

RENATA GOMES DE OLIVEIRA

NÍVEIS DE PROTEÍNA E AMINOÁCIDOS PARA FRANGOS DE CORTE EM ESTRESSE
TÉRMICO POR CALOR

Tese apresentada ao Programa de Pós Graduação em
Zootecnia da Escola de Veterinária da Universidade
Federal de Minas Gerais como requisito parcial para
obtenção do grau de Doutor em Zootecnia

Área de concentração: Produção de Não Ruminantes
Prof. Orientador: Dr. Leonardo José Camargos Lara

BELO HORIZONTE

2019

O48n Oliveira, Renata Gomes de, 1987-
Níveis de proteína e aminoácidos para frangos de corte em estresse térmico por calor /
Renata Gomes de Oliveira. – 2019.

120 p. : il.

Orientador: Leonardo José Camargos Lara

Co-orientador: Ricardo Reis e Silva

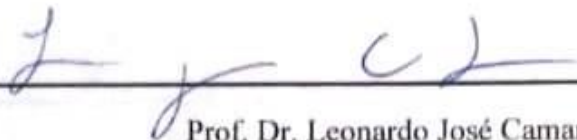
Tese (doutorado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária

Inclui bibliografia

1. Frango de corte – Alimentação e rações – Teses. 2. Frango de corte – Desempenho produtivo – Teses. 3. Frango de corte – Efeito do stress – Teses. 4. Proteína na nutrição animal – Teses. 5. Aminoácidos na nutrição animal – Teses. I. Lara, Leonardo José Camargos. II. Silva, Ricardo Reis e. III. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Veterinária. IV. Título.

CDD – 636.513 085

Tese defendida e aprovada em 25/02/2019, pela comissão examinadora constituída por:



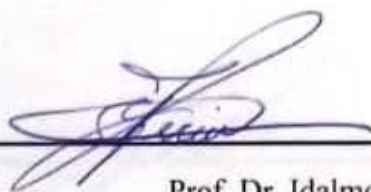
Prof. Dr. Leonardo José Camargos Lara

(Orientador)



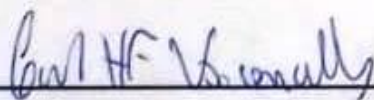
Prof. Dr. Itallo Conrado Sousa de Araújo

Examinador interno à UFMG



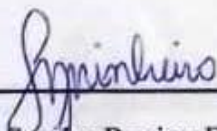
Prof. Dr. Idalmo Garcia Pereira

Examinador interno à UFMG



Prof. Dr. Carlos Henrique de Figueiredo Vasconcellos

Examinador externo



Profa. Dra. Sandra Regina Freitas Pinheiro

Examinador externo

Dedico ao Estêvão, meu filho, amor maior que tudo.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, sempre.

À Universidade Federal de Minas Gerais, ao departamento de Zootecnia e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela oportunidade e concessão da bolsa de estudos.

Agradeço, especialmente, o professor Dr. Leonardo José Camargos Lara pelos ensinamentos, orientação, confiança, paciência, apoio e disponibilidade.

Ao Professor Dr. Ricardo Reis, pela co-orientação, pelos ensinamentos e apoio.

Aos colegas do GEAV, pelo companheirismo e suporte fiel na execução deste trabalho.

Ao professor Dr. Idalmo Garcia e à amiga Luiza pela contribuição nas análises estatísticas.

Ao professor Dr. Antônio Gilberto Bertechini, pela doação dos aminoácidos sintéticos que compuseram as rações experimentais.

À professora Dr. Fabíola de Oliveira Paes Leme e ao Pedro Hugo, pelo apoio nas análises sanguíneas.

À professora Dr. Sandra Regina, pelos ensinamentos, por me incentivar e apoiar.

Aos alunos de iniciação científica: Mari, Bruno, Matheus, Letícia e Cláudio: muito obrigada por toda ajuda.

Aos funcionários da fazenda, da fábrica de ração e do LAMA, obrigada pela colaboração.

Aos meus pais e irmãos, muito obrigada por serem apoio, por facilitarem essa jornada e me darem força para concluí-la.

E por fim, ao João e ao Estêvão, pelo amor, paciência e pela compreensão nas tantas vezes que precisei ser ausente para que este trabalho pudesse ser concluído.

SUMÁRIO

| | |
|---|-----------|
| 1. INTRODUÇÃO..... | 11 |
| 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA..... | 14 |
| 2.1.Ambiência e desempenho produtivo de frangos de corte..... | 14 |
| 2.2.Respostas dos frangos de corte ao estresse térmico por calor..... | 17 |
| 2.2.1. Respostas comportamentais e fisiológicas..... | 19 |
| 2.2.2. Resposta imune..... | 21 |
| 2.2.3. Respostas sobre o desempenho..... | 25 |
| 2.3.Respostas na digestibilidade dos nutrientes da dieta..... | 28 |
| 2.4.Alternativas para minimizar os efeitos do estresse térmico por calor..... | 32 |
| 2.4.1. Proteína e aminoácidos para frangos submetidos ao estresse por calor..... | 34 |
| 2.5.Relação proteína e energia da dieta..... | 41 |
| 3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 47 |
| 4. CAPÍTULO 1: Níveis de proteína e aminoácidos para frangos de corte em estresse térmico por calor..... | 57 |
| 5. CAPÍTULO 2: Níveis de proteína e aminoácidos sobre as respostas fisiológicas e imunológicas de frangos de corte criados em ambiente com estresse térmico por calor..... | 88 |

LISTA DE TABELAS

Capítulo I

| | |
|---|----|
| Tabela 1- Composição percentual e valores nutricionais calculados das dietas para os frangos no período pré experimental..... | 61 |
| Tabela 2- Diferença, em porcentagem, entre os padrões alto e baixo de aminoácidos em cada nível de proteína avaliado..... | 62 |
| Tabela 3- Composição percentual e valores nutricionais das dietas com diferentes níveis de proteína bruta e padrões de aminoácidos para frangos de corte de 23 a 43 dias de idade, criados em ambiente quente..... | 63 |
| Tabela 4. Coeficientes de digestibilidade da matéria seca (CDMS), proteína bruta (PB) e do extrato etéreo (CDEE) das rações com diferentes níveis de proteína bruta (CP) e padrões de aminoácidos (AA) para frangos de corte de 23 a 42 dias, criados em ambiente com estresse por calor..... | 70 |
| Tabela 5- Valores de nitrogênio ingerido (NI), excretado (NE), retido (NR), eficiência da utilização do nitrogênio (EUN) e valores da energia metabolizável aparente (EMA) e corrigida para balanço de nitrogênio (EMAn) na matéria seca das rações com diferentes níveis de proteína bruta (PB) e padrões de aminoácidos (AA) para frangos de corte de 23 a 42 dias, criados em ambiente com estresse por calor..... | 71 |
| Tabela 6- Médias de consumo de ração (CR), ganho de peso (GP), conversão alimentar (CA) e viabilidade dos frangos de corte de 23 a 42 dias de idade, que receberam rações com diferentes níveis de proteína bruta (PB) e padrões de aminoácidos (AA) e criados em ambiente com estresse por calor..... | 72 |
| Tabela 7- Pesos relativos do peito, coração e órgãos digestivos (fígado, moela e intestino) de frangos de corte, aos 43 dias de idade, criados em ambiente quente e recebendo dietas com diferentes níveis de proteína bruta e padrões de aminoácidos..... | 73 |
| Tabela 8- Interação entre os níveis de proteína e padrões de aminoácidos da dieta sobre o peso relativo da gordura de frangos de corte criados em estresse térmico por calor..... | 74 |
| Tabela 9- Custo da ração, custo/ kg frango produzido e índice de eficiência econômica (IEE) das rações com diferentes níveis de proteína e padrões de aminoácidos, fornecidas aos frangos criados em ambiente com estresse por calor..... | 75 |

LISTA DE TABELAS

Capítulo II

| | |
|---|-----|
| Tabela 1- Composição percentual e valores nutricionais calculados das dietas para os frangos no período pré experimental..... | 92 |
| Tabela 2- Diferença, em porcentagem, entre os padrões (alto e baixo) de aminoácidos em cada nível de proteína avaliado..... | 93 |
| Tabela 3- Composição percentual e valores nutricionais das dietas com diferentes níveis de proteína bruta e padrões de aminoácidos para frangos de corte de 23 a 43 dias de idade, criados em ambiente quente..... | 94 |
| Tabela 4. Médias de frequência respiratória e temperatura cloacal dos frangos de 23 aos 42 dias de idade, que receberam rações com diferentes níveis de proteína (PB) e padrões de aminoácidos (AA) e foram criados em ambiente quente..... | 99 |
| Tabela 5- Interação entre os níveis de proteína e padrões de aminoácidos das dietas sobre os valores da frequência respiratória dos frangos de corte criados em ambiente quente..... | 100 |
| Tabela 6- Peso relativo dos órgãos linfóides (baço, bursa e timo) de frangos de corte, aos 43 dias de idade, que receberam rações com diferentes níveis de proteína (PB) e padrões de aminoácidos (AA) e foram criados em ambiente quente..... | 100 |
| Tabela 7- Interação entre os níveis de proteína e padrões de aminoácidos da dieta sobre o peso relativo do timo de frangos de corte criados em ambiente quente..... | 101 |
| Tabela 8- Efeito dos níveis de proteína bruta e padrões de aminoácidos da dieta sobre os níveis de glicose (GLIC), colesterol total (COL) e triglicérido (TRIG,) no sangue dos frangos de corte criados em ambiente com estresse térmico por calor..... | 102 |
| Tabela 9- Interação entre os níveis de proteína e padrões de aminoácidos da dieta sobre os valores de glicose dos frangos de corte criados em ambiente quente..... | 102 |
| Tabela 10- Efeito dos níveis de proteína e dos padrões de aminoácidos da dieta sobre os níveis de proteína total (PROT) e albumina no sangue de frangos de corte criados em ambiente com estresse térmico por calor..... | 103 |
| Tabela 11- Efeito dos níveis de proteína e padrões de aminoácidos da dieta sobre os níveis de lactato no sangue de frangos criados em ambiente quente..... | 104 |
| Tabela 12. Efeito dos níveis de proteína e dos padrões de aminoácidos da dieta sobre os níveis | 104 |

| | |
|---|-----|
| de Aspartato Amino transferase (AST) e creatina quinase (CK) no sangue dos frangos..... | |
| Tabela 13- Efeito dos níveis de proteína e dos padrões de aminoácidos da dieta sobre os níveis de leucócitos totais (LEUC), heterófilos (H), linfócitos (L) e da relação heterófilos/ linfócitos (H/L), no sangue de frangos de corte criados em ambiente com estresse térmico por calor..... | 105 |
| Tabela 14. Interação entre os níveis de proteína e padrões de aminoácidos das dietas sobre os valores de heterófilos dos frangos criados em ambiente quente..... | 106 |
| Tabela 15. Interação entre os níveis de proteína e padrões de aminoácidos das dietas sobre os valores de linfócitos dos frangos criados em ambiente quente..... | 106 |
| Tabela 16. Interação entre os níveis de proteína e padrões de aminoácidos das dietas sobre a relação heterófilo/linfócito dos frangos criados em ambiente quente..... | 106 |

LISTA DE ABREVIATURAS

| | |
|--------------------------------|---|
| AA | Padrão de aminoácido |
| ACTH | Hormônio adrenocorticotrópico |
| AST | Aspartato aminotransferase |
| BN | Balanço de nitrogênio |
| CA | Conversão alimentar |
| CDEE | Coefficiente de digestibilidade do extrato etéreo |
| CDMS | Coefficiente de digestibilidade da matéria seca |
| CDPB | Coefficiente de digestibilidade da proteína bruta |
| CK | Creatina quinase |
| CO ₂ | Dióxido de carbono |
| COL | Colesterol total |
| CR | Consumo de ração |
| DFD | <i>Dark, Firm, Dry</i> : Escura, Firme e Seca |
| EB | Energia bruta |
| EM | Energia metabolizável |
| EMA | Energia metabolizável aparente |
| EMAn | Energia metabolizável aparente corrigida para balanço de nitrogênio |
| EPC | Estresse cíclico por calor |
| EUN | Eficiência na utilização de nitrogênio |
| FR | Frequência respiratória |
| GLIC | Glicose |
| GP | Ganho de peso |
| H | Heterófilo |
| H/L | Relação heterófilo/ linfócito |
| H+ | Hidrogênio |
| H ₂ CO ₃ | Ácido carbônico |
| HCO ₃ | Bicarbonato |
| HHA | Hipotálamo-hipófise-adrenal |
| IEE | Índice de eficiência econômica |
| IEP | índice de eficiência produtiva |
| L | Linfócitos |
| LEUC | Leucócitos totais |
| MS | Matéria seca |
| N | Nitrogênio |
| NE | Nitrogênio excretado |
| NI | Nitrogênio ingerido |
| NR | Nitrogênio retido |
| PB | Proteína bruta |
| PROT | Proteína total |
| TC | Temperatura cloacal |
| TRIG | Triglicerídeos |
| UI | Unidade internacional |
| UR | Umidade relativa |

RESUMO

Foi conduzido um experimento com o objetivo de avaliar os efeitos dos níveis de proteína bruta (PB) e padrões de aminoácidos (AA) sobre o desempenho, digestibilidade dos nutrientes e energia e índices econômicos, além das respostas fisiológicas e imunológicas, parâmetros bioquímicos e hematológicos em frangos de corte machos criados sob estresse cíclico por calor. Foram utilizados 336 frangos de corte da linhagem Cobb de 23 a 42 dias de idade. As aves foram distribuídas em delineamento inteiramente ao acaso em arranjo fatorial 2 x 2 (2 níveis de proteína: 19 e 21%, e 2 padrões de aminoácidos: alto e baixo), além disso foram expostas a $30 \pm 1^\circ\text{C}$ por 8 horas diárias. Os frangos que recebem 19% PB apresentaram melhor digestibilidade da matéria seca que aqueles que receberam 21% PB. O melhor ganho de peso foi obtido dos frangos que receberam ração com alto padrão de AA. A maior viabilidade foi obtida quando os frangos receberam ração com baixo AA. Frangos alimentados com 19% PB e alto AA apresentaram maiores relações H: L que aqueles alimentados com 19% PB e baixo AA. Para frangos que receberam baixo AA, a relação H: L foi menor quando alimentados com 19% PB que aqueles alimentados com 21% de PB. Na análise econômica, o alto AA determinou o maior custo. Conclui-se que, apesar de os frangos que receberam ração com o menor nível proteico e baixo padrão de aminoácidos terem apresentado menores valores da relação H:L e isso ser indicativo de menor estresse fisiológico, a ração com 21% PB e baixo AA foi a mais econômica e produtivamente viável.

Palavras-chave: ambiente quente, desempenho produtivo, eficiência econômica, frangos de corte, respostas fisiológicas e imunológicas.

ABSTRACT

An experiment was conducted to evaluate the effects of crude protein (CP) and amino acid standards (AA) on performance, digestibility of nutrient and energy, economic efficiency index, as well as physiological and immunological responses, biochemical and hematological parameters in broiler chickens reared under cyclic heat stress. A total of 336 Cobb male broilers from 23 to 42 days old were distributed in a completely randomized design in a 2 x 2 factorial arrangement (2 protein levels: 19 and 21%, and 2 amino acid standards: high and low) and the broilers were exposed at 30 ± 1 ° C for 8 hours daily. Broilers receiving 19% CP had better dry matter digestibility than broilers that received 21% CP. The best weight gain was obtained from broilers that received high AA. The highest viability was obtained when they received low AA. Broilers fed with 19% CP and high AA had higher H: L ratios than those fed with 19% CP and low AA. For Broilers that received low AA, the H: L ratio was lower when fed with 19% CP than those fed with 21% CP. In the economic analysis, the high AA determined the highest cost. It was concluded that, although broilers that received diets with the lowest protein level and low amino acid standard had lower H:L ratios and this is indicative of lower physiological stress, the diet with 21% CP and low AA was the most economic and productively viable.

Keywords: broilers, economic efficiency index, hot environment, physiological and immunological responses productive performance

1. INTRODUÇÃO

A evolução da avicultura resultou em frangos de corte precoces, eficientes em converter diferentes alimentos em proteína animal de qualidade e, apesar disso, o setor ainda enfrenta desafios à medida que busca mais altos índices produtivos, destacando-se entre os desafios, o estresse por calor.

A exposição ao calor excessivo prejudica o desempenho de frangos de corte, especialmente durante as fases de crescimento e final, devido à menor capacidade de dissipar calor em relação às aves jovens (Rosa *et al.*, 2007). A eficiência da troca térmica da ave com o ambiente somente será ótima quando a temperatura e demais parâmetros ambientais se encontrarem dentro de certos limites. Casos extremos de temperaturas ambientais impedem que as aves se adaptem perfeitamente, dessa forma a ave eleva a temperatura corporal em função do aumento da temperatura ambiental e a sua tentativa em suportar o calor e manter a temperatura interna (41°C) gera modificações fisiológicas e comportamentais. Assim, dentre outros comportamentos, aumentam a frequência respiratória e reduzem o consumo de ração, o que afeta de forma negativa o desempenho. O consumo voluntário de ração é reduzido como tentativa de minimizar o calor corporal gerado nos processos de digestão, absorção e metabolismo dos nutrientes, além de provocar deslocamento do uso de energia que seria destinada para produção para promover perda de calor, desviando os nutrientes da produção para manutenção (Gonzales, 1994; Amaral *et al.*, 2011).

De acordo com Yunianto *et al.* (1997), à medida que a temperatura ambiente se afasta da zona de conforto térmico, as concentrações plasmáticas de corticosterona aumentam progressivamente. Elevados níveis de corticosterona causam aumento da ingestão de água, que causa diluição, promovendo mudanças no pH e na osmolaridade da digesta, além de aumentar a taxa de

passagem dos alimentos. Em função disto, foi observada redução na digestão da matéria seca, proteína, energia bruta e carboidratos, comprovando que o estresse reduz a digestibilidade dos nutrientes e, conseqüentemente, o desempenho do animal (Puvadolpirod e Thaxton, 2000).

Alterações imunológicas também são observadas devido ao aumento dos níveis de corticosterona no plasma sanguíneo, como a redução no peso de órgãos linfóides (baço, bursa e timo), da resposta de anticorpos e da habilidade fagocítica de macrófagos, que ocorrem por meio de mecanismos de apoptose e, conseqüentemente essas alterações podem levar à supressão da imunidade (Quinteiro-Filho et al., 2010).

Dentre as alternativas possíveis para minimizar os efeitos negativos do calor sobre as aves, o investimento em ambiência, sem dúvida é o mais eficiente. Entretanto, o manejo nutricional adequado pode ser uma ferramenta utilizada como medida preventiva/corretiva, uma vez que o sistema termorregulador do frango (produção de calor e mecanismos evaporativos e não evaporativos de perda de calor) pode ser influenciado pela dieta, sabendo-se que os nutrientes possuem diferentes incrementos calóricos gerados pelo processo de digestão, absorção e deposição.

A nutrição e alimentação dos frangos de corte pode corresponder a 70% do custo total de produção na avicultura, sendo a proteína e a energia os responsáveis pela maior parte desse custo (Vasconcellos et al., 2011; Campos et al., 2012). De acordo com Sakomura et al. (2014), fontes proteicas são os ingredientes mais caros da ração e a qualidade da proteína de um alimento é determinada pela composição e sequência dos seus aminoácidos, principalmente os aminoácidos essenciais. Portanto, com a utilização de níveis adequados de proteína e aminoácidos, pode-se sugerir que os custos de produção sejam reduzidos além de melhorar o desempenho dos frangos.

As formulações de rações, por muito tempo, foram baseadas no conceito de proteína bruta, resultando em deficiência ou excesso de aminoácidos. A partir do conceito de proteína ideal e com a maior produção industrial de aminoácidos, é possível reduzir o teor da proteína bruta e suplementar as rações com aminoácidos industriais, caso estas modificações tenham viabilidade econômica e não prejudiquem o desempenho das aves.

