zinc on the performance and immunocompetence of broilers under heat stress. **Poultry Science**, Savoy, v. 82, p. 1580-1588, 2003.
- BITTENCOURT, L. C. et al. Efeito da suplementação dietética de microminerais em forma orgânica na resposta imune humoral de poedeiras comerciais. In: CONFERENCIA FACTA DE CIENCIA E TECNOLOGIA AVICOLAS, 2009, Campinas. **Anais...** Campinas: Fundação Avícola de Ciência e Tecnologia Avícolas, 2009. 1 CD-ROM.
- CHARLES NORIEGA, M. I. V. C. **Apuntes de hematología aviar**: material didático para curso de hematología aviária. México: Universidad Nacional Autónoma de México, Departamento de Producción Animal, 2000. 70 p. Apostila.
- DAHLKE, F. et al. Avaliação de diferentes fontes e níveis de selênio para frangos de corte em diferentes temperaturas. **Archives of Veterinary Science**, Curitiba, v. 10, n. 1, p. 21-26, 2005.
- DEYHIM, F. et al. The effects of heat distress environment, vitamin, and trace mineral supplementation on performance, blood constituents, and tissue mineral concentrations in broiler chickens. **Nutrition Research**, New York, v. 15, n. 4, p. 521-526, 1995.
- FARIA FILHO, D. E. et al. Dietas de baixa proteína no desempenho de frangos criados em diferentes temperaturas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 41, n. 1, p. 101-106, 2006.
- FERKET, P. R.; QURESHI, M. A. Performance and immunity of heat-stressed broilers fed vitamin and electrolyte supplemented drinking water. **Poultry Science**, Savoy, v. 71, p. 88-97, 1992.

- FUNARI JUNIOR, P. et al. Efeito de diferentes fontes e níveis de selênio sobre a imunidade humoral de frangos de corte. In: CONFERENCIA FACTA DE CIENCIA E TECNOLOGIA AVICOLAS, 2009, Campinas. **Anais...** Campinas: Fundação Avícola de Ciência e Tecnologia Avícolas, 2009. 1 CD-ROM
- FURLAN, R. L.; MACARI, M. Termorregulação. In: MACARI, M.; FURLAN, R. L.; GONZALES, E. (Eds.). **Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte**. 2. ed. Jaboticabal: UNESP; FUNEP, 2002. p. 209-230.
- GERAERT, P. A.; PADILHA, J. C. F.; GUILLAUMIN, S. Metabolic and endocrine changes induced by chronic heat exposure in broiler chickens: growth performance, body composition and energy retention. **British Journal of Nutrition**, London, v. 75, p. 195-204, 1996.
- HO, K.; HIDIROGLOU, S. Effect of dietary chelated and sequestered zinc and zinc sulphate on growing lambs fed a purified diet. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v. 57, p. 93-99, 1997.
- KIDD, M. T. et al. Dietary zincmethionine enhances mononuclear-phagocytic function in young turkeys. **Biological Trace Element Research**, Clifton, v. 42, p. 217-229, 1994.
- KIDD, M. T. Nutritional modulation of immune function in broilers. **Poultry Science**, Savoy, v. 83, p. 650-657, 2004.
- KIEFER, C.; Minerais quelatados na nutrição de aves e suínos. **Revista Eletronica Nutritime**, Viçosa, MG, v. 2, n. 3, p. 206-220, 2005.
- LAGANÁ, C. et al. Effect of the supplementation of vitamins and organic minerals on the performance of broilers under heat stress. **Brazilian Journal of Poultry Science**, Campinas, v. 9, n. 1, p. 39-43, 2007.

- LANA, G. R. Q. et al. Efeito da temperatura ambiente e da restrição alimentar sobre o desempenho e a composição da carcaça de frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 29, n. 4, p. 1117-1123, 2000.
- LEESON, S.; SUMMERS, J. D. **Nutrition of the chicken**. 4th ed. Guelph: University Books, 2001. 591 p.
- MACARI, M.; LUQUETTI, B. C. Fisiologia cardiovascular. In: MACARI, M.; FURLAN, R. L.; GONZALES, E. (Eds.). **Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte**. 2. ed. Jaboticabal: UNESP; FUNEP, 2002. p. 17-35.
- MAIORKA, A.; MACARI, M. Absorção de minerais. In: MACARI, M.; FURLAN, R. L.; GONZALES, E. (Eds.). **Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte**. 2. ed. Jaboticabal: UNESP; FUNEP, 2002. p. 167-173.
- MILLER, L.; QURESHI, M. A. Induction of heat shock proteins and phagocytic function of chicken macrophage following in vitro heat exposure. **Veterinary Immunology and Immunopathology**, Amsterdam, v. 37, n. 1, p. 34-42, 1991.
- NIU, Z. Y. et al. Effects of different levels of vitamin E on growth performance and immune responses of broilers under heat stress. **Poultry Science**, Savoy, v. 88, p. 2101-2107, 2009.
- NOLLET, L. et al. The effect of replacing inorganic with organic trace minerals in broiler diets on productive performance and mineral excretion. **Journal of Applied Poultry Research**, Athens, v. 16, p. 592-297, 2007.
- OLIVEIRA NETO, A. R. et al. Efeito da temperatura ambiente sobre o desempenho e características de carcaça de frangos de corte alimentados com dieta controlada e dois níveis de energia metabolizável. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 29, n. 1, p. 183-190, 2000.