A formulação de dietas com maior ou menor suplementação de aminoácidos deve ser definida quando se busca resultados específicos de melhora de desempenho ou rendimento ou ainda em momentos de mudanças significativas nos preços de venda da carne ou no custo dos ingredientes da ração. Essa prática depende da capacidade de estimar o resultado esperado, uma vez que a produção de carne de frango atende a um mercado altamente competitivo e cada produtor deve possuir informações confiáveis sobre o efeito das mudanças no balanço aminoacídico das dietas. Dessa forma, possuir uma base científica sólida para o grau dessas mudanças, ao contrário de apenas um ajuste arbitrário, é essencial a fim de maximizar a rentabilidade (Vieira e Angel, 2012; Tillman e Dozier, 2013).

Neste contexto, ainda é necessário determinar as reais necessidades nutricionais, principalmente em proteína e aminoácidos, dos frangos de corte criados em ambiente quente, como forma de minimizar os prejuízos decorrentes do estresse por calor e proporcionar melhores resultados de desempenho e econômicos.

A partir disso, objetivou-se avaliar os efeitos dos níveis de proteína e padrões de aminoácidos sobre o desempenho, digestibilidade dos nutrientes e energia e índices econômicos, além das respostas fisiológicas e imunológicas, parâmetros bioquímicos e hematológicos em frangos de corte criados sob estresse cíclico por calor.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Ambiência e desempenho produtivo de frangos de corte

O ambiente compreende tudo aquilo em que o animal estará inserido e pode constituir um dos principais responsáveis pelo sucesso ou fracasso do empreendimento avícola. Portanto, deve-se levar em consideração todos os fatores que influenciam de algum modo o animal, sejam estes: físicos, químicos, biológicos, sociais e climáticos. A ambiência é descrita como o ramo em que são estudadas as formas de promover a adequação do ambiente ao conforto, e encontra-se associada ao bem-estar animal (Macari, 2001; Deminicis e Martins, 2014). A partir desse conceito, a ambiência exerce influência na adaptação do animal ao ambiente no qual está inserido.

As condições ambientais de produção exercem papel fundamental na avicultura. Dentre outros fatores, os térmicos representados por temperatura, umidade, velocidade do ar e radiação são os que mais afetam a ave por comprometer a sua homeotermia (Amaral et al., 2011). Esses elementos não atuam isoladamente, eles apresentam efeito conjunto que pode ser traduzido por uma temperatura ambiental efetiva (Santos et al., 2009). A alta umidade relativa do ar agrava os efeitos prejudiciais de uma temperatura elevada (Syafwan et al., 2011). Assim como relatado por Oliveira et al. (2006), as aves criadas no calor seco são submetidas a menor nível de estresse, pois a umidade relativa apresenta relação inversamente proporcional à dissipação de calor por evaporação.

De acordo com o manual da linhagem Cobb (2009) as faixas de temperatura, consideradas confortáveis para a ave, de acordo com a idade, são: 24 a 26°C aos 21 dias; 21 a 23 °C aos 28 dias, 19 a 21°C aos 35 dias e 18°C aos 42 dias, e umidade relativa entre 50 e 70%. No Brasil, dificilmente esses valores são encontrados em condições comerciais de produção, sobretudo no

verão. Temperaturas abaixo e, principalmente, acima da termoneutra são registradas e podem resultar em alterações metabólicas, com conseqüente queda no desempenho das aves.

As aves adultas são animais homeotérmicos, o que significa que conseguem manter sua temperatura interna constante. No entanto, possuem uma zona termoneutra, ou zona de conforto térmico, descrita como sendo um intervalo na temperatura ambiental em que as necessidades energéticas para termorregulação são mínimas e a energia líquida para produção é máxima (Furlan e Macari, 2002; Abreu e Abreu, 2011).

A zona termoneutra representa os limites térmicos para a ave (temperatura crítica inferior e temperatura crítica superior). Nessa faixa de temperatura não há necessidade de ajustes fisiológicos ou comportamentais e a homeotermia é mantida com pouco ou nenhum gasto energético. O estresse por calor ou frio tem início quando a temperatura e/ou a umidade do ambiente não estão nos limites da zona termoneutra, descaracterizando um ambiente de conforto, o que leva a queda na produção.

O estresse causado pelo ambiente térmico influencia a produtividade dos animais por alterar sua troca de calor com o ambiente, o consumo de alimentos e conseqüentemente o ganho de peso e as exigências nutricionais. Contudo, a influência do ambiente térmico varia com a espécie, idade, peso corporal, sexo, atividade física e o consumo alimentar dos frangos (Amaral et al., 2011). Assim, nas primeiras semanas de vida, a zona de conforto para os pintinhos está entre 31 e 33°C, diminuindo para 21 a 23°C na fase final de criação (35 a 42 dias), considerando a umidade do ar entre 65 e 70% (Macari, 2001).

As aves adultas, embora suportem melhor ao frio quando comparadas com aves jovens, se submetidas a temperaturas abaixo da zona de conforto reduzem o consumo de água, aumentam a ingestão de alimentos e tendem a se agrupar. Produzem calor corporal para manter a

homeotermia, isso gera um gasto energético e queda no desempenho produtivo. Oliveira et al. (2006) observaram piora de 19,6% no ganho de peso das aves mantidas em ambiente frio (16°C), em relação às aquelas em ambiente termoneutro (25°C).

Por outro lado, se a temperatura do ambiente encontra-se acima da zona de conforto, dentre outros comportamentos, a ave reduz o consumo de ração para minimizar o incremento calórico gerado pela metabolização dos nutrientes. Como consequência observa-se menor ganho de peso devido ao menor consumo e também menor aproveitamento dos nutrientes, impactando negativamente nos índices econômicos da produção.

Oliveira et al. (2006) avaliaram o efeito da temperatura ambiente sobre o desempenho de frangos de corte e observaram que o consumo de ração dos frangos mantidos em ambiente com estresse térmico por calor (32°C) foi 11,7% menor que o das aves mantidas em ambiente termoneutro (25°C), consequentemente o ganho de peso também foi menor, sendo a diferença de 21,3%.

Os efeitos do estresse por calor incluem também, queda na imunidade e aumento na concentração plasmática de corticosterona, o que segundo Lopes et al. (2015), altera o turnover proteico, aumentando a taxa de quebra da proteína muscular com consequente elevação da produção de calor e piora no desempenho. Em casos mais severos de altas temperaturas, em que as aves não conseguem eliminar o excesso de calor através dos mecanismos de adaptação (fisiológicos e comportamentais) pode ocorrer mortalidade. Segundo Medeiros et al. (2005), em ambientes considerados quentes, mesmo sem haver mortalidade, ocorre redução de 67% no ganho de peso diário.

A queda na produção geralmente progride com aumento da idade da ave, sendo que o frango diminui sua capacidade em lidar com os fatores estressantes gerados pelo ambiente de criação com o avançar da idade. Portanto, é necessária adequação do ambiente de produção às

necessidades do animal, uma vez que a saúde e o bem-estar têm consequências além daquelas sentidas pelos próprios animais: é importante tanto do ponto de vista ético, de bem estar animal e econômico (Part et al., 2017).

2.2 Respostas dos frangos de corte ao estresse térmico por calor

O termo estresse foi definido como elemento inerente a todo fator, que produz certas modificações na estrutura e na composição química do corpo, as quais podem ser observadas e mensuradas. A ação de agentes estressores (químicos, biológicos, físicos ou mecânicos) é frequentemente entendida como algo negativo, no entanto pode resultar em adaptabilidade e garantir sobrevivência dos organismos (Selye, 1946; Selye, 1959).

Se um organismo é continuamente exposto a situações de estresse, este se manifestará através da Síndrome Geral de Adaptação (SGA) que compreende um conjunto de respostas não específicas a uma lesão e desenvolve-se em três fases: **1)** fase de alarme, caracterizada por manifestações agudas; **2)** fase de resistência, quando as manifestações agudas desaparecem, caracterizada pelas respostas adaptativas do organismo frente ao estresse e; **3)** fase de exaustão, quando as respostas de resistência não podem ser mantidas e as reações negativas da primeira fase são novamente observadas, ocorrendo mortalidade. O estresse pode ser encontrado em qualquer uma das fases, embora suas manifestações sejam diferentes ao longo do tempo. Além disso, não é necessário que as três fases se desenvolvam para haver o registro da síndrome, uma vez que somente o estresse mais grave leva à fase de exaustão e à morte (Selye, 1946).

A resposta a agentes estressores envolve uma série de respostas neuroendócrinas e comportamentais que buscam manter o equilíbrio das funções vitais ativando o eixo hipotálamo-hipófise-adrenal (HHA). O agente estressor provoca uma estimulação nervosa que alcança o hipotálamo e ativa o eixo HHA, resultando em produção de hormônio liberador de

corticotropina. Este hormônio age sobre a adenohipófise, que produzirá e secretará hormônios adrenocorticotrópicos (ACTH) e β -endorfina. Na corrente sanguínea os ACTH transportados estimulam a secreção de glicocorticóides no córtex adrenal, bem como adrenalina e liberação de noradrenalina nas terminações nervosas simpáticas e na medula adrenal (Dukes, 2004).

Quando a ação do agente estressor persiste, há secreção prolongada de hormônios como catecolaminas e corticosteróides (Marchini, et al. 2016). Estes hormônios desempenham papel fundamental na mobilização de substratos energéticos para o sistema nervoso central e tecido muscular durante situações de estresse. Estimulam a gliconeogênese, lipólise e proteólise, inibem a captação de glicose por tecidos cuja função não é essencial durante a exposição ao agente estressor (Tanno e Marcondes, 2002).

O desafio térmico, considerado agente estressor na avicultura, acontece com frequência no Brasil que é um país tipicamente tropical. Além disso, o sistema de produção de frangos de corte nacional é predominantemente intensivo, e em função das densidades utilizadas, alguns ajustes comportamentais necessários para manter a homeostase térmica são prejudicados (Dalólio et al., 2015).

As respostas de adaptação das aves variam de acordo com a duração e a intensidade do desafio térmico, podendo haver mudanças fisiológicas, comportamentais e imunológicas em curto prazo, o que leva ao menor desempenho ocasionado primeiramente pelo reduzido consumo de ração, que se associa à menor taxa de crescimento. Dessa forma, quando em ambiente termoneutro, as aves são capazes de manter constante a temperatura corporal, não desviando energia da produção para a perda de calor (Zeferino, 2013).

2.2.1. Respostas comportamentais e fisiológicas

Nos animais homeotérmicos existem mecanismos termorregulatórios que consistem em uma série de ajustes comportamentais e fisiológicos que servem para manter o estado térmico estacionário no nível da temperatura corporal normal (no caso das aves adultas, 41°C) e que, conseqüentemente, procuram manter a igualdade em produção e perda calórica (Andersson e Jónasson, 1996).

O sistema termorregulatório nas aves é baseado nas seguintes unidades funcionais: **a)** receptor; **b)** controlador; **c)** efetor e **d)** sistema passivo. Dessa forma, ocorre a percepção dos estímulos pelos receptores e sua integração com o sistema nervoso induz ativação dos mecanismos controladores da temperatura corporal. Os sistemas efetores induzem a resposta para a manutenção da homeotermia. Portanto, o controle da temperatura corporal em aves se baseia em duas variáveis: uma associada às respostas desencadeadas pelo aumento da temperatura e a outra à redução da temperatura. Assume-se a existência de duas populações neuronais no hipotálamo: neurônios responsivos ao calor (ativados quando a temperatura corporal aumenta, induzem o animal a ter respostas de perda de calor) e neurônios responsivos ao frio (ativados quando a temperatura corporal está baixa, induzem a resposta de conservação ou produção do calor) (Macari et al., 2002).

Quando as atividades dos neurônios responsivos ao calor e ao frio se igualam, a produção e a perda de calor serão iguais, este ponto de atividade é denominado *set point*, então a temperatura corporal será mantida estável (Macari et al., 2002).

Todavia, à medida que a temperatura ambiente se eleva, as aves apresentam dificuldade em manter a homeotermia devido à ausência de glândulas sudoríparas, logo, não têm a capacidade de transpirar; e a cobertura de penas, que funciona como camada isolante, dificulta a troca de calor com o meio (Oliveira Neto et al., 2000) o que se soma às altas densidades de criação. Nesse

momento os ajustes circulatórios não são suficientes para a manutenção do equilíbrio térmico (Andersson e Jónasson, 1996).

Ajustes comportamentais e fisiológicos são, portanto, mecanismos eficientes para a ave garantir sua sobrevivência em condições adversas do meio ambiente. A redução do consumo de ração é a primeira resposta comportamental da ave, no sentido de reduzir o incremento calórico. De acordo com Macari et al. (2002), em temperaturas ambientais de 30°C, o consumo de ração pelos frangos reduz rapidamente e as exigências energéticas aumentam, devido à necessidade de eliminar calor. Conseqüentemente, essa redução no consumo e o gasto da energia para manter a homeostase térmica, resultam em piora no desempenho das aves criadas em altas temperaturas.

Outras respostas comportamentais são: abrir o bico, aumentar consumo de água, se agachar e manter as asas afastadas do corpo; ciscar e revolver a cama como tentativa de aumentar a superfície corporal e, ter maior contato com o ar e com a cama para facilitar troca de calor. Assim como observado por Mack et al. (2013), as aves submetidas a condições de estresse por calor passam menos tempo alimentando, mais tempo bebendo água e com a respiração ofegante, bem como mais tempo com suas asas elevadas, menos tempo se movendo ou caminhando, e mais tempo descansando.

Simultaneamente, ocorrem as respostas fisiológicas: o aumento do fluxo de calor para as regiões periféricas do corpo (vasodilatação) que não possuem cobertura de penas (crista, barbela e pés) que aumentam a perda de calor cutâneo. Estas modificações estão associadas à preservação de água corporal. O objetivo é manter o resfriamento não evaporativo, mas principalmente o volume sanguíneo, de modo a suportar o aumento no débito cardíaco induzido pela vasodilatação periférica ao calor (Bruno e Macari, 2002).

Ainda, segundo Borges et al. (2003), a perda de calor não evaporativo pode também ocorrer com o aumento da produção de urina, se esta perda de água for compensada pelo maior consumo de água fria. As aves também aumentam a frequência respiratória (ofegação) resultando em perda de calor evaporativo pelas vias aéreas superiores.

Em situações de conforto térmico, a frequência respiratória dos frangos situa em torno de 25 movimentos por minuto, em situações de estresse por calor agudo, a frequência pode ser aumentada para 250 movimentos por minuto (Linsley e Berger, 1964). De acordo com Oliveira Neto et al. (2000), o aumento da frequência respiratória é o ajuste termorregulatório mais eficiente para dissipar o calor corporal em condições de estresse por calor. No entanto, através deste ajuste, há perdas excessivas de dióxido de carbono (CO_2), assim, a pressão parcial de CO_2 diminui, levando à queda na concentração de ácido carbônico (H_2CO_3) e hidrogênio (H^+). Logo, os rins aumentam a excreção de HCO_3^- e reduzem a excreção de H^+ na tentativa de manter o equilíbrio ácido-base da ave. Esta alteração do equilíbrio é denominada alcalose respiratória que, devido a essa hiperventilação causa a redução do dióxido de carbono no sangue e consequente aumento no pH sanguíneo (Teeter et al., 1986; Borges et al., 2003), piorando o desempenho dos frangos.

2.2.2 Resposta imune

Pode-se definir a estrutura do sistema imune das aves em sistema linfóide primário (bursa de Fabrício e Timo) e sistema linfóide secundário (baço e tecidos linfóides associados a mucosas: glândula de Harder, intestino, brônquios, placas de Peyer, divertículo de Meckel, tonsilas cecais e pineal). Os órgãos linfóides primários fornecem o microambiente apropriado para o desenvolvimento e a maturação dos linfócitos, enquanto que os órgãos linfóides secundários captam o antígeno, geralmente das proximidades dos tecidos ou espaços vasculares, e são locais

onde os linfócitos maduros podem interagir efetivamente com o antígeno. Somente após a maturação do linfócito, dentro de um órgão linfoide primário, as células se tornam imunocompetentes (Oláh e Vervelde, 2008).

O Sistema imunológico é responsável por formar e desencadear mecanismos que visam proteger o organismo contra as ameaças representadas por qualquer tipo de agente potencialmente nocivo. A saúde de um animal será determinada pelo equilíbrio entre a funcionalidade do sistema imune e os desafios enfrentados (Santin e Moraes, 2014). Nas aves, a modulação no sistema imune induzida pelo estresse tem importância científica e econômica. Os sistemas intensivos de produção, as modificações climáticas, dentre outros agentes estressores impõem maior pressão por agentes patogênicos (Morgulis, 2002).

A exposição dos animais a condições ambientais adversas promove respostas adaptativas, ocorrendo reações que culminam com a secreção de glicocorticoides, que atuam de forma antagonista ao desenvolvimento e à resposta imune dos animais (Oba et al., 2012). Ostrander et al. (2006) observaram que animais submetidos a estresse crônico apresentaram menor concentração de ACTH liberado do que de corticosterona. Embora a produção de glicocorticóides seja estimulada através da liberação de ACTH, estudos sugerem que sua produção também pode ser modulada por mecanismos ACTH-independentes (Ulrich-lai e Engeland, 2000).

Quando submetidas ao estresse por calor, as aves podem apresentar a concentração plasmática de corticosterona e a taxa de quebra de proteína muscular aumentadas (WhiTehead et al, 2003; Furlan et al., 2006). Esse glicocorticoide pode atuar diretamente sobre células imunes, em especial na diminuição da atividade dos macrófagos, alteração da proliferação dos linfócitos e produção de imunoglobulinas e citocinas (Siegel, 1971; Quinteiro filho, 2012). A liberação de

corticosterona pode, ainda, ocasionar a involução do tecido linfóide e conseqüentemente, suprimir a resposta imune humoral e celular.

Se os níveis de corticosterona no sangue permanecerem elevados, podem ocorrer doenças cardiovasculares, hipercolesterolemia, lesões gastrointestinais, alterações na função do sistema imunológico e alterações no metabolismo de glicose e de minerais (Siegel, 1995).

Virden et al. (2007) relataram que a administração contínua de corticosterona exógena (20 mg/kg de ração) durante sete dias, resultou em menor ganho de peso e baixa eficiência alimentar dos frangos. Da mesma forma, Shini et al. (2008) administraram corticosterona exógena em frangos e observaram que houve aumento da relação H:L e indução de mudanças na estrutura e tamanho de heterófilos e nas características citoplasmáticas de linfócitos. A corticosterona também induziu aumento no influxo de heterófilos imaturos para o sistema circulatório.

Quinteiro-Filho et al. (2010), em estudo sobre os parâmetros de desempenho, estado intestinal e atividade de macrófagos em frangos criados em ambiente quente, observaram que o calor (31 e 36°C) por 10 horas diárias piorou o desempenho dos frangos por ativar o eixo hipotálamo-pituitária-adrenal a secretar corticosterona, sendo este aumento de 110 e 147% para as temperaturas de 31 e 36°C, respectivamente. Houve também redução da atividade de macrófagos, aumento dos níveis séricos de corticosterona e alterações na mucosa intestinal, indicando processo inflamatório. Neste contexto, a corticosterona pode atuar nos núcleos hipotalâmicos que regulam a ingestão e satisfação de alimentos, ou seja, o frango diminui o consumo e conseqüentemente o ganho de peso. Além disso, é comum que a absorção de nutrientes seja prejudicada frente à presença de lesões na mucosa intestinal. No entanto segundo Buijs et al. (2009), a quantificação deste hormônio é mais confiável para avaliar o estresse agudo e não crônico.

Simultaneamente, a queda no número de linfócitos ocorre pela redução do tecido linfóide causada pela presença de corticosteroide circulante no sangue por um período prolongado (Siegel, 1971). Os efeitos da diminuição do número de linfócitos circulantes aumentam a proporção da relação heterófilos: linfócitos o que pode ser um importante sintoma de estresse em aves (Siegel, 1995). Além disso, a relação heterófilo: linfócito é menos variável que o número de células individuais e mais confiável que os níveis plasmáticos de corticosteroides (Maxwell, 1993).

O sistema sanguíneo é sensível às mudanças de temperatura e constitui um importante indicador das respostas fisiológicas da ave a agentes estressores. Alterações quantitativas e morfológicas nas células sanguíneas são associadas ao estresse calórico, traduzidas por variações nos valores do hematócrito, número de leucócitos circulantes, conteúdo de eritrócitos e teor de hemoglobina no eritrócito. No estresse calórico, ocorre aumento no hematócrito, podendo ser justificado por um acréscimo no número de hemácias (Maxwell, 1993). A relação heterófilo: linfócito e o peso dos órgãos linfóides são normalmente utilizados para analisar o estresse e o estado imunológico de frangos de corte. O peso de órgãos linfóides reflete a capacidade do organismo de produzir células linfóides durante uma resposta imune.

Altan et al. (2003) observaram que o estresse por calor (38°C por 3h aos 35 e 36 dias de idade) afetou todos componentes leucocitários, exceto monócito e eosinófilo. A exposição ao calor diminuiu os valores de linfócitos e aumentou as proporções de heterófilos. Como consequência, a relação H:L aumentou. Da mesma forma, Khajavi et al. (2003) relataram que o estresse térmico por calor aumentou a relação H: L tanto para frangos machos quanto para fêmeas aos 42 dias de idade. Soleimani et al. (2011) também confirmaram aumento significativo na relação H: L de aves submetidas ao estresse calórico.

Ribeiro et al. (2008) avaliaram os parâmetros imunológicos de frangos de corte de 1 a 35 dias de idade submetidos a estresse cíclico por calor (25 a 32°C) e concluíram que o ambiente influenciou significativamente os pesos absoluto e relativo de baço e bursa, uma vez que as aves em ambiente quente tiveram menores pesos desses órgãos.

Quinteiro Filho et al. (2010) observaram que os frangos criados em temperaturas de 31 e 36°C apresentam níveis séricos elevados de corticosterona comparados com frangos criados em temperaturas termoneutras; menores pesos relativos do baço e do timo dos frangos criados em temperaturas de 36°C e menor peso da bursa dos frangos criados em 31 e 36°C.

Roll et al. (2010) observaram que a relação heterófilo: linfócito se correlacionou negativamente com o peso corporal, sendo este achado, coerente com a afirmação de Syafwan (2011): alta relação H:L é negativamente correlacionada com o ganho de peso e positivamente correlacionada com a mortalidade. De acordo com Roll et al. (2010), a redução do peso vivo é um dos primeiros sintomas de estresse da ave. Desta forma seria possível estimar o potencial produtivo do lote através da contagem diferencial de leucócitos, principalmente da relação H: L.

2.2.3 Respostas sobre o desempenho

A importância das respostas dos animais aos desafios ambientais se aplica a todas as espécies. No entanto, as aves são particularmente sensíveis aos desafios ambientais associados à temperatura, especialmente ao calor (Lara e Rostagno, 2013). Por apresentarem rápido crescimento e alto desempenho em função do consumo de ração e eficiência na conversão alimentar, os frangos se tornam mais susceptíveis ao estresse por calor (Lin et al., 2005). Em condições de altas temperaturas, alteram o comportamento e a homeostase fisiológica para diminuir a temperatura corporal, em busca da termorregulação para lidar com as respostas ao

estresse e garantir que seus órgãos viscerais funcionem sob uma carga de calor maior (Lara e Rostagno, 2013).

A mortalidade e a redução do desempenho dos frangos de corte são problemas para os produtores em regiões nas quais as temperaturas se aproximam ou excedem a temperatura corporal da ave (41°C). O estresse térmico se torna uma grande preocupação econômica, pois nessas condições a ave apresenta menor crescimento, menor eficiência alimentar, menor resposta imunológica e aumento da probabilidade de morte, especialmente frangos mais velhos (Ryder et al., 2004). Isto é explicado pela diminuição da utilização metabólica de nutrientes, aumento da produção de calor, redução da retenção de proteínas e aumento da deposição de lipídios (Geraert et al., 1996).

As aves submetidas à alta temperatura ambiente aumentam a ingestão de água, a frequência respiratória, a temperatura corporal e a relação heterófilo: linfócito, reduzem o consumo de ração e o desenvolvimento do trato gastrointestinal (Syafwan et al., 2011). Yalçın et al. (1997) relataram diminuição de 23% no peso corporal e 15% no consumo de ração de frangos de corte criados sob altas temperaturas quando comparado a frangos criados em temperatura termoneutra.

Oliveira Neto et al. (2000), em estudo sobre o efeito da temperatura ambiente sobre o desempenho de frangos, observaram que quando submetidos ao estresse por calor, os frangos apresentaram consumo de água 37% superior às mantidas no ambiente termoneutro, refletindo o grau de estresse que as aves estavam mantidas e a consequente tentativa destas em favorecer a perda de calor corporal para o ambiente. Observaram também que a temperatura do ambiente influenciou o ganho de peso, que foi 16% menor nas aves sob estresse por calor em relação às mantidas em termoneutralidade, além disso a alta temperatura do ambiente determinou aumento da conversão alimentar.

Em pesquisa avaliando a temperatura e a umidade relativa do ambiente, Oliveira et al. (2006) concluíram que as aves mantidas no calor apresentaram redução média de 22% no consumo de ração, que equivale a um decréscimo médio de 2,2% ou 111 g de ração por grau centígrado de elevação da temperatura ambiente em relação às aves alojadas no ambiente de conforto térmico. Inferindo que o consumo de ração se correlaciona negativamente com a temperatura ambiente, sendo este, um ajuste feito pelas aves como tentativa de reduzir o calor metabólico gerado nos processos de digestão e absorção dos nutrientes.

Ainda de acordo com Oliveira et al. (2006), os efeitos negativos da alta temperatura ambiente sobre os frangos aumentam quando a umidade relativa do ar também estiver alta e que a redução no consumo de ração das aves pode estar relacionado ao fato de que, como esses animais não possuem glândulas sudoríparas, à medida que a temperatura ambiente se eleva acima da zona de conforto térmico, o processo evaporativo de perda de calor passa a ser o principal mecanismo utilizado pela ave para manutenção de sua homeotermia. Como este processo depende da concentração de água no ar, as aves mantidas em calor úmido (acima de 70% de UR) apresentam menor eficiência de dissipação de calor corporal, o que resulta na diminuição do consumo de alimento.

Sahin et al. (2016) observaram piora nos parâmetros de desempenho: consumo de ração, ganho de peso e conversão alimentar quando os frangos foram expostos a 34°C por oito horas diárias. De acordo com os mesmos autores, o estresse térmico não só compromete o bem-estar e o estado de saúde da ave, mas também afeta negativamente a sobrevivência e a qualidade da carne.

O estresse produz mudanças metabólicas nos animais (expressas por alterações bioquímicas e hematológicas), resultando em menor ganho de massa muscular e maior acúmulo de gordura. Além disso, animais submetidos às condições estressantes têm seu metabolismo

acelerado, levando ao aumento na temperatura corporal. Os processos metabólicos responsáveis pela compensação fisiológica, que têm como finalidade manter a temperatura corporal constante, alteram o consumo de nutrientes para produzir ou dissipar calor, ao invés de utilizá-lo para a síntese de novas moléculas. Tais alterações metabólicas aumentam a produção de ácido láctico e a rigidez muscular, piorando a qualidade da carne pela ocorrência da carne DFD (*Dark, Firm, Dry*, Escura, Firme e Seca) (Owens et al., 2000; Tinôco, 2001, Lesiów e Kijowski, 2003;). Esses achados já haviam sido citados por Babji et al. (1982), que submeteram perus a diferentes temperaturas (38, 21 e 5°C) e observaram que a temperatura elevada, resultou em carne com menor pH, menor capacidade de retenção de água, menor rendimento de cozimento e alto valor de força de cisalhamento (carne dura).

2.3 Respostas na digestibilidade dos nutrientes da dieta

Uma das consequências do estresse fisiológico, ocasionado pelo calor em frangos, é a redução da digestibilidade de proteína, desencadeando aumento nas exigências de aminoácidos nestas condições (Puvadolpirod e Thaxton, 2000). Durante o estresse por calor, há redução na eficiência da utilização dos alimentos. Esta redução pode ser devida à menor digestibilidade, que é a primeira etapa da utilização do alimento (Laganá, 2005).

Hai et al. (2000) avaliaram o efeito do ambiente térmico (5, 20 e 32°C e 60% UR) na digestão de frangos de corte. Os resultados mostraram que a quantidade de quimo nas aves criadas em ambiente quente era cerca de 77% da ingestão 12h após alimentação forçada e foi significativamente maior que a dos frangos de corte (51% da ingestão) mantidos em um ambiente termoneutro (20°C). O quimo nos frangos de corte criados em ambiente frio foi cerca de 47% da ingestão. Estes resultados indicaram que a taxa de passagem dos alimentos foi diminuída pela alta temperatura e aumentada pela baixa temperatura, devido ao efeito direto da

temperatura no peristaltismo do intestino. E que as atividades das enzimas digestivas pancreáticas: tripsina, quimotripsina e da amilase foram reduzidas em altas temperaturas (32 °C) e não foram influenciadas no ambiente frio (5°C). A menor presença de digesta pode ter sido uma das razões para a diminuição da atividade destas enzimas, uma vez que pouca digesta atingiu o intestino delgado seis horas após a alimentação forçada.

O movimento do trato digestivo de frangos de corte em diferentes ambientes térmicos pode ter relação com as mudanças nos sistemas nervoso e endócrino. A excitação do nervo simpático, causado pelo estresse, resulta na inibição do movimento gastrointestinal (Hai et al., 2000). Williamson et al. (1985) demonstraram que a concentração de triiodotironina (T3) é diminuída pela exposição ao calor a longo prazo. A partir do exposto, sugere-se que a inibição na movimentação do trato digestivo no ambiente quente pode ser causada pela excitação do nervo simpático ou pela diminuição do T3 durante a exposição ao calor, em curto ou longo prazo (Hai et al., 2000).

De acordo com Marchini et al. (2016), o estresse por calor agudo promove diminuição na proliferação dos enterócitos, redução na profundidade das criptas sem alteração na altura das vilosidades e redução na relação vilo: cripta. Entretanto, o estresse crônico diminui a altura das vilosidades e peso do jejuno. Estas alterações afetam a capacidade do frango de corte de digerir e absorver nutrientes para sua manutenção e produção. Assim, o ganho de peso adequado e rápido está relacionado à integridade morfo-funcional da mucosa intestinal, especialmente no intestino delgado (Furlan et al., 2000).

Ademais, durante a exposição ao estresse por calor, ocorre redirecionamento do fluxo sanguíneo do sistema digestivo para a periferia do corpo e para o trato respiratório. Isso pode resultar em isquemia intestinal e aumento da produção de espécies reativas de oxigênio devido ao

fornecimento insuficiente de oxigênio (Cronje, 2007), que pode induzir excessiva apoptose de células epiteliais do intestino (Gao et al., 2013) e redução da absorção de nutrientes (Kohn et al., 1993), afetando negativamente o crescimento e produção do frango.

Vasconcellos et al. (2011), em determinação da energia metabolizável e balanço de nitrogênio de dietas com diferentes teores (15, 17, 19 e 21%) de proteína bruta para frangos de corte, observaram que o teor de 15% de proteína bruta permitiu melhor digestibilidade da proteína. Os autores observaram também melhora no aproveitamento da matéria seca e da energia bruta quando se reduziu o teor de proteína da dieta. Estes dados mostram que a redução do teor proteico das dietas torna as aves mais eficientes do ponto de vista nutricional. Existe, ainda, menor desperdício de nutrientes com a melhora da digestibilidade da proteína e matéria seca.

Por outro lado, Soares (2014) concluiu que aves alimentadas com rações mais proteicas (20 e 22% de PB) alcançaram melhor digestibilidade da proteína bruta que as aves dos demais tratamentos (16 e 18%PB). Da mesma forma, a digestibilidade do extrato etéreo foi melhor à medida que se aumentou o nível de proteína nas rações. Estes resultados foram explicados pela maior presença do óleo nas rações além dos maiores teores de proteína bruta. Como observado por Raghebian et al. (2017), menor densidade de energia na dieta de frangos de corte sob estresse por calor resultou em danos ao fígado e piora no desempenho e que a inclusão de óleo de soja na dieta melhorou o desempenho dos frangos por aumentar a eficiência energética através de seus efeitos extracalóricos. Esses efeitos incluem maior palatabilidade, menor incremento calórico, redução na pulverulência da ração e melhor aproveitamento de vitaminas lipossolúveis. O que, de acordo com Sakomura et al. (2005), consiste no aumento da disponibilidade dos nutrientes dos ingredientes da ração e na melhoria da eficiência energética pelo incremento da energia líquida da ração, decorrente do menor incremento calórico das gorduras.

Habashy et al. (2017) avaliaram o efeito do estresse térmico na digestibilidade de aminoácidos em frangos e concluíram que frangos criados em estresse por calor demandam mais aminoácidos para o crescimento em comparação a frangos criados em ambiente termoneutro. Segundo os autores, o estresse térmico altera a dinâmica dos transportadores de aminoácidos no músculo do peito. Isso pode explicar a redução do acúmulo de proteína muscular nos frangos em estresse por calor. De acordo com os autores, o estresse por calor leva a menor síntese e maior degradação da proteína, que são respostas à liberação de glicocorticosteróides. Encarnação (1992) explicou que a principal função dos glicocorticosteróides é a regulação do metabolismo das proteínas, carboidratos e lipídeos, induzindo a formação de glicose pela mobilização e degradação de proteínas e glicerol (gliconeogênese), tendo como resultado o aumento da glicose no sangue, para fins de produção de energia. Simultaneamente é inibida a síntese de ácidos graxos no fígado, observando-se também reduzida utilização de glicose nos tecidos gordurosos e muscular. Dado o efeito catabólico e gliconeogênico, estimulados pelos glicocorticosteróides, ocorre constante degradação e inibição da síntese de tecidos musculares e gordurosos, provocando a perda de peso e crescimento reduzido.

Segundo Chen et al. (2003), conhecer melhor as exigências nutricionais dos frangos criados em ambientes quentes poderia proporcionar ajustes nas dietas em relação aos níveis mínimos de aminoácido ou coeficientes de digestibilidade para atender às necessidades nutricionais de forma mais adequada nestas situações.

2.4 Alternativas para minimizar os efeitos do estresse térmico por calor

A maior eficiência para a correção do estresse térmico por calor na avicultura está no investimento nas instalações: na correta orientação geográfica para a construção dos galpões, de forma que não haja incidência solar dentro do aviário, na escolha de materiais adequados de

paredes e telhados, na vedação e no isolamento dos galpões, no paisagismo circundante, nos sistemas de resfriamento dos galpões, assim como a correta utilização de ventiladores, exaustores, nebulizadores e placas evaporativas.

Cuidados com o manejo devem ser observados durante o estresse por calor, também associados à qualidade da água e à sua temperatura, visto que o papel mais importante da água durante o estresse é a perda de calor, seja através do processo evaporativo, respiratório ou da pele e a temperatura da água afeta, obviamente, o seu consumo (Silva et al., 2005).

O ambiente que envolve as aves tem sido apontado como o grande responsável pelos resultados produtivos da avicultura moderna. O fato é que os conhecimentos de nutrição, fisiologia e genética já chegaram a níveis em que encontram suas limitações na inadequação das instalações (Näas, 1995). Somente há alguns anos, a indústria avícola passou a buscar nas instalações e na ambiência, a possibilidade de melhoria no desempenho avícola como forma de manter a competitividade do setor. Assim, os fatores ambientais passaram a ser considerados por serem fundamentais no processo de criação dos animais (Oliveira et al., 2006).

Algumas medidas nutricionais podem ser tomadas para tentar minimizar as perdas na produção decorrentes do estresse por calor: alteração da forma física da ração por meio do processo de peletização ou extrusão, manipulação da proteína e energia da dieta, utilização de antitérmicos, ácido ascórbico, eletrólitos, manejo do arraçoamento e o manejo da água de bebida (Borges et al., 2003), mas nem sempre estas medidas trazem o benefício esperado.

As aves, em determinado estado fisiológico e sob condições de estresse por calor, têm preferência por nutrientes que resultarão em menor incremento calórico e digestão mais eficiente dos nutrientes (Syafwan et al., 2011). Portanto, os avicultores precisam ter em mãos, estratégias de manejo e/ou alimentação para facilitar os mecanismos de enfrentamento do calor pelas aves.

2.4.1 Proteína e aminoácidos para frangos submetidos ao estresse térmico por calor

A manipulação do nível proteico da dieta para frangos de corte em estresse térmico por calor segue duas correntes distintas: a primeira consiste em fornecer dietas com baixos níveis proteicos aliados à suplementação de aminoácidos essenciais, para reduzir o incremento calórico produzido pelo metabolismo da proteína e dos aminoácidos (Cheng et al., 1999). A segunda estratégia recomendada é o uso de dietas com altos níveis proteicos a fim de compensar a menor ingestão de ração (Gonzalez-Esquerre e Lesson, 2005).

Algumas pesquisas têm demonstrado que a redução da proteína bruta da dieta resulta em frangos com menor ganho de peso, pior eficiência alimentar e maior deposição de gordura na carcaça (Matos, et al., 2011; Swennen et al., 2011; Vasconcellos et al., 2011). Contudo, sabe-se que a exigência proteica de frangos de corte não é representada pela proteína bruta, mas sim por aminoácidos essenciais e/ou quantidades suficientes de nitrogênio para a síntese de aminoácidos não essenciais (Vasconcellos *et al.*, 2010).

Os aminoácidos são tradicionalmente classificados como nutricionalmente essenciais ou não essenciais. Assumiu-se que todos os aminoácidos não essenciais são sintetizados pelos animais em quantidades suficientes para satisfazer as necessidades de manutenção e crescimento. No entanto, não há evidências experimentais que apoiem esta suposição. Assim, as rações devem conter todos os aminoácidos para garantir sobrevivência, crescimento, desenvolvimento, reprodução e saúde. Além disso, deve ser levado em consideração o conceito da proteína ideal, com o fornecimento adequado de todos os aminoácidos a fim de melhorar a eficiência da produção animal (Wu, 2014).

Os aminoácidos obtidos da proteína da ração são usados pelos frangos para inúmeras funções como constituintes primários dos tecidos estruturais e de proteção, como pele, penas, matriz

óssea, ligamentos e tecidos dos órgãos e músculos, além de serem precursores de inúmeros constituintes corporais não proteicos (Albino et al., 1999).

A formulação de dietas utilizando o conceito de proteína bruta pode resultar em dietas com quantidades de aminoácidos superiores às reais necessidades dos frangos, proporcionando nitrogênio em excesso e, conseqüentemente ocasionando alto gasto energético para o catabolismo e excreção do ácido úrico, além do aumento nos custos de produção (Vasconcellos *et al.*, 2010; Gomide *et al.*, 2011). Entretanto, com maiores inclusões de proteína bruta, indiretamente tem-se maior inclusão de óleos e gorduras, sem ter que aumentar a energia das rações, o que melhora a eficiência de aproveitamento dos nutrientes.

O fornecimento de proteína e aminoácidos essenciais em dietas de aves tem uma importante função na determinação do custo de produção do frango de corte. Ao contrário das vitaminas e minerais, que são fornecidos como suplementos para uma exigência mínima, a concentração de aminoácidos na dieta de aves é constantemente monitorada para diminuir este custo, mantendo um bom desempenho produtivo (Araújo et al., 2002).

Segundo Valério et al. (2003), uma das alternativas mais significativas para minimizar os problemas do estresse por calor em frangos de corte com a manipulação de nutrientes é a redução do nível de proteína bruta das rações, sem o comprometimento dos níveis de aminoácidos essenciais limitantes, de forma a resultar em melhor balanço aminoacídico permitindo melhor utilização desses nutrientes, especialmente nas condições de altas temperaturas.