- PELICANO, E. R. L. et al. Efeito da temperatura ambiente e da restrição alimentar protéica ou energética sobre o ganho de peso e crescimento ósseo de frangos de corte. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 57, n. 3, p. 353-360, 2005.
- PURCHASE, H. G. et al. **A laboratory manual for isolation and identification of avian pathogens**. 3rd ed. Duduque: Publishing Company, 1989. 227 p.
- QURESHI, M. A.; HUSSAIN, I.; HEGGEN, C. L. Understanding immunology in disease development and control. **Poultry Science**, Savoy, v. 77, p. 1126-1129, 1998.
- 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**, Viçosa, v. 37, n. 4, p. 636-644, 2008.
- ROSTAGNO, H. S. **Tabelas brasileiras para aves e suínos**. 2. ed. Viçosa: UFV, 2005. 186 p.
- SALZER, M. et al. Multiple response for assesing zinc status in weanling pigs containing sub-requirement levels of Zn from ZnO, Zn polysaccharide complex, and Zn methionine. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 75, p. 27-39, 1997. Supplement 1.
- SANTIN, E. et al. Effect of environmental temperature on immune response of broilers. **Journal of Applied Poultry Research**, Athens, v. 12, p. 247-250, 2003.
- SECHINATO, A. S.; ALBUQUERQUE, R.; NAKADA, S. Efeito da suplementação dietética com micro minerais orgânicos na produção de galinhas poedeiras. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, São Paulo, v. 43, n. 2, p. 159-166, 2006.



SILVA, V. K. et al. Desempenho de frangos de corte de 1 a 21 dias de idade alimentados com rações contendo extrato de leveduras e prebióticos e criados em diferentes temperaturas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 38, n. 4, p. 690-696, 2009.

STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM. **User's guide**. version 8.0. Cary, 2002. 1 CD-ROM.

YAHAV, S. et al. Blood system response of chickens to changes in environmental temperature. **Poultry Science**, Savoy, v. 76, p. 627-633, 1997.

YAHAV, S. Limitations in energy intake affect the ability of young turkeys to cope with low ambient temperatures. **Journal of Thermal Biology**, New York, v. 27, p. 103-108, 2002.

ZHOU, W. T.; FUJITA, M.; YAMAMOTO, S. Heat-induced the shift of body fluid in broiler chickens. In: ASIAN PACIFIC POULTRY CONGRESS, 6., 1998, Nagoya. **Proceedings...** Japan: APPC, 1998. p. 292-293.

## **CAPÍTULO III**

## IMPLICAÇÕES

Os resultados do presente estudo revelam que a utilização de formas inorgânicas e orgânicas de microminerais não influenciou os parâmetros de desempenho, sanguíneos e imunológicos, mas que o estresse pelo calor afeta os parâmetros de desempenho e o estresse por calor e pelo frio alteram alguns dos parâmetros sanguíneos de frangos de corte aos 42 dias.

Embora a utilização de microminerais orgânicos simbolize um grande avanço na nutrição de aves, são encontradas poucas informações em literatura especializada utilizando-se suplemento de microminerais para frangos de corte. Novas pesquisas, utilizando-se novas inclusões de suplemento de microminerais ou de microminerais em forma isolada, e os seus efeitos no desempenho e saúde de frangos de corte seriam de grande interesse para a nutrição de frangos de corte.

Além disso, é necessário definir novas condições ambientais nas quais os microminerais possam melhorar as respostas no desempenho e saúde, e também o efeito da substituição dos microminerais inorgânicos pelos orgânicos na excreção fecal, de modo que a contaminação ambiental seja reduzida.