Dessa forma, mesmo com baixo consumo, para que haja eficiência na utilização dos nutrientes da dieta e com o objetivo de satisfazer as exigências absolutas de todos os aminoácidos para as aves, sem excesso ou sobra, as rações podem ser formuladas utilizando o conceito da proteína

ideal a fim de que as aves tenham suas exigências nutricionais atendidas e possam expressar o seu potencial genético para crescimento, produção e reprodução.

Segundo Emmert e Baker (1997), o conceito de proteína ideal utiliza a lisina como aminoácido referência, com os requisitos de todos os outros aminoácidos expressos em uma porcentagem em relação à lisina. Esse aminoácido foi escolhido como referência por várias razões: é o segundo aminoácido limitante para aves em dietas a base de milho e soja; a sua suplementação é economicamente viável; é de análise relativamente simples; é metabolizada quase que exclusivamente para acréscimo de proteína muscular (não é exigida para manutenção); sua exigência é bastante conhecida além de existir muitas informações a respeito de sua concentração e digestibilidade nos ingredientes.

Atualmente, a metionina, lisina e treonina, considerados como o primeiro, segundo e terceiro aminoácidos limitantes, são suplementados de maneira rotineira nas rações das aves. Existe, inclusive, um volume considerável de informações sobre os níveis recomendados desses aminoácidos. Entretanto, informações sobre a exigência ou a relação com a lisina dos aminoácidos essenciais arginina, isoleucina, valina e triptofano são escassas e apresentam grande variação em seu perfil ideal. Segundo os perfis de proteína ideal citados na literatura, as relações arginina:lisina variam de 105 a 125%; isoleucina:lisina de 61 a 73%; valina:lisina de 75 a 82%; e triptofano:lisina de 14 a 19% (Campos et al., 2012). De acordo com as Tabelas Brasileiras para aves e suínos (2017), a relação aminoácido: lisina para atender as exigências de aminoácidos de frangos de corte é de: metionina 41%, metionina + cisteína 74%, treonina 66%, triptofano 18%, arginina 107%, glicina + serina 134%, valina 77%, isoleucina 68%, leucina 108%, histidina 37%, fenilalanina 63%, fenil + tirosina 115%.

Balnave e Oliva (1990) avaliaram níveis de metionina para aves criadas em diferentes temperaturas ambientais. As aves mantidas a temperatura constante de 30°C atingiram melhor crescimento quando recebiam a relação de metionina: lisina de 0,31. As aves sob temperaturas cíclicas de 25 a 35°C exigiram a relação de 0,37, enquanto para aves a 21°C o crescimento máximo foi obtido com a relação metionina: lisina de 0,39. Os autores concluíram que as necessidades de metionina diminuíram quando as aves foram submetidas às condições de estresse térmico por calor. Em relação ao desempenho, para frangos submetidos à temperatura cíclica, os autores observaram maior peso vivo, melhor conversão alimentar e diminuição da gordura abdominal de forma gradual com o aumento da metionina ao nível máximo utilizado (1,6 g/ kg). Para os frangos mantidos à temperatura de 30°C os autores observaram que o nível de suplementação da metionina influenciou significativamente a ingestão de ração, o ganho de peso e a conversão alimentar, sendo que os frangos tiveram maior consumo de ração associado à pior conversão alimentar. Já para os frangos a 21°C foi observado que a suplementação de metionina influenciou o aumento do peso vivo e da conversão alimentar. O teor de gordura abdominal foi baixo, sendo menos da metade que o observado nas aves em altas temperaturas.

Temim et al. (1999; 2000) observaram que maiores níveis proteicos para frangos de corte criados em altas temperaturas melhoram o desempenho das aves pela maior disponibilização de aminoácidos, evitando deficiência de aminoácidos durante condições de estresse por calor e maior disponibilização de energia pela maior inclusão de óleo nestas rações. Por outro lado, Oliveira *et al.* (2010) avaliaram a redução da proteína bruta (21,6; 20,6; 19,6; 18,6 ou 17,6%) para frangos de corte em estresse por calor e não observaram diferença estatística significativa para o desempenho e rendimento de cortes, inferindo que a redução da proteína bruta e suplementação com aminoácidos sintéticos não comprometeu o desenvolvimento das aves, atendendo as necessidades nutricionais.

Ao avaliarem os efeitos do estresse térmico agudo e crônico e a proteína da dieta (18, 20, 23 e 26% PB) para frangos de corte de 28 a 42 dias, Gonzalez-Esquerria e Leeson (2005) observaram que aves submetidas ao estresse térmico agudo (expostas ao estresse térmico durante três semanas) e as aves submetidas ao estresse térmico crônico (expostas ao estresse térmico durante seis semanas) tiveram menor ganho de peso, consumo de ração e maior gordura corporal em relação às aves criadas em ambiente termoneutro. Mas não observaram interações entre a proteína dietética e tipo de estresse (crônico ou agudo) para qualquer parâmetro medido (ganho de peso, consumo de ração e conversão alimentar). Segundo os autores, se dietas ricas em proteína tivessem resultado em maiores cargas de calor para as aves em estresse térmico, o consumo deveria ter sido reduzido em resposta ao maior teor de proteína. Essa situação não ocorreu em qualquer temperatura e estes dados sugerem que o uso de dietas de baixa proteína como um meio de reduzir o incremento calórico em aves submetidas ao estresse térmico por calor pode não ter justificativa ou não trazer o efeito esperado.

Para aves criadas em ambiente com estresse térmico por calor, Faria Filho *et al.* (2006) avaliaram níveis de 18, 16,5 e 15% de PB e observaram que no menor nível proteico houve piora no desempenho dos frangos de 42 a 49 dias de idade, no entanto para frangos criados a temperatura de 20 a 25°C esse mesmo nível de proteína não alterou o desempenho e as características da carcaça, além de diminuir a excreção de nitrogênio.

Algumas pesquisas sugerem cautela quanto à decisão por formulações de ração com menor conteúdo de proteína bruta, mesmo quando suplementadas com aminoácidos sintéticos (Furlan *et al.*, 2004; Vasconcellos *et al.*, 2011; Giacobbo *et al.*, 2014) devido provavelmente à queda no desempenho dos frangos causado pelo menor conteúdo de proteína bruta e por razões econômicas.

Segundo Vasconcellos *et al.* (2010), a diminuição da proteína bruta da dieta leva a perdas no desempenho e deposição de gordura na carcaça de frangos de corte machos de 21 a 42 dias de idade e, ao avaliarem a redução de PB (21, 19, 17 e 15%), observaram que o melhor ganho de peso das aves foi obtido com o nível de 19,28% de PB e maior rendimento de peito foi obtido com 18,28% de PB.

Em experimento sobre redução da proteína (22, 20, 18 e 16%PB) da dieta com suplementação de aminoácidos para frangos de corte em estresse por calor, Soares (2014) observou pior digestibilidade da proteína e do extrato etéreo pelas dietas com 16 e 18% de proteína bruta, diminuindo a disponibilização de energia para a ave. O menor nível de proteína bruta indicou piores resultados de ganho de peso e conversão alimentar dos frangos aos 42 dias de idade, tanto em temperaturas termoneutras de 21°C a 25°C, como no estresse cíclico por calor, de 30°C a 34°C. A autora ainda observou que, a suplementação com aminoácidos sintéticos na ração de 16% de PB não foi capaz de refletir o mesmo desempenho nas aves, quando comparadas às dietas com teores de PB mais elevados para os dois ambientes estudados. Como conclusão, a utilização de dieta com 22% de PB mostrou-se uma alternativa economicamente viável para a criação de frangos em crescimento, em situações de estresse cíclico por calor com temperaturas de até 34°C.

Awad *et al.* (2015) avaliaram o efeito de dietas de baixa proteína e suplementadas com aminoácidos para frangos de corte em ambiente tropical quente e úmido sobre o desempenho de frangos e concluíram que a suplementação aminoacídica não compensa as perdas no desempenho dos frangos atribuído a dietas de baixa proteína. Os autores sugerem que a suplementação de glicina pode melhorar a conversão alimentar e que exista ainda a possibilidade

de que frangos de corte criados em condições de clima quente e úmido exijam maior nível de glicina que o nível utilizado neste estudo (glicina + serina: 2,03%).

Uma possível explicação para a não ocorrência dos efeitos benéficos esperados da redução de proteína bruta da ração sobre as características de desempenho dos frangos seria que a produção de calor corporal nesses animais, ao contrário do que ocorre nos mamíferos adultos, pode não ser influenciada pela concentração de proteína bruta de suas rações, como relatado por Swennen et al. (2004; 2006).

Gonzales-Esquerria e Leeson (2006) estudaram o efeito da relação arginina: lisina e fontes sintéticas de metionina: (HMB (2-hidroxi-4-(metiltio) ácido butanóico), DL-metionina e L-metionina) no crescimento e acúmulo de proteína corporal em frangos de corte criados em ambiente com estresse térmico agudo e crônico. O estresse agudo foi definido de forma que até os 25 dias de idade os frangos estavam em temperatura termoneutra e a partir dos 26 dias de idade foram submetidos à alta temperatura de 32°C e as aves submetidas ao estresse crônico foram criadas sob a temperatura de 32°C durante todo o período de crescimento. Ambos os grupos de aves foram, portanto, criados à temperatura de 32°C no período de 26 a 33 dias de idade. Os autores observaram que a utilização da proteína foi afetada pela relação arginina: lisina, pela fonte de metionina e pelo tempo de exposição ao calor. As aves apresentaram menor utilização da proteína quando alimentadas com L-metionina em vez de DL-metionina em baixa relação arginina: lisina. Aves alimentadas com HMB em baixa relação arginina: lisina utilizaram melhor a proteína que as aves alimentadas com L-metionina em condições de estresse térmico crônico. A utilização da proteína pelas aves foi semelhante entre as que recebiam HMB e DL-metionina. Os autores concluíram que mudanças nas exigências de metionina e arginina no estresse por calor podem predispor as aves à interação nutricional entre esses aminoácidos

quando há deficiência nos níveis de arginina. Mudanças nos metabolismos de arginina, metionina ou ambos podem explicar o menor desempenho, sobre a utilização da proteína, dos frangos que receberam L-metionina e baixa relação arginina: lisina, em qualquer tempo de exposição ao estresse por calor.

2.5 Relação proteína e energia da dieta

Segundo Leandro et al. (2003), as decisões mais importantes que podem ser tomadas na formulação de uma dieta de frangos de corte são referentes às concentrações de proteína e de energia, cujos níveis influenciam tanto no custo da dieta quanto no desempenho dos frangos.

Existem vários fatores que afetam a síntese de proteína e, conseqüentemente, o crescimento muscular. Entre eles podem ser citados: nível dietético de aminoácidos, proteína e energia da ração. A carência ou desbalanceamento entre os nutrientes podem influenciar a síntese ou a degradação proteica de maneira indireta, porque podem afetar a liberação de hormônios, como hormônio do crescimento (GH), insulina, entre outros (Ton et al., 2011).

A relação energia: proteína se refere ao total de energia na ração que é exigida para metabolizar a proteína fornecida aos tecidos corporais (McDonald et al. 1995). Se a ração apresentar um desequilíbrio na relação energia: proteína, a fração proteica excedente sofrerá desaminação, pois o organismo animal não pode estocar aminoácidos como reserva. Este processo de desaminação demanda gasto energético o que acarretará em perda de eficiência do animal. Além disso, o incremento calórico gerado poderá demandar mais energia para a manutenção da homeotermia do animal, reduzindo a energia líquida para produção (Andriquetto et al., 2002).

Dietas com baixo teor de proteína têm sido associadas com redução de perdas energéticas (Noblet et al., 1987). Ao se diminuírem os teores de proteína bruta da dieta, reduzem-se,

também, a desaminação do excesso de aminoácidos e, com isso, a síntese e a excreção de ácido úrico nas excretas das aves. A redução proteica permite diminuir a perda de nitrogênio na ordem de 30 a 40%. Além disso, ocorre menor taxa de *turnover* das proteínas corporais e diminuição da produção de calor dos animais. Conseqüentemente, a redução do teor de proteína bruta da dieta aumenta a disponibilidade de energia para a deposição de tecidos (Vasconcellos et al., 2011).

Leclercq (1996) demonstrou que 30% da proteína bruta ingerida pelo frango de corte é excretada. Esse excesso de proteína (aminoácidos essenciais e não essenciais) é catabolizado e excretado na forma de ácido úrico. Partindo do princípio de que o custo metabólico para incorporar um aminoácido na cadeia proteica é estimado em 4 mol de ATP, e que o custo para excretar um aminoácido é estimado em torno de 6 a 18 mol de ATP, sendo estes valores variáveis em função da quantidade de N do aminoácido, pode-se concluir que a eliminação destes aminoácidos tem alto custo energético para o frango. Dessa forma, a energia que poderia ser utilizada para deposição de tecidos é desviada para excreção de nitrogênio.

Entre os objetivos da avicultura, além de otimizar a taxa de crescimento e a utilização dos alimentos pelos frangos, há também demanda contínua para maximizar o crescimento do tecido magro e minimizar o acúmulo de gordura corporal. Como a deposição de gordura na carcaça pode ser alterada por meio da modificação da ingestão de energia pelo frango, existe um potencial para controlar a deposição de gordura através da limitação da ingestão de energia (Lesson et al., 1996).

Em geral, dietas com um alto teor de energia ou alta relação energia: proteína promovem a retenção de energia como gordura. O excesso de proteína bruta nas rações resulta em aves com menor quantidade de gordura corporal, mas reduz a eficiência alimentar, enquanto baixo teor de proteína bruta aumenta o acúmulo de gordura. Frangos de corte com dietas ricas em gordura com

proporção alta de energia: proteína tiveram menor produção de calor apesar da maior ingestão de energia (Swennen et al., 2004). Macleod (1997) também havia encontrado que frangos alimentados com dieta rica em gordura e alta relação energia: proteína têm uma baixa produção de calor, apesar do maior consumo de energia. De acordo com Swennen et al. (2004), a justificativa para esses resultados encontra-se no fato dessas aves terem consumido maior quantidade de gordura, que apresentam efeitos extracalóricos.

Em contraste, Buyse et al. (1992) observaram que os frangos de corte que receberam dieta com 15% de proteína aumentaram o consumo de ração em uma tentativa de atender às necessidades de proteína e aminoácidos, mas também consumiram quantidade excessiva de energia neste processo. O resultado desse excesso de consumo de energia foi aumento de deposição de gordura e maior produção de calor em comparação com frangos de corte alimentados com dieta isoenergética com 20% de proteína bruta.

Henken et al. (1983) avaliaram o efeito da temperatura ambiental na resposta imune e no metabolismo de frangos sobre aspectos da energia e do metabolismo de proteínas. Observaram que em baixa temperatura ambiental, o consumo de ração é estimulado para suprir o aumento da demanda térmica, nesse caso a taxa de crescimento pode até ser maior, mas a conversão alimentar será pior devido a maiores exigências de manutenção e mudança na energia usada para deposição de gordura e proteína em termos de energia metabolizável. A deposição de proteína muscular e tecido adiposo é fortemente influenciada por fatores nutricionais (quantidade e qualidade da dieta), assim, a energia veiculada pelo alimento, quando ingerida em excesso, é estocada no tecido adiposo sob a forma de triglicerídeo. Essa mesma energia pode ser mobilizada quando a ingestão de alimentos é limitada, permitindo ao tecido adiposo uma variação considerável de sua massa, dependendo da condição nutricional do animal. (Urbano, 2006). A

menor deposição de energia como proteína nos frangos criados em ambiente quente, pode ser uma adaptação metabólica para a manutenção da homeostase térmica, pois a deposição de proteína conduz à maior carga de calor (Macleod, 1997), o que não é desejável para frangos expostos a essas condições de ambiente.

Henken et al. (1983) também observaram que, em alta temperatura ambiental, a taxa de crescimento foi menor devido à diminuição do consumo de ração, no entanto a eficiência alimentar não foi afetada. Segundo os autores, o anabolismo da proteína foi independente da temperatura ambiental.

Viana et al. (2001) avaliaram o ganho de peso e a conversão alimentar, utilizando rações com quatro níveis de energia (2900, 3050, 3200 e 3350 kcal EM/kg de ração) dos 22 aos 42 dias de idade, e concluíram que, para os níveis mais altos de energia houve redução do consumo e aumento do ganho de peso, resultando em melhoria da conversão alimentar. Os resultados de conversão alimentar são justificados pelo aumento gradativo da energia líquida das rações, em razão da redução do incremento calórico, devido à inclusão, em níveis crescentes, de óleo, associado ao provável aumento da deposição de proteína, em consequência da melhora na relação energia: proteína das rações.

Silva et al. (2001) avaliaram níveis de energia (2900, 3100 e 3300 kcal) e relações energia: proteína (128, 148, 168 e 188 kcal/PB) para frangos de corte de 22 a 42 dias de idade e observaram que a redução da gordura abdominal, associada ao declínio da relação energia: proteína, foi causada, provavelmente, pelo alto custo energético de deposição de proteína. A relação da eficiência proteica melhorou com o aumento dos níveis de energia metabolizável da ração e da relação energia: proteína, indicando que quanto menor a relação energia: proteína, maior o consumo de proteína e menor a sua eficiência de utilização. Os autores concluíram que

rações com relação energia: proteína de 148 (20,95% de PB) e nível de energia metabolizável de 3100 kcal são adequados para ótimo crescimento de frangos de corte no período de 22 a 42 dias de idade. Em virtude do aumento do custo da ração, a redução da relação energia: proteína em rações práticas deve ser avaliada para otimizar o modelo de produção em que a qualidade da carcaça também deve ser considerada.

Sakomura et al. (2004) estudaram o metabolismo energético de frangos de corte machos por meio da determinação das exigências energéticas para manutenção e da eficiência de deposição de energia como gordura e proteína, em função de diferentes níveis (3050, 3200 e 3350 kcal EM/kg) de energia metabolizável na dieta. Os autores observaram menor aproveitamento da dieta quando as aves ingerem quantidades crescentes de ração, evidenciando que, quanto maior o volume de ração no trato digestório, menor a sua utilização, explicado pela diminuição na eficiência de atuação das enzimas digestivas e, conseqüentemente, menor absorção de nutriente. Os autores concluíram que, o nível mais alto de energia (3.350 kcal/kg) na dieta proporcionou melhores resultados de desempenho dos frangos, enquanto o nível médio de energia (3.200 kcal/kg) melhorou o equilíbrio na eficiência de utilização de energia para deposição de proteína e de gordura, conseqüentemente, melhor qualidade da carcaça, em decorrência da menor deposição de gordura.

De acordo com Liu et al. (2015), nas aves sob condições de estresse, o anabolismo da proteína e da gordura corporal é reduzido, enquanto o catabolismo será promovido para satisfazer a exigência de nutrientes para sintetizar moléculas efetoras imunes. Dessa forma, há uma mudança na partição de nutrientes dietéticos, não havendo prioridade para acréscimo muscular e sim para respostas metabólicas que suportam o sistema imunológico. Nesse caso, para frangos de corte, o metabolismo energético terá um impacto direto na ingestão alimentar, na composição da carcaça

e na eficiência alimentar. No entanto, a mudança de metabolismo energético quando os frangos são desafiados pelo estresse imune ainda não é totalmente compreendido.

3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, V.M.N. e ABREU, P.G. Os desafios da ambiência sobre os sistemas de aves no Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, p.1-14, (supl. especial), 2011.
- ALBINO, L.F.T.; SILVA, S.H.M.; JUNIOR, J.G.V.; ROSTAGNO, H.S.; SILVA, M.A. Níveis de metionina + cistina para frangos de corte de 1 a 21 e 22 a 42 dias de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.28, n.3, p.519-525, 1999.
- ALTAN, O.; PABUÇCUOĞLU, A.; ALTAN, A.; KONYALIOĞLU, S.; BAYRAKTAR, H. Effect of heat stress on oxidative stress, lipid peroxidation and some stress parameters in broilers. **British Poultry Science**, v. 44, n. 4, p. 545-550, 2003.
- AMARAL, A.G.; YANAGINI JUNIOR, T.; LIMA, R.R. TEIXEIRA, V.H.; SCHIASSI, L. Efeito do ambiente de produção sobre frangos de corte sexados criados em galpão comercial. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.63, n.3, p. 649–658, 2011.
- ANDERSSON, B.E., JÓNASSON, H. DUKES Fisiologia dos animais domésticos. 11^a edição. Regulação da temperatura e fisiologia ambiental. Cap.47. 1996.
- ANDRIGUETTO, J.M.; PERLY, L.; MINARDI, I.; GEMAEL, A.; FLEMMING, J.S.; SOUZA, G.A. BONA FILHO, A. Nutrição animal: bases e fundamentos, v.2. São Paulo: Nobel, 2002. 396p.
- ARAÚJO, L.F.; JUNQUEIRA, O.M.; ARAÚJO, C.S.S.; SAKOMURA, N.K.; ANDREOTTI, M.O.; SUGUETA, S.M. Diferentes Perfis de Aminoácidos para Frangos de Corte no Período de 43 a 56 Dias de Idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.1, p.387-393, 2002.
- AWAD, E.A.; ZULKIFLI, I.; SOLEIMANI, A.F.; LOH, T.C. Individual non essential amino acids fortification of a low-protein diet for broilers under the hot and humid tropical climate. **Poultry Science**, v.94, n.11, 2015.
- BABJI, A.S.FRONING, G.W.; NGOKA, D.A. The effect of preslaughter environmental temperature in the presence of electrolyte treatment on Turkey meat quality. **Poultry Science**, Savoy, v. 61, n.12, p. 2385- 2389, 1982.
- BALNAVE, D. Challenges of Accurately Defining the Nutrient Requirements of Heat-Stressed Poultry. **Poultry Science**, v.83, n.1, p.5-14, 2004.
- BALNAVE, D., e OLIVA A. G. Responses of finishing broilers at high temperatures on dietary methionine source and supplementation levels. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.41, n.3, p.557–564, 1990.
- BORGES, S.A.; MAIORKA, A.; SILVA, A.V.F. Fisiologia do estresse calórico e a utilização de eletrólitos em frangos de corte. **Ciência Rural**, v.33, n.5, p.975-981, 2003.
- BRUNO, L.D.G.; MACARI, M. Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte. Jaboticabal: FUNEP/UNESP, 375 p. cap. 16, ingestão de água: mecanismos regulatórios, 2002.
- BUIJS, S. L., S. KEELING, E. RETTENBACHER, VAN POUCKE, F.A.M. Stocking density effects on broiler welfare: Identifying sensitive ranges for different indicators. **Poultry Science**, v. 88, n.8, p.1536-1543, 2009.
- BUYSE, J.; DECUYPERE, E.; BERGHMAN, L.; KUHN, E. R.; VANDESANDE, F. The effect of dietary protein content on episodic growth hormone secretion and on heat production of male broilers. **British Poultry Science**, v.33, n.5, p.1101–1109,1992.

- CAMPOS, A.M.A.; ROSTAGNO, H.S.; NOGUEIRA, E.T.; ALBINO, L.F.T.; PEREIRA, J.P.L.; MAIA, R.C. Atualização da proteína ideal para frangos de corte: arginina, isoleucina, valina e triptofano. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.41, n.2, p.326-332, 2012.
- CARVALHO, F.B.; SARTORI, J.R.; STRINGHINI, J.H.; FASCINA, V.B.; PEREIRA, L.A.; PELÍCIA, V.C. Efeito da temperatura ambiente e da idade do frango sobre o valor energético do farelo de soja. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.63, n.6, p.1437-1445, 2011.
- CHENG, T.K.; HAMRE, M.L.; COON, C.N. Effect of constant and cyclic environmental temperatures, dietary protein, and amino acid levels on broiler performance. **Journal of Applied Poultry Research**, v.8, n. 4, p.426-439, 1999.
- CHEN, J.; HAYAT, J.; HUANG, B. *et al.* Responses of broilers at moderate or high temperatures to dietary arginine: lysine ratio and source of supplement methionine activity. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.54, n.2, p.177-181, 2003.
- COBB-VANTRESS, 2009. INC. suplement: Desempenho e nutrição para frangos de corte: cobb500TM. disponível em: <http://www.cobbvantress.com/languages/portuguese/products/cobb500>. Acessado em: Dezembro, 2017.
- CRONJE, P.B. Gut health, osmoregulation and resilience to heat stress in poultry. **Australian poultry Science Symposium** 2007.
- DALÓLIO, F.S.; ALBINO, L.F.T.; LIMA, H.J.D.; SILVA, J.N.; MOREIRA, J. Heat stress and vitamin E in diets for broilers as a mitigating measure. **Acta Scientiarum**, v. 37, n. 4, p. 419-427, 2015.
- DEMINICIS, B.B. MARTINS, C.B. Tópicos especiais em Ciência Animal III. 1º Edição. Alegre, ES. CAUFES, 2014. 366p. ISBN: 978-85-61890-56-8
- DUKES, H.H. Dukes' Physiology of Domestic Animals. 12th ed. Ithaca: Comstock Publishing Associates; 2004.
- ENCARNAÇÃO, R.O. Estresse e produção animal. 2º.reimp. Campo Grande : EMBRAPA-CNPGC, 1992. 32p. (EMBRAPA-CNPGC. Documentos, 34).
- EMMERT, J.L. e BAKER, D.H. Use of the ideal protein concept for precision formulation of amino acid levels in broilers diets. **Journal of Applied Poultry Research**, v.6, n.4, p. 462-470, 1997.
- FARIA FILHO, D.E.; ROSA, P.S.; FIGUEIREDO, D.F.; DAHLKE, F.; MACARI, M.; FURLAN, R.L. Dietas de baixa proteína no desempenho de frangos criados em diferentes temperaturas. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v.41, n.1, p.101-106, 2006.
- FURLAN, R. L. et al. Efeito da densidade de alojamento e da temperatura ambiente sobre a temperatura corporal de frangos. In: **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, suplemento 2, p. 62, 2000.
- FURLAN, R.L. 2006. Influência da temperatura na produção de frangos de corte. In: Simpósio Brasil sul de avicultura. Chapecó. Disponível em: <http://www.levy.blog.br/arquivos/aula-fesurv/downs-96-0.pdf>. Acessado em: 24/05/2017.

- FURLAN, R.L.; FARIA FILHO, D.E.; ROSA, P.S.; MACARI, M. Does Low-Protein Diet Improve Broiler Performance under Heat Stress Conditions? **Brazilian Journal of Poultry Science**, v.6, n.2, p. 71 – 79, 2004.
- FURLAN R.L., MACARI M. Termorregulação. In: MACARI M, FURLAN RL, GONZALES E, editores. Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte. 2 ed. Jaboticabal:Funep-Unesp; 2002. p. 209-230.
- GAO Z, LIU F, YIN P, WAN C, HE S, LIU X, ZHAO H, LIU T, XU J, GUO S. Inhibition of heat-induced apoptosis in rat small intestine and IEC-6 cell through the AKT signalling pathway. **BMC Veterinary Research**; v.9, n.241, 2013.
- GERAERT, P. A., J. C. F. PADILHA, AND S. GUILLAUMIN. Metabolic and endocrine changes induced by chronic heat exposure in broiler chickens: Growth performance, body composition and energy retention. **The British Journal of Nutrition**, v.75, n.2, p.195–204, 1996.
- GIACOBBO, F.C.N.; KLOSOWSKI, E.S.; NUNES, R.V.; SANGALI, C.P.; BRUNO, L.D.G.; YOSHIHARA, C.R.F.; OLIVEIRA, A.C.; FREITAS, D.C. Efeito de diferentes níveis de proteína bruta e balanço eletrolítico sobre o desempenho, parâmetros sanguíneos e características ósseas de frangos de corte na fase de 36 a 42 dias de idade. **Revista Semina**, v. 35, n. 4, p. 2175-2184, 2014.
- GOMIDE, E.M.; RODRIGUES, P.B.; ZANGERONIMO, M.G.; BERTECHINI, A.G. SANTOS, L.M.; ALVARENGA, R.R. Nitrogen, calcium and phosphorus balance of broilers fed diets with phytase and crystalline amino acids. **Ciência e Agrotecnologia**, v.35, n.3, p. 591-597 2011.
- GONZALES, E. **Mecanismos regulatórios do consumo de alimentos em aves**. Fisiologia da digestão e absorção das aves. Campinas: Fundação APINCO de Ciência e Tecnologia Avícolas, p.27-42, 1994.
- GONZALEZ-ESQUERRA, R.; LESSON, S. Effects of acute versus chronic heat stress on broiler response to dietary protein. **Poultry Science**, v.84, n.10, p.1562-1569, 2005.
- GONZALEZ-ESQUERRA, R.; LESSON, S. Effect of Arginine:Lysine Ratios and Source of Methionine on Growth and Body Protein Accretion in Acutely and Chronically Heat-Stressed Broilers. **Poultry Science**, v.85, n.9, p.1594-1602, 2006.
- HABASHY, W. S.; MILFORT, M. C.; ADOMAKO, K.; ATTIA, R.; REKAYA, Y. A.; AGGREY S. E. Effect of heat stress on amino acid digestibility and transporters in meat-type Chickens. **Poultry Science**, v.96, n.7, p.2312-2319. 2017
- HAI, L.; RONG, D. ZHANG,Z.-Y. The effect of thermal environment on the digestion of broilers. **Journal of animal physiology and animal nutrition**, v.83, n.2, p.57-64, 2000.
- HENKEN, A.M.; GROOTE SCHAARSBERG, A.M.J.; VAN DER HEL, W. The Effect of Environmental Temperature on Immune Response and Metabolism of the Young Chicken. 4. Effect of Environmental Temperature on Some Aspects of Energy and Protein Metabolism. **Poultry Science**, v.62, n.1, p. 59-67, 1983.
- KHAJAVI, M.; RAHIMI, S.; HASSAN, Z.M.; KAMALI, M.A.; MOUSAVI, T. Effect of feed restriction early in life on humoral and cellular immunity of two commercial broiler strains under heat stress conditions. **British Poultry Science**, v.44, n.3, p. 490-497, 2003.

- KOHN RA, SCHWAB CG, BOZAK CK, HYLTON WE. Effect of intestinal blood flow on absorptive site blood flow and lysine absorption as examined in situ in Holstein calves. **Journal of Animal Science**; v.71, n.6, p.1641-1647,1993.
- LAGANÁ, C. Influência de altas temperaturas na alimentação de frangos de corte. **Pesquisa e Tecnologia APTA Regional**, vol. 5, n.2, 2008.
- LAGANÁ, C. Otimização da produção de frango de corte em condições de estresse por calor. Tese (doutorado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2005.
- LARA L.J.C. Efeitos do processamento da ração e da linhagem sobre os valores energéticos e desempenho de frangos de corte. 2007. 52f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007.
- LARA, L.J.; ROSTAGNO, M.H. Impact of Heat Stress on Poultry Production. **Animals**, v.3, n.2, p. 356-369, 2013.
- LATSHAW, J.D.; MORITZ, J.S. The partitioning of metabolizable energy by broiler chickens. **Poultry Science**, v.88, n.1, p.98-105, 2009.
- LEANDRO, AN.S.M.; CAFÉ, M.B.; STRINGHINI, J.H.; FILHO, R.M.; MOURA, K.A.; JÚNIOR, R.P.S. Plano nutricional com diferentes níveis de proteína bruta e energia metabolizável na ração, para frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.3, p.620-631, 2003.
- LECLERCQ, B. Les rejets azotés issus de l'aviculture: importance et progrès envisageables, **INRA Productions Animales**, v.9, n.2, p.91-101, 1996.
- LESSON, S.; CASTON, L.; SUMMERS, J.D. Broiler Response to Energy or Energy and Protein Dilution in the Finisher Diet. **Poultry Science**, v.75, n.4, p. 522-528, 1996.
- LESIÓW, T.; KIJOWSKI, J. Impact of PSE and DFD meat on poultry processing. A review. **Polish Journal Of Food And Nutrition Sciences**, v.12, n.2, p.3-8, 2003.
- LIN, H.; JIAO, H.C.; BUYSE, J.; DECUYPERE, E. Strategies for preventing heat stress in poultry. **World's Poultry Science Journal**, v.62, n.1, p.71-86, 2005.
- LINSLEY, J.G., BERGER, R.R. Respiratory and cardiovascular responses in the hyperthermic domestic cock. **Poultry Science**, v.43, n.2, p.291-305, 1964.
- LIU, L.; QIN, D.; WANG, X.; FENG, Y.; YANG, X.; YAO, J. Effect of immune stress on growth performance and energy metabolism in broiler chickens, **Food and Agricultural Immunology**, v.26, n.2, p. 194-203, 2015.
- LONGO, F.A.; SAKOMURA, N.K.; RABELO, C.B.; FIGUEIREDO, A.N.; FERNANDES, J.B.K. Exigências energéticas para manutenção e para o crescimento de frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.1, p.119-125, 2006.
- LOPES, J.C.O.; RIBEIRO, M.N.; LIMA, V.B.S. Estresse por calor em frangos de corte. **Nutritime Revista Eletrônica**, v. 12, n.6, p.4478-4487, 2015.
- MACARI, M. Estresse de calor em aves. In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 2001. Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2001. p. 686- 716, 2001.
- MACARI, M.; FURLAN, R.L.; GONZALES, E. Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte. Jaboticabal: FUNEP/UNESP, 375 p. 2002.
- McDONALD, P. EDWARDS, R.A.; GREENHALGH, J.F.D. **Animal Nutrition**. 5.ed. USA: Longman Scientific and Technical, 1995.

- MACK, L. J.; FELVER-GANT, J.N.; DENNIS, R.L.; CHENG, H.W. Genetic variations alter production and behavioral responses following heat stress in 2 strains of laying hens. **Poultry Science**, v. 92, n.2, p. 285 – 294. 2013.
- MACLEOD, M.G. Effects of amino acid balance and energy: protein ratio on energy and nitrogen metabolism in male broiler chickens. **British Poultry Science**, v.38, n.4, p. 405-11, 1997.
- MARCHINI, C.F.P.; CAFÉ, M.B.; ARAÚJO, E.G.; NASCIMENTO, M.R.B.M. Physiology, cell dynamics of small intestinal mucosa, and performance of broiler chickens under heat stress: a review. **Revista Colombiana de Ciências Pecuárias**, v.29, n.3, p. 159-168, 2016.
- MATOS, M.B.; FERREIRA, R.A.; COUTO, H.P.; SAVARIS, V.D.L.; SOARES, R.T.R.N.; OLIVEIRA, N.T.E. Balanço eletrolítico da dieta e desempenho de frangos em condições naturais de estresse calórico. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.63, n.6, p.1461-1469, 2011.
- MAXWELL, M.H. Avian blood leucocyte responses to Stress. **World's Poultry Science Journal**, v.49, n.1, p.34-43, 1993.
- MEDEIROS, C.M.; BAÊTA, F.C.; OLIVEIRA, R.F.M.; TINÔCO, I.F.F.; ALBINO, L.F.T.; CECON, P.R. Efeitos da temperatura, umidade relativa e velocidade do ar em frangos de corte. **Engenharia Agrícola**, v.13, N.4, p.277-286, 2005.
- MORGULIS, M. S. Imunologia aplicada. In: Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte. 2. Ed. Jaboticabal: Funep/Unesp, 2002. p. 231- 245.
- NÄÄS, I.A. Estresse calórico – meios artificiais de condicionamento. In: Simpósio Internacional de Ambiente e Instalações na Avicultura Industrial, v.1, 1995, Campinas. Anais, Campinas: FACTA, 1995, p.109-112.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. Nutrient requirements of poultry. 9. ed. Washington, D.C.: **National Academy of Sciences**, 155p, 1994.
- NOBLET, J.; VAN MILGEN, J.; CARRÉ, B.; DIMON, P.; DUBOIS, S.; RADEMACHER, M. e VAN CAUWENBERGHE, S. Effect of body weight and dietary crude protein on energy utilisation in growing pigs and broilers. IN: EAAP publication No. 109/2003 Rostock-arnemünde, Germany 13-18. P. 205-208. September 2003.
- OBA, A.; LOPES, P.C.F.; BOIAGO, M.M.; SILVA, A.M.S.; MONTASSIER, H.J.; SOUZA, P.A. Características produtivas e imunológicas de frangos de corte submetidos a dietas suplementadas com cromo, criados sob diferentes condições de ambiente. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.41, n.5, p.1186-1192, 2012.
- OLÁH, I. VERVELDE, L. Structure of the avian lymphoid system. . In: Avian Immunology. 1. Ed. San Diego: Elsevier, 2008. cap. 2, p. 13-50.
- OLIVEIRA, K.P. influência de diferentes temperaturas e níveis de energia metabolizável no desempenho de frangos de corte na fase final de criação. Dissertação (mestrado), 48f. Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, 2015.
- OLIVEIRA, R.F.M.; DONZELE, J.L.; ABREU, M.L.T.; FERREIRA, R.A.; VAZ, R.G.M.V.; CELLA, P.S. Efeitos da temperatura e da umidade relativa sobre o desempenho e o rendimento de cortes nobres de frango de corte de 1 a 49 dias de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.3, p.797-803, 2006.

- OLIVEIRA, W.P.; OLIVEIRA, R.F.M.; DONZELE, J.L.; GOMES, P.C.; MARTINS, M.S.; ASSIS, A. P. Redução do nível de proteína bruta em rações para frangos de corte em ambiente de estresse por calor. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n. 5, p.1092-1098, 2010.
- OLIVEIRA NETO, A.R.; OLIVEIRA, R.F.; DONZELE, J.L.; ROSTAGNO, H.S.; FERREIRA, R.A.; MAXIMIANO, H.C.; GASPARINO, E. 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**, v. 29, n. 1, p. 183-190, 2000.
- OSTRANDER MM, ULRICH-LAI YM, CHOI DC, RICHTAND NM, HERMAN JP. Hypoactivity of the hypothalamic-pituitary-adrenocortical axis during recovery from chronic variable stress. **Endocrinology**, v. 147, p. 2008-2017, 2006.
- OWENS, C.M.; McKEE, S.R.; MATTEWS, N.S.; SAMS, A.R.. The development of pale, exudative meat in two genetic lines of turkeys subjected to heat stress and its predication by halothane screening. **Poultry Science**, v.79, n.3, p.430-435, 2000.
- PART, C.E.; EDWARDS, P.; HAJAT, S.; COLLINS, L.M. Prevalence rates of health and welfare conditions in broiler chickens change with weather in a temperate climate. **Royal Society Open Science**, v.3. 2017.
- PINTO, M.F.; LIMA, V.M.F.; RIBEIRO, S.C. Fontes de óleo nas dietas e sua influência no desempenho e na imunidade de frangos de corte. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v.34, n.5, p.409-414, 2014.
- PUVADOLPIROD, S.; THAXTON, J.P. Model of physiological stress in chickens. Response parameters. **Poultry Science**, v.79, n.4, p.363-369, 2000.
- QUINTEIRO-FILHO, W.M.; GOMES, A.V.S.; PINHEIRO, M.L.; RIBEIRO, A.; FERRAZ-DE-PAULA, V.; ASTOLFI-FERREIRA, C.S.; FERREIRA, A.J.P.; PALERMO-NETO, J. Heat stress impairs performance and induces intestinal inflammation in broiler chickens infected with *Salmonella* Enteritidis. **Avian Pathology**, v.41, n.5, p.421-427, 2012.
- QUINTEIRO-FILHO, W.M.; RIBEIRO, A.; FERRAZ-DE-PAULA, V.; PINHEIRO, M.L.; SAKAI, M.; SÁ, L.R.M.; FERREIRA, A.J.P.; PALERMO-NETO, J. Heat stress impairs performance parameters, induces intestinal injury, and decreases macrophage activity in broiler chickens. **Poultry Science**, v.89, n.9, p.1905-1914, 2010.
- RACANICCI, A.M.C.; MENTEN, J.F.M.; REGITANO-D'ARCE, M.A.B.; GAIOTTO, J.B.; LONGO, F.A.; PEDROSO, A.A.; SORBARA, J.O.B. Oxidação Lipídica do Óleo de Vísceras de Aves para Redução de seu Conteúdo de Energia Metabolizável para Frangos de Corte na Fase de Crescimento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.4, p.919-923, 2004.
- RAGHEBIAN, M.; SADEGHI, A.A.; AMINAFSHAR, M. Impact of dietary energy density on the liver health of broilers exposed to heat stress and their performance during finisher period. **Journal of Livestock Science**, v.8, p.122-130, 2017.
- RIBEIRO, A.M.L.; VOGT, L.K.; CANAL, C.W.; LAGANÁ, C.; STRECK, A.F. Suplementação de vitaminas e minerais orgânicos e sua ação sobre a imunocompetência de frangos de corte submetidos a estresse por calor. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.4, p. 636-644, 2008.

- ROLL, V.F.B., LOPES, L.L., ROSSI, P., ANCIUTI, M.A., RUTZ, F., XAVIER, E.G. E SILVA, S.S. Hematologia de frangos alimentados com dietas contendo aflatoxinas e adsorvente de toxinas. **Archivos de Zootecnia**, v.59, n.225, p.93-101, 2010.
- ROSA, P.S.; FARIA FILHO, D.E.; DAHLKE, F.; VIEIRA, B.S.; MACARI, M.; FURLAN, R.L. Performance and carcass characteristics of broiler chickens with different growth potential and submitted to heat stress. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v.9, n.3, p.181-186, 2007.
- ROSTANGO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; HANNAS, M.I.; DONZELE, J.L.; SAKOMURA, N.K.; PERAZZO, F.G.; SARAIVA, A.; TEIXEIRA, M.L.; RODRIGUES, P.B.; OLIVEIRA, R.F.; BARRETO, S.L.T.; BRITO, C.O. **Tabelas Brasileiras Para Aves e Suínos**. 4. Ed. – Viçosa: Departamento de Zootecnia, UFV, 2017. 488p.
- RYDER, S.A.; FEDDES, J.J; ZUIDHOF, M.J. Field Study to Relate Heat Stress Index to Broiler performance. **Poultry Science**, v.13, n.3, p.493-499, 2004.
- SAHIN, K.; ORHAN, C.; TUZCU, M.; SAHIN, N.; HAYIRLI, A.; BILGILI, S.; KUCUK, O. Lycopene activates antioxidant enzymes and nuclear transcription factor systems in heat-stressed broilers. **Poultry Science**, v.95, n.5, p. 1088-1095, 2016.
- SAKOMURA, N.K.; LONGO, F.A.; OVIEDO-RONDON, E.O.; BOA-VIAGEM, C.; FERRAUDO, A. Modeling Energy Utilization and Growth Parameter Description for Broiler Chickens. **Poultry Science**, v.84, n.9, p.1363-1369, 2005.
- SAKOMURA, N.K.; LONGO, F.A.; RABELLO, C.B.V.; WATANABE, K.; PELÍCIA, K.; FEITAS, E.R. Efeito do Nível de Energia Metabolizável da Dieta no Desempenho e Metabolismo Energético de Frangos de Corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.6, p.1758-1767, 2004.
- SAKOMURA, N.K.; SILVA, J.H.V.; COSTA, F.G.P.; FERNANDES, J.B.K.; HAUSCHILD, L. Nutrição de não ruminantes. 678p. Jaboticabal: FUNEP, 2014.
- SANTIN, E.; MORAES, M.L. Imunidade e Nutrição em aves. VI Congresso Latino-Americano de Nutrição Animal. Colégio Brasileiro de Nutrição Animal – CBNA.2014
- SANTOS, P.A.; BAETA, F.C.; TINÔCO, I.F.F.; ALBINO, L.F.T.; CECON, P.R. Avaliação dos sistemas de aquecimento a gás e a lenha para frangos de corte. **Revista Ceres**, v.56, n.2, p. 009-017, 2009.
- SELYE, H. (1946) The general adaptation syndrome and the diseases of adaptation. **The Journal of Clinical Endocrinology**, v.6, n.2, p.117-230, 1946.
- SELYE, H. (1959). Stress, a tensão da vida. São Paulo: Ibrasa - Instituição Brasileira de Difusão Cultural.
- SHANNON, D.W.F.; BROWN, W.O. Calorimetric studies on the effect of dietary energy source and environmental temperature on the metabolic efficiency of energy utilization by mature Light Sussex cockerels. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v.72, n.3, p.479-489, 1969.
- SHINI, S.; KAISER, P.; SHINI, A.; BRYDEN, W.L. Biological responses of chickens (*Gallus gallus domesticus*) induced by corticosterone and bacterial endotoxin. **Comparative Biochemistry and Physiology**, v.149, n.2, p.324-333, 2008.
- SIEGEL, H. S. Adrenal, stress and chemistry of young chickens during ACTH and cortisol administration. **Poultry Science**, v.47, p.1811-1817, 1971.
- SIEGEL, H. S. Stress, strain and resistance. **British Poultry Science**, v.36, n.1, p.03-22, 1995.

- SILVA, J.H.V.; ALBINO, L.F.T.; NASCIMENTO, A.H. Níveis de energia e relações energia: proteína para frangos de corte de 22 a 42 dias de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.6, p. 1791-1800, 2001.
- SILVA, J.H.V.; JORDÃO FILHO, J.; SILVA, E.L.; RIBEIRO, M.L.G.; FURTADO, D.A. Efeito do bebedouro e da densidade no desempenho de frangos alojados em alta temperatura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, v.9, n.4, p.636-641, 2005.
- SOARES, K.R. Níveis de proteína na dieta para frangos de corte criados em termoneutralidade e estresse cíclico por calor. Tese (Doutorado). UFMG. Escola de Veterinária, 2014.
- SOLEIMANI, A. F.; ZULKIFLI, I.; OMAR, A. R.; RAHA, A. R. Physiological responses of 3 chicken breeds to acute heat stress. **Poultry Science**, v. 90, n.7, 1435-1440, 2011.
- SWENNEN, Q.; GERAERT, P.A.; MERCIER, Y.; EVERAERT, N.; STINCKENS, A.; WILLEMSSEN, H.; LI, Y.; DECUYPERE, E.; BUYSE, J. Effects of dietary protein content and 2-hydroxy-4-methylthiobutanoic acid or DL-methionine supplementation on performance and oxidative status of broiler chickens. **British Journal of Nutrition**, v. 106, n.12, p. 1845–1854, 2011.
- SWENNEN, Q.; JANSSENS, G.P.J.; COLLIN, A. et al. Diet-induced thermogenesis and glucose oxidation in broiler chickens: influence of genotype and diet composition. **Poultry Science**, v.85, n.4, p.731-742, 2006.
- SWENNEN, Q.; JANSSENS, G.P.J.; DECUYPERE, E. et al. Effect of substitution between fat and protein on food intake and its regulatory mechanisms in broiler chickens: Energy and protein metabolism and diet-induced thermogenesis. **Poultry Science**, v.83, n.12, p.1997-2004, 2004.
- SYAFWAN, S.; KWAKKEL, R.P.; VERSTEGEN, M.W.A. Heat stress and feeding strategies in meat-type chickens. **World's Poultry Science Journal**, v.67, n.4, p.653-674, 2011.
- TANNO, A.P.; MARCONDES, F.K. Estresse, ciclo reprodutivo e sensibilidade cardíaca às catecolaminas. **Revista Brasileira de ciências Farmacêuticas**, v.38, n.3, p.273-289, 2002.
- TEETER, R.G., SMITH, M.O. High chronic ambient temperature stress effects on broiler acid-base balance and their response to supplemental ammonium chloride, potassium chloride and potassium carbonate. **Poultry Science**, v.65, n.9, p.1777-1781, 1986.
- TEIXEIRA, M.P.F. Níveis de energia metabolizável em rações para frangos de corte em ambiente de conforto térmico ou sob estresse por calor. Tese (Doutorado). UFMG. Escola de Veterinária, 2015.
- TEMIM S.; CHAGNEAU A.M.; GUILLAUMIN S. *et al.* Effects of chronic heat exposure and protein intake on growth performance, nitrogen retention and muscle development in broiler chickens. **Reproduction, Nutrition, Development**, v.39, n.1, p.145-156, 1999..
- TEMIM S.; CHAGNEAU A.M.; GUILLAUMIN S. *et al.* Does excess dietary protein improve growth performance and carcass characteristics in heat-exposed chickens. **Poultry Science**, v.79, n.3, p.312-317, 2000.
- TILLMAN, P.B. e W.A. DOZIER. Current Amino Acid Considerations for Broilers: Requirements, Ratios, Economics. Proceedings of the 2013, Arkansas. **Nutrition Conference**, 2013.
- TINÔCO, I. F. F. Avicultura industrial: novos conceitos de materiais, concepções e técnicas construtivas disponíveis para galpões avícolas brasileiros. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v.3, n.1, p.1-26, 2001.

- TON, A. P. S.; FURLAN, A. C.; MARTINS, E. N.; TOLEDO, J. B.; SCHERER, C.; CONTI, A. C. M. Exigências de lisina digestível e de energia metabolizável para codornas de corte em crescimento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 3, p. 593-601, 2011.
- UBA – União Brasileira de Avicultura. Norma Técnica de Produção Integrada de Frango. São Paulo: UBA, 2009. 64 p.
- ULRICH-LAI YM, ENGELAND WC. Hyperinnervation during adrenal regeneration influences the rate of functional recovery. **Neuroendocrinology**, v. 71, p.107-123, 2000.
- URBANO, T. Níveis de inclusão de óleo de soja na ração de frangos de corte criados em temperaturas termoneutra e quente. Dissertação (mestrado). Universidade Estadual Paulista. Jaboticabal, 2006.
- VALÉRIO, S.R.; OLIVEIRA, R.F.M.; DONZELE, J.L.; GOMES, P. C.; APOLÔNIO, L.R.; RESENDE, W.O. Níveis de Lisina Digestível em Rações, em que se Manteve ou não a Relação Aminoacídica, para Frangos de Corte de 22 a 42 Dias de Idade, Mantidos em Estresse por Calor. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.2, p.372-382, 2003.
- VASCONCELLOS, C.H.F.; FONTES, D.O.; LARA, L.J.C.; VIDAL, T.Z.M.; SILVA, M; A.; SILVA, P.C. Determinação da energia metabolizável e balanço de nitrogênio de dietas com diferentes teores de proteína bruta para frangos de corte. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.63, n.3, p.659-669, 2011.
- VASCONCELLOS, C.H.F.; FONTES, D.O.; VIDAL, T.Z.B.; LARA, L.J.C.; RODRIGUES, P.B.; VASCONCELOS, R.J.C. Efeito de diferentes níveis de proteína bruta sobre o desempenho e composição de carcaça de frangos de corte machos de 21 a 42 dias de idade. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 34, n. 4, p. 1039-1048, 2010.
- VIANA, C. F. A.; SILVA, M. A.; PIRES, A. V.; LOPES, P. S.; LANA, G. R. Q. Influência do grupo genético e do nível de energia sobre características produtivas de frangos de corte. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 53, n. 4, p.1-9, 2001.
- VIEIRA, S.L.; ANGEL, C.R. Optimizing broiler performance using diferente amino acid density diets: What are the limits? **Applied Poultry Research**, v. 21, n.1, p.149- 155, 2012.
- VIRDEN, W.S.; THAXTON, J.P.; CORZO, A.; DOZIER, W.A.; KIDD, M.T. Evaluation of Models Using Corticosterone and Adrenocorticotropin to Induce Conditions Mimicking Physiological Stress in Commercial Broilers. **Poultry Science**, v.86, n. 12, p. 2485-2491. 2007.
- WHITEHEAD, C.C.; KELLER, T. An update on ascorbic acid in poultry. **World's Poultry Science Journal**, v.59, n.2, p.161-184, 2003.
- WALDROUP, P.W. Nutrient requirement of broilers. In: Simpósio Internacional sobre Exigências Nutricionais de Aves e Suínos, 1996, Viçosa, MG. Anais... Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 1996. p.55.
- WU, G. Dietary requirements of synthesizable amino acids by animals: a paradigm shift in protein nutrition. **Journal of Animal Science and Biotechnology**, v.5, n.34, 2014.
- YALÇIN, S., SETTAR, P., ÖZKAN, S. & CAHANER, A. Comparative evaluation of 3 commercial broiler stocks in hot versus temperate climates. **Poultry Science**, v.76, n.7, p. 921–929, 1997.
- YUNianto, D.; HAYASHI, K.; KANEDA, S. et al. Effect of environmental temperature on muscle protein turnover and heat production in tube-fed broiler chickens. **British Journal of Nutrition**, v.77, n.6, p.897-909, 1997.

- WILLIAMSON RA, MISSON BH, DAVISON TF. The effect of exposure to 40 degrees on the heat production and the serum concentrations of triiodothyronine, thyroxine, and corticosterone in immature domestic fowl. **General and Comparative Endocrinology**, v.60, n. 2, p.178-186, 1985.
- ZEFERINO, C. P. Resposta fisiológica, qualidade da carne e expressão gênica no músculo esquelético de frangos de corte sob estresse por calor que receberam antioxidantes na dieta. 2013. 98f. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Botucatu, São Paulo, 2013.

Capítulo I

Níveis de proteína e aminoácidos para frangos de corte em estresse térmico por calor

RESUMO

Este trabalho foi conduzido com o objetivo de investigar os efeitos dos níveis de proteína bruta (PB) e de aminoácidos (AA) sobre a digestibilidade dos nutrientes e energia, desempenho e a análise econômica da criação de frangos de corte expostos ao estresse cíclico por calor (EPC). Foram utilizados 336 frangos machos da linhagem Cobb, com 23 dias de idade, distribuídos em sete repetições com 12 frangos cada. As aves foram expostas a $30 \pm 1^\circ\text{C}$ por 8 horas diárias, no período de 23 a 42 dias de idade. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado em arranjo fatorial 2x2 (2 níveis de PB: 19 e 21% e 2 AA: alto e baixo). Para a digestibilidade, os frangos que receberam 19% PB apresentaram melhor digestibilidade da matéria seca que os frangos que receberam 21% PB ($P \leq 0,01$). A ração com 19% PB determinou menores valores de nitrogênio ingerido, excretado e retido pelos frangos ($P < 0,05$), comparada com a ração de 21% PB. A energia metabolizável aparente e a energia metabolizável aparente corrigida para balanço de nitrogênio foram maiores quando os frangos receberam rações com baixo AA ($P < 0,05$). O melhor ganho de peso foi obtido dos frangos que receberam ração com alto AA. A maior viabilidade foi obtida quando os frangos receberam ração com baixo AA. Rações com alto AA determinaram o maior peso relativo da moela. Para gordura abdominal, a ração com 21% PB e alto AA determinou seu maior peso relativo nos frangos do que aqueles alimentados com 21%PB e baixo AA ($P < 0,05$). Na análise econômica, o alto AA determinou o maior custo. Conclui-se que, a ração com 21% PB e baixo AA foi a mais econômica e produtivamente viável.

Palavras-chave: ambiente quente, avicultura de corte, desempenho, digestibilidade

1. INTRODUÇÃO

O comportamento dos frangos de corte é significativamente afetado quando a temperatura ambiente está acima dos limites da zona de conforto. Em ambiente quente ativam o sistema de termorregulação para minimizar os efeitos negativos gerados pelo calor: dentre esses efeitos estão a redução do consumo de ração, bem como a piora na conversão alimentar e o aumento da demanda de energia para manutenção e crescimento, além de afetar o tempo de ócio e de caminhar (Oliveira et al., 2006; Li et al., 2015). Assim, está comprovado que o estresse térmico limita a produção de frangos de corte.

A redução da ingestão de ração, embora seja uma estratégia de sobrevivência, reduz a produtividade e piora os resultados econômicos da atividade avícola. Assim, estratégias nutricionais são necessárias para ajudar os animais a reduzir a geração de calor metabólico e manter o desempenho produtivo durante o estresse térmico (Slimen et al., 2016).

A manipulação do nível de proteína da dieta para frangos de corte sob estresse térmico por calor tem duas estratégias distintas: uma delas recomenda o fornecimento de dietas de baixa proteína com suplementação de aminoácidos essenciais para limitar o incremento calórico produzido pelo metabolismo de proteínas e aminoácidos (Cheng et al., 1999). O segundo sugere o uso de dietas ricas em proteínas para compensar o menor consumo de ração (Gonzalez-Esquerre e Lesson, 2005).

De acordo com Sakomura et al. (2014), fontes proteicas são os ingredientes mais caros da ração, e a qualidade da proteína de um alimento é determinada pela composição e sequência dos seus aminoácidos, principalmente os aminoácidos essenciais. Portanto, com a utilização de níveis adequados de proteína e aminoácidos, pode-se sugerir que os custos de produção sejam reduzidos além de melhorar o desempenho dos frangos.

Neste contexto, objetivou-se determinar os efeitos dos níveis de proteína bruta e dos padrões de aminoácidos da dieta sobre a digestibilidade dos nutrientes e energia, desempenho e as eficiências econômica e produtiva de frangos criados em ambiente quente.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Este estudo foi conduzido de acordo com o padrão ético e aprovado pelo Comitê de Ética no uso de animais da instituição, certificado pelo número de protocolo 271/2016.

Foram utilizados 336 pintos machos (Cobb), alojados em sala climatizada em 28 gaiolas de metabolismo equipadas com bebedouros, comedouros e coletores de excretas. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado em arranjo fatorial 2x2 (dois níveis de proteína bruta e dois padrões de aminoácidos), totalizando quatro tratamentos com sete repetições de 12 aves cada.

No período de 1 a 22 dias de idade (período pré-experimental), os frangos foram criados em gaiolas metálicas, no mesmo laboratório, sob condições termoneutras de acordo com a idade.

As dietas foram formuladas com base nas recomendações da linhagem comercial de frangos de corte utilizada (Cobb 2009) (Tabela 1).

Aos 23 dias, os frangos foram pesados e distribuídos uniformemente aos tratamentos. Nesta fase, o programa de iluminação utilizado foi de 16 horas de luz (4h às 20h) e 08h de escuro (20h às 4h), para repouso sempre em temperaturas termoneutras.

Tabela 1. Composição percentual e valores nutricionais calculados das dietas para os frangos no período pré experimental (1 a 22 dias de idade)

| Ingredientes | Composição (%) |
|--|-----------------------|
| Milho moído | 58,5000 |
| Farelo de soja (45% PB) | 32,0000 |
| Farinha de carne e ossos (40% PB) | 5,5000 |
| Óleo de soja | 2,3750 |
| Suplemento vitamínico/mineral ¹ | 0,4000 |
| Sal comum | 0,3375 |
| DL-Metionina (99%) | 0,3375 |
| L-Lisina HCl (78,5%) | 0,1900 |
| Calcário | 0,2850 |
| L-Treonina (99%) | 0,0750 |
| L-Triptofano (99%) | 0,0000 |
| Total | 100,00 |
| Composição calculada | |
| Proteína Bruta (%) | 21,9694 |
| Energia metabolizável (kcal/kg) | 3,0072 |
| Cálcio (%) | 0,9452 |
| Fósforo disponível (%) | 0,4502 |
| gordura (%) | 5,6328 |
| Lisina digestível (%) | 1,1783 |
| Metionina digestível (%) | 0,6149 |
| Metionina + cistina digestível (%) | 0,8892 |
| Treonina Digestível(%) | 0,7715 |
| Triptofano digestível(%) | 0,2231 |

| | |
|-----------|--------|
| Sódio (%) | 0,1911 |
|-----------|--------|

¹Suplementação Vitamínico Mineral: Vit. A 13,685UI, Vit. D3 3,157UI, Vit. E 35,0 mg, Vit. K3 4,410mg, Vit. B1 2,415mg, Vit. B2 8,662,5mg, Vit. B6 5,460mg, Vit. B12 21,315mcg, Biotina 96,250mcg, Niacina 53,900mg, Ac. Fólico 1,228,5mg, Ac. pantotênico 13,860mg, Selênio 0,3mg, Iodo 1,0mg, Ferro 30,0 mg, Cobre 10,0mg, Manganês 90,0mg, Zinco 80,0mg.

2.1. Tratamentos experimentais

As aves de todos os tratamentos foram submetidas ao estresse cíclico por calor dos 23 aos 42 dias de idade. Para caracterizar e simular um ambiente crítico experimentalmente, causando estresse térmico cíclico, foi realizada uma variação alternada das condições térmicas, sendo 16h (16h às 8h) de $23 \pm 1^\circ\text{C}$; $60 \pm 2\%$ UR e 8h (8h às 16h) de $30 \pm 1^\circ\text{C}$; $60 \pm 2\%$ de UR.

Os tratamentos consistiram de quatro dietas com dois níveis de proteína bruta (21 e 19%) e dois padrões de aminoácidos (alto e baixo):

- A) 21% PB e inclusão de alto padrão de aminoácidos
- B) 21% PB e inclusão de baixo padrão de aminoácidos
- C) 19% PB e inclusão de alto padrão de aminoácidos
- D) 19% PB e inclusão de baixo padrão de aminoácidos

As dietas com baixo padrão de aminoácidos foram formuladas com base nas recomendações da linhagem comercial de frangos de corte utilizada (Cobb 2009) e as dietas com alto padrão de aminoácidos foram formuladas de forma que obtiveram no mínimo 12% e no máximo 23% de aminoácidos excedendo a recomendação, conforme a Tabela 2.

Tabela 2. Diferença, em porcentagem, entre os padrões alto e baixo de aminoácidos em cada nível de proteína avaliado

| Aminoácido | Nível de proteína bruta | |
|------------------------------------|-------------------------|-----|
| | 19% | 21% |
| Lisina digestível (%) | 18 | 18 |
| Metionina + Cistina digestível (%) | 12 | 12 |
| Isoleucina digestível (%) | 18 | 18 |
| Arginina digestível (%) | 18 | 18 |
| Treonina digestível (%) | 13 | 13 |
| Triptofano digestível (%) | 20 | 23* |
| Valina digestível (%) | 21 | 21 |

* mínimo de valor permitido em função do nível de proteína utilizado

As dietas foram fornecidas à vontade durante o período experimental. A composição alimentar utilizada no experimento e seus respectivos níveis nutricionais calculados estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3. Composição percentual e valores nutricionais das dietas com diferentes níveis de proteína bruta e padrões de aminoácidos para frangos de corte de 23 a 43 dias de idade, criados em ambiente quente

| Ingredientes | Proteína Bruta (%) | | | |
|---|--------------------|---------|----------|---------|
| | 19 | 19 | 21 | 21 |
| | Baixo AA | Alto AA | Baixo AA | Alto AA |
| Milho grão | 64,4667 | 63,7163 | 58,0217 | 56,8030 |
| Farelo de soja (45% PB) | 26,2283 | 25,3665 | 31,7415 | 31,2550 |
| Farinha de carne e ossos (40% PB) | 4,5245 | 4,5505 | 4,7392 | 4,4400 |
| Óleo de soja | 3,3726 | 3,8800 | 4,4003 | 5,1000 |
| Suplement Vitaminico-mineral ¹ | 0,4000 | 0,4000 | 0,4000 | 0,4000 |
| Sal comum | 0,3772 | 0,3772 | 0,3738 | 0,3790 |
| DL-Metionina (99%) | 0,2423 | 0,3405 | 0,1946 | 0,2980 |
| L-Lisina HCl (78, 5%) | 0,0969 | 0,3565 | 0,0000 | 0,2650 |

| | | | | |
|-------------------------|--------|--------|--------|--------|
| Calcário | 0,1760 | 0,1500 | 0,0701 | 0,1780 |
| L-Treonina (99%) | 0,0370 | 0,1463 | 0,0000 | 0,1120 |
| L-Valina (99%) | 0,0000 | 0,1860 | 0,0000 | 0,2050 |
| L-Isoleucina (99%) | 0,0000 | 0,1490 | 0,0000 | 0,1620 |
| Cloreto de colina (60%) | 0,0785 | 0,0832 | 0,0588 | 0,0640 |
| L-Arginina (99%) | 0,0000 | 0,2500 | 0,0000 | 0,2800 |
| L-Triptofano (99%) | 0,0000 | 0,0480 | 0,0000 | 0,0600 |
| L- Histidina | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 |
| Fenil+Tirosina | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 |
| Total | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |

Composição calculada

| | | | | |
|------------------------------------|---------|---------|---------|---------|
| Proteína Bruta (%) | 19,2000 | 19,2000 | 21,2000 | 21,2000 |
| Energia Metabolizável (kcal/kg) | 3,1500 | 3,1500 | 3,1500 | 3,1500 |
| Cálcio (%) | 0,7600 | 0,7513 | 0,7600 | 0,7592 |
| Fósforo disponível (%) | 0,3800 | 0,3797 | 0,4000 | 0,3789 |
| Colina (mg/Kg) | 1680,0 | 1680,0 | 1680,0 | 1680,0 |
| Gordura (%) | 6,6278 | 6,9098 | 7,5283 | 8,1343 |
| Lisina Digestível (%) | 0,9500 | 1,1291 | 1,0102 | 1,1971 |
| Metionina digestível (%) | 0,4936 | 0,5841 | 0,4696 | 0,5649 |
| Metionina + cistina digestível (%) | 0,7400 | 0,8246 | 0,7400 | 0,8303 |
| Isoleucina Digestível (%) | 0,7021 | 0,8298 | 0,7953 | 0,9392 |
| Arginina digestível (%) | 1,1811 | 1,3966 | 1,3418 | 1,5885 |
| Treonina digestível (%) | 0,6500 | 0,7338 | 0,6912 | 0,7792 |
| Triptofano digestível (%) | 0,1912 | 0,2306 | 0,2202 | 0,2723 |
| Valina digestível (%) | 0,7752 | 0,9384 | 0,8683 | 1,0519 |

| | | | | |
|----------------------------------|--------|--------|--------|--------|
| Fenil. digestível (%) | 0,8500 | 0,8286 | 0,9527 | 0,9345 |
| Fenil. + tirosina digestível (%) | 1,4455 | 1,4089 | 1,6206 | 1,5900 |
| Glicina + cerina total (%) | 1,9628 | 1,9213 | 2,1802 | 2,1269 |
| Histidina digestível (%) | 0,4544 | 0,4433 | 0,5042 | 0,4947 |
| Leucina digestível (%) | 1,5064 | 1,4723 | 1,6300 | 1,5981 |
| Sódio (%) | 0,2000 | 0,2000 | 0,2000 | 0,2000 |

¹ Suplemento vitamínico/ mineral: vitamina A (9,775 IU), vitamina D3 (2,255 IU), vitamina E (25,0 mg), vitamina K3 (3,150 mg), vitamina B1 (1,725 mg), vitamina B2 (6,1875 mg), vitamina B6 (3,900 mg), vitamina B12 (15,225 mcg), biotina (68,750 mcg), niacina (38,500 mg), ácido fólico (0,87 mg), ácido pantotênico (9,900 mg), Selenio (0,21 mg), I (1,0 mg), Fe (30,0mg), Cu (10,0 mg), Mn (90,0mg), Zn (80,0mg).

2.2. Variáveis avaliadas:

2.2.1. Digestibilidade dos nutrientes e energia

A digestibilidade dos nutrientes (proteína bruta, extrato etéreo e matéria seca), energia metabolizável aparente (EMA) e energia metabolizável aparente corrigida para balanço de nitrogênio (EMAn) das dietas foram determinadas pelo método tradicional de coleta de excretas. As quantidades de rações oferecidas e as sobras foram pesadas diariamente e as excretas foram coletadas duas vezes ao dia por quatro dias (dos 27 aos 30 dias de idade dos frangos).

Todo material coletado foi armazenado em sacos plásticos, pesado e armazenado em câmara de congelamento (-15°C). Posteriormente, as excretas foram homogeneizadas para coleta de amostras e colocadas em estufa de ventilação forçada a 65°C por 72 horas para pré-secagem. Após a pré-secagem, o material foi exposto por duas horas à temperatura ambiente, pesado, e moído em moinho tipo faca com peneira de 1mm. Foram feitas as análises para a determinação de matéria seca, proteína bruta, energia bruta e extrato etéreo.

As rações experimentais também foram analisadas para matéria seca, proteína bruta, extrato etéreo e energia bruta (EB) conforme técnicas descritas por AOAC (1995). A EB foi determinada em bomba calorimétrica adiabática de acordo com a metodologia descrita por Silva e Queiroz (2002). Todas as análises foram feitas no laboratório de nutrição animal da Escola de Veterinária da UFMG.

O coeficiente de digestibilidade dos nutrientes foi calculado a partir dos dados de consumo de ração, produção de excretas e resultados das análises laboratoriais, de acordo com a equação:

$$\text{Digestibilidade do nutriente (\%)} = \frac{\text{nutriente ingerido (g)} - \text{nutriente excretado(g)}}{\text{nutriente ingerido(g)}} \times 100$$

EMA e EMAn foram calculados a partir do consumo de matéria seca, da determinação dos valores de energia bruta e do nitrogênio das rações e das excretas, como descrito por Matterson et al. (1965).

$$\text{EMA} = \frac{(\text{MS ingerida} \times \text{EB ração}) - (\text{MS excretada} \times \text{EB excretada})}{\text{MS ingerida}}$$

$$\text{EMAn} = \frac{(\text{MS ingerida} \times \text{EB ração}) - (\text{MS excretada} \times \text{EB excretada}) - 8.22 \text{ BN}}{\text{MS ingerida}}$$

BN= Balanço de nitrogênio

8.22 = fator correspondente à 8,22Kcal de energia bruta por cada grama de nitrogênio retido (Hill and Anderson, 1958).

$$\text{BN} = (\text{MS ingerida} \times \text{N ração}) - (\text{MS excretada} \times \text{N excretado})$$

O balanço de nitrogênio (BN) foi calculado pela diferença entre o consumo de nitrogênio (NI) e a perda de nitrogênio na excreta (NE). Desta forma, a retenção de nitrogênio (NR) também foi

obtida. A partir desses valores, calculou-se a eficiência de utilização de nitrogênio ($EUN = 100 * (NR/NI)$) conforme descrito por Sakomura e Rostagno (2007).

2.2.2 Desempenho

As variáveis de desempenho avaliadas foram: ganho de peso (g/ave), consumo de ração (g/ave), conversão alimentar (g ração consumida/g ganho de peso), peso relativo de órgãos linfóides e viabilidade. Para isso, os frangos foram pesados no início e no final do período experimental para determinar o ganho de peso. O consumo de ração foi calculado como a diferença entre o total de ração fornecida e as sobras, e foi corrigido pela mortalidade, quando houve. Com base no consumo de ração e no ganho de peso, foi calculada a conversão alimentar.

Aos 43 dias de idade foram escolhidos aleatoriamente e abatidos 28 frangos, sendo um de cada repetição. Para isto, os frangos foram mantidos em jejum por 12 horas. Avaliou-se o peso relativo do peito, coração, moela, intestino, fígado e gordura abdominal. Para determinar o peso relativo dos órgãos linfóides, estes foram removidos, secos em papel toalha e pesados em balança de precisão. Para a determinação do peso relativo desses órgãos, considerou-se o peso de cada víscera individualmente em relação ao peso da ave viva em jejum obtido antes do abate.

2.3 Análise econômica

A comparação dos resultados econômicos entre os tratamentos foi realizada avaliando-se o custo médio da ração fornecida aos frangos por quilo de carne produzida e o índice de eficiência econômica (IEE), segundo as metodologias propostas por Bellaver et al. (1985) e Barbosa et al. (1992). O IEE foi determinado a partir do custo médio por quilo de frango produzido.

O custo médio por repetição para cada tratamento foi calculado utilizando o custo por quilograma de frango produzido de acordo com a metodologia proposta por Bellaver et al. (1985):

$$Y_i = (Q_i \times P_i) / G_i$$

Onde:

Y_i = custo médio de alimentação por quilograma de peso vivo, produzido no i-ésimo tratamento

Q_i = quantidade de ração consumida no i-ésimo tratamento.

P_i = preço da ração consumida no i-ésimo tratamento

G_i = ganho de peso do i-ésimo tratamento verificado no período..

O índice de eficiência econômica (IEE), por sua vez, foi determinado de acordo com Barbosa et al. (1992):

$$IEE = (MCM_e / CM_{ei}) \times 100:$$

MCM_e = ração de menor custo observado entre os tratamentos

CM_{ei} = custo do tratamento i considerado.

2.4. Índice de eficiência produtiva (IEP)

O índice de eficiência produtiva (IEP) foi calculado considerando o ganho de peso diário (Kg) x viabilidade (%) / conversão alimentar x 100. O IEP foi calculado apenas durante o período experimental, que foi dos 23 aos 42 dias de idade das aves.

2.5. Análise estatística

Os dados para todas as variáveis a serem analisadas foram avaliados quanto à normalidade de variância pelo teste de Shapiro-Wilk, e foram atendidos os pressupostos. O modelo estatístico geral utilizado nas análises pode ser descrito como:

$$Y_{ijk} = \mu + PB_i + AA_j + (PB * AA)_{ij} + e_{ijk}; \text{ onde:}$$

Y_{ijk} = representa o valor observado para a característica da unidade experimental que recebeu o nível de proteína i (19 ou 21%), o padrão de aminoácido j (alto ou baixo), na repetição k;

μ = media geral de cada observação;

PB= efeito dos níveis de proteína;

AA_j , efeito dos padrões de aminoácidos;

$(PB * AA)_{ij}$, efeito da interação entre os níveis de proteína e padrões de aminoácidos avaliados;

e_{ijk} = o resíduo (erro) associado a cada observação Y_{ijk} .

As análises de variância foram realizadas no PROC GLM do SAS (software estatístico: *Statistical Analysis System*, 2002) para testar os efeitos de cada tratamento e a interação entre eles. Se houve efeito significativo da interação entre os fatores (níveis de proteína e padrão de

aminoácidos), o desdobramento foi realizado, ou se apenas os principais efeitos do nível de proteína e / ou efeito do padrão de aminoácido foram significativos, as médias foram comparadas pelo teste F. Quando os pressupostos para a análise de variância não foram atendidos, foi utilizado o teste de Kruskal-Wallis.

3. RESULTADOS

3.1. Digestibilidade dos nutrientes e energia

Não houve interação ($P > 0,05$) entre os níveis de proteína e padrões de aminoácidos estudados, nem efeito ($P > 0,05$) dos níveis de aminoácidos sobre a digestibilidade da matéria seca, proteína bruta e extrato etéreo. Também não houve efeito ($P > 0,05$) dos níveis de proteína bruta na digestibilidade da proteína e do extrato etéreo. Os níveis de proteína influenciaram ($P \leq 0,01$) o CDMS independente dos níveis de aminoácidos avaliados. Aves alimentadas com as rações que continham 19% PB apresentaram melhor digestibilidade da matéria seca comparadas com as que receberam ração com 21% PB (Tabela 4).

Tabela 4. Coeficientes de digestibilidade da matéria seca (CDMS), proteína bruta (CDPB) e do extrato etéreo (CDEE) das rações com diferentes níveis de proteína bruta (PB) e padrões de aminoácidos (AA) para frangos de corte de 23 a 42 dias, criados em ambiente com estresse por calor

| Proteína Bruta (%) | AA | CDMS | CDPB | CDEE |
|--------------------|-------|--------------------|--------|--------|
| 19 | Alto | 78,18 | 66,42 | 82,76 |
| | Baixo | 76,78 | 65,87 | 82,34 |
| 21 | Alto | 74,82 | 65,54 | 82,80 |
| | Baixo | 74,84 | 65,78 | 83,61 |
| Valor de P PB*AA | | 0,4078 | 0,8302 | 0,3974 |
| PB | | | | |
| 19% | | 77,48 ^a | 66,15 | 82,55 |
| 21% | | 72,83 ^b | 65,66 | 83,21 |
| Valor de P PB | | 0,0045 | 0,7906 | 0,3640 |
| AA | | | | |
| Alto | | 76,50 | 65,98 | 82,78 |
| Baixo | | 75,81 | 65,82 | 82,98 |
| Valor de P AA | | 0,4243 | 0,9303 | 0,7832 |
| Média Geral | | 76,16 | 65,90 | 82,88 |
| CV (%) | | 2,93 | 7,28 | 2,27 |

Médias seguidas por letras diferentes diferem entre si pelo teste F.

CV= coeficiente de variação.

3.1.1. Nitrogênio, EMA e EMAn

Na Tabela 5 estão apresentados os resultados de nitrogênio, EMA e EMAn. Não houve interação ($P>0,05$) entre os níveis de proteína e padrões de aminoácidos estudados para os valores de nitrogênio ingerido, excretado e retido bem como para os valores da eficiência de utilização do nitrogênio, energia metabolizável aparente e energia metabolizável aparente corrigida para balanço de nitrogênio. Os níveis de proteína influenciaram a ingestão, excreção e retenção de nitrogênio nos frangos. Frangos que receberam rações com 19% PB apresentaram menor ingestão, excreção e retenção de nitrogênio que aqueles que receberam 21% PB ($P<0,05$). Os padrões de aminoácidos influenciaram os valores de EMA e EMAn ($P<0,05$). Os frangos que

receberam o padrão baixo apresentaram maiores valores de EMA e EMAn em comparação aos frangos que receberam o padrão alto.

Tabela 5. Valores de nitrogênio ingerido (NI), excretado (NE), retido (NR), eficiência da utilização do nitrogênio (EUN) e valores da energia metabolizável aparente (EMA) e corrigida para balanço de nitrogênio (EMAn) na matéria seca das rações com diferentes níveis de proteína bruta (PB) e padrões de aminoácidos (AA) para frangos de corte de 23 a 42 dias, criados em ambiente com estresse por calor

| Proteína Bruta | AA | Variáveis | | | | | |
|------------------|-------|---------------------|--------------------|---------------------|--------|----------------------|----------------------|
| | | NI (g) | NE(g) | NR(g) | EUN(g) | EMA(g) | EMAn(g) |
| 19 | Alto | 252,96 | 84,07 | 168,89 | 66,42 | 3617,57 | 3444,57 |
| | Baixo | 252,25 | 86,18 | 166,06 | 65,87 | 3705,86 | 3526,29 |
| 21 | Alto | 275,51 | 93,80 | 181,72 | 65,55 | 3660,71 | 3470,86 |
| | Baixo | 299,39 | 102,48 | 196,91 | 65,77 | 3747,86 | 3540,14 |
| Valor de P PB*AA | | 0,1562 | 0,4225 | 0,3230 | 0,8323 | 0,9874 | 0,8418 |
| PB | | | | | | | |
| 19% | | 252,60 ^b | 85,13 ^b | 167,48 ^b | 66,15 | 3661,71 | 3485,43 |
| 21% | | 287,45 ^a | 98,14 ^a | 189,32 ^a | 65,66 | 3704,29 | 3505,50 |
| Valor de P PB | | 0,0004 | 0,0036 | 0,0221 | 0,7914 | 0,2450 | 0,5208 |
| AA | | | | | | | |
| Alto | | 264,24 | 88,93 | 175,30 | 65,99 | 3639,14 ^b | 3457,71 ^b |
| Baixo | | 275,82 | 94,33 | 181,49 | 65,82 | 3726,86 ^a | 3533,21 ^a |
| Valor de P AA | | 0,1806 | 0,1927 | 0,4950 | 0,9286 | 0,0217 | 0,0219 |
| Média Geral | | 270,03 | 91,63 | 178,40 | 65,90 | 3683,00 | 3495,46 |
| CV (%) | | 8,23 | 11,63 | 13,24 | 7,28 | 2,57 | 2,33 |

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si pelo teste F.

CV= coeficiente de variação.

3.2. Desempenho

Os resultados de desempenho (consumo de ração, ganho de peso, conversão alimentar e viabilidade) dos frangos estão apresentados na tabela 6. Não houve interação ($P>0,05$) entre os níveis de proteína e padrões de aminoácidos nem efeito dos níveis de proteína para nenhum dos parâmetros de desempenho avaliados.

Os padrões de aminoácidos estudados influenciaram ($P<0,05$) o ganho de peso e a viabilidade dos frangos. Os frangos que receberam ração com o padrão alto de aminoácidos tiveram maior ganho de peso em relação aos que receberam ração com baixo padrão de aminoácidos. E os frangos que receberam o padrão baixo apresentaram maior viabilidade em comparação aos que receberam o padrão alto.

Tabela 6. Médias de peso inicial (PI), consumo de ração (CR), ganho de peso (GP), conversão alimentar (CA) e viabilidade dos frangos de corte de 23 a 42 dias de idade, que receberam rações com diferentes níveis de proteína bruta (PB) e padrões de aminoácidos (AA) e criados em ambiente com estresse por calor

| Proteína bruta (%) | AA | Desempenho | | | | Viabilidade (%) |
|--------------------|-------|------------------------------------|--------|-------------------|--------|--------------------|
| | | PI (Kg) aos 23 dias de idade | CR | GP | CA | |
| 19 | Alto | 1,045 | 2,93 | 1,89 | 1,56 | 90,48 |
| | Baixo | 1,033 | 2,69 | 1,75 | 1,55 | 97,62 |
| 21 | Alto | 1,020 | 2,76 | 1,89 | 1,47 | 94,05 |
| | Baixo | 1,044 | 2,73 | 1,85 | 1,48 | 97,62 |
| Valor de P PB*AA | | 0,9517 | 0,2312 | 0,1781 | 0,8425 | 0,4511 |
| Proteína | | | | | | |
| 19% | | | 2,81 | 1,82 | 1,55 | 94,05 |
| 21% | | | 2,75 | 1,87 | 1,47 | 95,83 |
| Valor de P PB | | | 0,4650 | 0,1539 | 0,1076 | 0,4511 |
| Aminoácido | | | | | | |
| Alto | | | 2,85 | 1,89 ^a | 1,51 | 92,26 ^b |
| Baixo | | | 2,71 | 1,80 ^b | 1,51 | 97,62 ^a |
| Valor de P AA | | | 0,1167 | 0,0216 | 0,9774 | 0,0306 |
| Média Geral | | | 2,77 | 1,84 | 1,51 | 94,94 |

CV (%)

7,96

5,23

8,27

Médias seguidas por letras distintas no fator aminoácido diferem entre si pelo teste F. ¹Para a viabilidade, medias seguidas por letras distintas diferem entre si pelo teste de Kruskal-Wallis a 5% de probabilidade.

CV= coeficiente de variação.

3.2.1. Peso relativo de órgãos

Os resultados de peso relativo dos órgãos digestivos, do peito, coração e gordura abdominal estão apresentados nas tabelas 7. Não houve efeito dos tratamentos ($P > 0,05$) sobre o peso relativo do peito, coração, fígado e intestino. Para o peso relativo da moela, houve efeito dos padrões de aminoácidos ($P < 0,05$), os frangos que receberam ração com padrão alto de aminoácido apresentaram maior peso relativo desse órgão. Houve interação ($P < 0,05$) entre os níveis de proteína e padrões de aminoácidos para peso relativo da gordura abdominal: a ração com 21% PB e padrão alto de aminoácidos determinou seu maior peso relativo nos frangos em comparação aos que receberam 21% PB e padrão baixo de aminoácidos (Tabela 8).

Tabela 7. Pesos relativos do peito, coração e órgãos digestivos (fígado, moela e intestino) de frangos de corte, aos 43 dias de idade, criados em ambiente quente e recebendo dietas com diferentes níveis de proteína bruta e padrões de aminoácidos

| Proteína bruta (%) | AA | Peso relativo (%) | | | | | |
|-----------------------|-------|-------------------|---------|--------|--------|-----------|---------|
| | | Peito | Coração | Fígado | Moela | Intestino | Gordura |
| 19 | Alto | 27,39 | 0,4680 | 1,64 | 1,7204 | 2,4678 | 1,1015 |
| | Baixo | 27,02 | 0,4450 | 1,59 | 1,5893 | 2,4416 | 1,1757 |
| 21 | Alto | 26,02 | 0,4336 | 1,63 | 1,6835 | 2,6319 | 1,4077 |
| | Baixo | 26,22 | 0,4527 | 1,66 | 1,6042 | 2,6629 | 0,9932 |
| Valor de P PB*AA | | 0,6267 | 0,1723 | 0,4513 | 0,5518 | 0,8062 | 0,0221 |
| PB | | | | | | | |
| 19% | | 27,20 | 0,4565 | 1,62 | 1,6548 | 2,4547 | 1,1386 |
| 21% | | 26,12 | 0,4432 | 1,64 | 1,6438 | 2,6460 | 1,2005 |
| Valor de P PB | | 0,0771 | 0,3798 | 0,6448 | 0,7993 | 0,9836 | 0,5368 |
| AA | | | | | | | |

| | | | | | | |
|---------------|--------|--------|--------|---------------------|--------|--------|
| Alto | 26,71 | 0,4508 | 1,63 | 1,7019 ^a | 2,5499 | 1,2546 |
| Baixo | 26,62 | 0,4489 | 1,62 | 1,5967 ^b | 2,5422 | 1,0845 |
| Valor de P AA | 0,8822 | 0,8974 | 0,8691 | 0,0232 | 0,1098 | 0,0994 |
| Média | | | | | | |
| Geral | 26,66 | 0,4499 | 1,63 | 1,6434 | 2,5462 | 1,1695 |
| CV (%) | 5,33 | 8,09 | 9,32 | 6,35 | 10,79 | 20,62 |

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si pelo teste F.

CV= coeficiente de variação.

Tabela 8. Interação entre os níveis de proteína e padrões de aminoácidos da dieta sobre o peso relativo da gordura de frangos de corte criados em estresse térmico por calor

| Variável | Peso relativo gordura | | |
|----------|-----------------------|----------------------|----------------------|
| | PB | AA | |
| | | Alto | Baixo |
| 19 % | | 1,1015 ^{aA} | 1,1757 ^{aA} |
| 21 % | | 1,4077 ^{aA} | 0,9932 ^{aB} |

Médias seguidas por letras distintas, maiúsculas na linha e minúscula na coluna, diferem entre si pelo teste F.

3.3. Análise econômica

Os resultados de custos, índice de eficiência econômica (IEE) e índice de eficiência produtiva (IEP) das rações avaliadas estão apresentados na tabela 9.

Houve diferença estatística entre os padrões de aminoácidos estudados ($P \leq 0,01$) para o custo das rações, sendo que o padrão alto de aminoácidos determinou o maior custo. Verificou-se que, para os dois níveis de proteína estudados, os maiores custos das rações/kg frango produzido foram determinados à medida que mais aminoácidos foram incluídos nas fórmulas. O índice de eficiência econômica foi melhor quando utilizou-se o baixo padrão de aminoácido nos dois níveis de proteína avaliados. O índice de eficiência produtiva foi influenciado ($P < 0,05$) pelos níveis de proteína da ração, sendo maior ao nível de 21% PB.

Tabela 9. Custo da ração, custo/ kg frango produzido e índice de eficiência econômica (IEE) das rações com diferentes níveis de proteína e padrões de aminoácidos, fornecidas aos frangos criados em ambiente com estresse por calor

| Proteína bruta (%) | AA | Características | | | |
|-----------------------|-------|----------------------|--|-------|---------------------|
| | | Custo da ração (R\$) | Custo ração/ Kg ave produzida (R\$/Kg) | IEE % | IEP |
| 19 | Alto | 1,08 | 1,7844 | 71 | 582,45 |
| | Baixo | 0,81 | 1,2725 | 100 | 584,45 |
| 21 | Alto | 1,15 | 1,7614 | 72 | 644,48 |
| | Baixo | 0,85 | 1,2831 | 99 | 645,00 |
| Valor de P PB*AA | | | 0,8162 | | 0,9786 |
| Proteína | | | | | |
| 19% | | | 1,5285 | | 583,45 ^b |
| 21% | | | 1,5222 | | 644,74 ^a |
| Valor de P Proteína | | | 0,9311 | | 0,0339 |
| Aminoácido | | | | | |
| Alto | | | 1,7729 ^a | | 613,47 |
| Baixo | | | 1,2778 ^b | | 614,73 |
| Valor de P Aminoácido | | | <0,0001 | | 0,9635 |
| Média Geral | | | 1,5253 | | 614,10 |
| CV (%) | | | 12,35 | | 11,73 |

Médias seguidas por letras diferentes diferem entre si pelo teste F.

Para IEE não realizou-se análise estatística dos dados.

4. DISCUSSÃO

4.1. Digestibilidade

A melhor digestibilidade da matéria seca obtida quando os frangos receberam o menor nível proteico pode ser justificada uma vez que no presente estudo a ração mais proteica apresentou em sua formulação maior inclusão de farelo de soja, de acordo com Viola et al. (2008), essa

maior inclusão tem como consequência a maior participação de carboidratos (estaquiose e rafinose) de baixa digestibilidade, em relação ao milho que em sua fração glicídica é constituído principalmente de amido. Esta menor digestibilidade se deve à baixa capacidade digestiva das aves, sobretudo no intestino grosso, destes oligossacarídeos em função da ausência da enzima α -galactosidase. A viscosidade da dieta também pode ser aumentada com o aumento do farelo de soja nas formulações, piorando a digestibilidade da matéria seca (Refstie et al., 1999).

Os resultados encontrados neste estudo corroboram os obtidos por Silva (2004) que observou que rações com 14 e 16% PB e suplementadas com aminoácidos apresentaram melhor digestibilidade da matéria seca em comparação com a ração de 18% PB, provavelmente, em função da maior taxa de absorção dos aminoácidos industriais em comparação com a proteína intacta ou melhor digestibilidade relacionada à maior eficiência do uso da proteína pelos animais alimentados com teores mais baixos de proteína na ração.

De forma semelhante, Vasconcellos et al. (2011) encontraram melhora no aproveitamento da matéria seca com menores níveis (15 e 17%) de PB das dietas, além de melhor digestibilidade da energia bruta nos frangos de corte aos 29 dias de idade.

4.1.1 Nitrogênio, EMA e EMAn

No presente trabalho, o maior nível de proteína determinou as maiores ingestão e excreção de nitrogênio, porém a retenção de nitrogênio foi, também, maior. Dietas com alto teor de proteína têm sido associadas a maiores perdas energéticas relacionadas à desaminação do excesso de aminoácidos e, com isso, a síntese e a excreção de ácido úrico nas excretas das aves (Vasconcellos et al., 2011). No entanto, não houve diferença entre os níveis de proteína avaliados para os valores de energia determinados (EMA e EMAn) e isto pode ser justificado pela maior inclusão de óleo nas rações mais proteicas, atribuída ao aumento da disponibilidade

dos nutrientes dos ingredientes da ração, e ao efeito extra calórico dos lipídeos, que resulta em melhoria da eficiência energética refletindo em melhor aproveitamento dos nutrientes de forma geral.

Da mesma forma, Faria Filho et al. (2007) encontraram que a ingestão e a excreção de nitrogênio foram maiores à medida que aumentavam os níveis de proteína na dieta. Porém, observaram que a eficiência de retenção do nitrogênio diminuiu em aves alimentadas com 23% de proteína bruta em comparação com as aves que receberam 17 ou 20% PB, o que não aconteceu neste trabalho.

Os resultados obtidos também corroboram os achados por Vasconcellos et al. (2011), no qual, as dietas de baixa PB permitiram melhor digestibilidade da MS e consequente redução da excreção de nitrogênio. Esses autores observaram redução de 26,3% da eliminação de nitrogênio quando reduziram o teor de PB da dieta de 21 para 19% e nas dietas de 17 e 15% PB esses valores foram de 39,5 e 49,6%. Portanto, a redução da proteína dietética pode ser também, uma ferramenta para diminuir o poder poluente dos dejetos da produção animal, desde que não prejudique o desempenho.

Para os valores de EMA e EMAn, os valores de EMA em geral foram maiores que de EMAn, devido ao balanço positivo de nitrogênio, que caracteriza a amplitude da retenção de nitrogênio pelas aves.

A diferença nos valores de EMA e EMAn entre os frangos que recebiam os diferentes padrões de aminoácidos evidencia a maior eficiência de utilização da energia pelos frangos quando recebem teores reduzidos desse nutriente na ração, visto que o excesso pode causar desbalanço entre aminoácidos, gerar maior gasto energético para o animal, aumentar o desperdício de matéria prima e excreção de nitrogênio para o ambiente, além de causar redução na eficiência alimentar.

De acordo com Sklan e Plavnik (2002), as rações de frangos de corte devem ser formuladas para fornecer aminoácidos suficientes para a síntese proteica e o excesso destes pode resultar em queda na eficiência de utilização e aumento da exigência de aminoácidos essenciais. Dessa forma, com aminoácido em excesso, a ave gasta energia para eliminar o excesso de N; energia que deveria estar sendo utilizada na manutenção corporal (Vasconcellos et al., 2010), já que a proteína da dieta é uma fonte ineficiente de energia quando utilizada em outras propostas que não a deposição proteica. Além dos ATPs gastos na síntese e catabolismo de proteínas, existe a perda de energia na eliminação do excesso de nitrogênio como ácido úrico (Van Milgen & Noblet, 2003).

4.2. Desempenho

Por não ter havido efeito dos tratamentos avaliados sobre o consumo de ração e conversão alimentar dos frangos aos 42 dias, pode-se sugerir que, apesar das diferenças nutricionais existentes, as aves ajustaram o consumo durante as horas de temperaturas mais amenas do dia, uma vez que, o estresse por calor ao qual as aves foram submetidas foi de caráter cíclico. Dessa forma, o período de termoneutralidade pode ter favorecido o consumo de ração pelas aves, assim como relatado por Soares (2014).

Vasconcellos et al. (2010) observaram que as aves que consumiram dietas com níveis de proteína mais baixos (17 e 15%) aumentaram o consumo de ração, provavelmente na tentativa de suprir alguma deficiência nutricional. Esse aumento de consumo, não refletiu em aumento de ganho de peso, o que piorou a conversão alimentar desses animais. Por outro lado, de acordo com Oliveira et al. (2010), o nível de proteína da ração para frangos de corte criados em ambiente quente pode ser reduzido de 21,6 para 17,6% quando a ração for suplementada com aminoácidos industriais,

uma vez que essa redução não prejudicou as características de desempenho dos frangos deste estudo.

Em contraste com o presente estudo, Attia e Hassan (2017) observaram um aumento significativo no ganho de peso corporal, no consumo de ração e viabilidade de frangos quando o nível de proteína da ração aumentou: aumento do nível de proteína na dieta, de 19 para 22%, aumentou significativamente o ganho de peso 11,3%, consumo de ração de 7,7%, ingestão de proteína de 25,7% e conversão alimentar de 4,0%. Esses resultados indicaram que o aumento na concentração de proteína foi benéfico para frangos criados sob estresse calórico crônico.

No presente estudo, os frangos que receberam ração com baixo padrão de aminoácidos apresentaram menor ganho de peso, o que pode ser explicado pela maior exigência de aminoácidos para deposição de carne magra na carcaça, apresentada pelos frangos de corte de alto potencial genético em todas as fases de criação (Sklan e Plavnik, 2002).

Além disso, à medida que a temperatura ambiente se afasta da zona de conforto térmico, as concentrações plasmáticas de corticosterona aumentam progressivamente. Dentre outros efeitos, elevados níveis de corticosterona causam aumento da ingestão de água, que causa diluição, promovendo mudanças no pH e na osmolaridade da digesta, além de aumentar a taxa de passagem dos alimentos (Yunianto et al., 1997). Em função disto, foi observada redução na digestão da matéria seca, proteína, energia bruta e carboidratos, comprovando que o estresse reduz a digestibilidade dos nutrientes e, conseqüentemente, o desempenho do animal (Puvadolpirod e Thaxton, 2000).

A maior mortalidade observada para os frangos que receberam padrão alto de aminoácido pode ser reflexo do maior ganho de peso destas aves em relação a menor tolerância das aves mais pesadas às altas temperaturas. De acordo com Zuidhof et al. (2014), as trocas térmicas com o

ambiente são dificultadas pelo maior peso corporal. Aves com menor peso possuem maior área de superfície de troca de calor em relação ao seu peso, o que pode explicar a maior viabilidade dos frangos que receberam dieta com padrão baixo de aminoácidos.

4.2.1 Peso relativo de órgãos

Os resultados deste estudo corroboram os de Oliveira et al. (2010) que observaram que os níveis de proteína bruta da ração não influenciaram o rendimento de peito dos frangos de corte submetidos ao estresse por calor. De acordo com os autores, o peso relativo desse corte evidencia que as aves mantiveram a proporcionalidade dos cortes com o peso corporal nos diferentes tratamentos. Assim, pode-se inferir que a redução da proteína bruta da ração com suplementação de aminoácidos sintéticos não comprometeu o desenvolvimento das aves. Da mesma forma, Oliveira et al. (2011) também não encontraram diferença no peso relativo de peito quando avaliaram diferentes níveis de proteína da ração (21,6; 20,6; 19,6; 18,6 e 17,6% PB).

De acordo com Leeson (1995), à medida que há incremento da ingestão proteica, em razão do maior conteúdo de proteína da dieta, há aumento do rendimento de peito. Ao contrário disso, Vasconcellos et al. (2011) observaram nos níveis mais altos (19 e 21%) de PB da dieta, o pior rendimento de peito e justificaram este resultado por estar relacionado à maior excreção nitrogenada com menor disponibilidade de aminoácidos e energia para síntese de proteína muscular. Em relação aos níveis mais baixos de proteína bruta (15 e 17%), as dietas, provavelmente, não continham quantidade suficiente de proteína ou determinados aminoácidos para máxima deposição de tecido muscular ou ainda alguma deficiência de aminoácidos pode ter ocorrido com a redução proteica da dieta. O que não foi observado no presente trabalho.

Para os pesos relativos do coração e do fígado, os resultados do presente estudo corroboram os de Soares (2014), que também não observou diferença significativa entre os níveis de proteína

estudados (16, 18, 20 e 22% PB). No entanto, o fígado é o principal sítio de lipogênese em frangos e era esperado que houvesse aumento no peso do fígado dos frangos que receberam dietas com baixa proteína por estar relacionada ao aumento da atividade lipogênica (Aletor et al., 2000). Saadoun e Leclercq (1987) demonstraram que a lipogênese hepática nas aves é, significativamente reduzida pela ingestão de dietas com altas quantidades de gordura ou proteína.

Soares (2014) observou que, embora sem efeitos dos níveis de proteína, o peso relativo do coração e do fígado em frangos estressados pelo calor era menor em comparação aos frangos criados em termoneutralidade. Oliveira et al. (2006) inferiram que a modificação dos pesos relativos do fígado e coração verificados ocorre em função dos efeitos da temperatura ambiente (frio e calor) sobre os parâmetros fisiológicos e hormonais dos frangos e não sobre o consumo de ração, por considerar a influência que estes órgãos metabolicamente ativos têm sobre a produção de calor e, conseqüentemente, sobre o gasto de energia dos frangos, pode-se deduzir que a exigência de manutenção das aves expostas ao calor é menor que a das aves expostas ao frio. Essa justificativa pode ser fundamentada pelos resultados de Yahav et al. (1998) que associaram a redução na exigência de manutenção das aves à diminuição da massa de órgãos.

Em relação ao intestino, Soares (2014) observou que a ração com 16% de PB proporcionou maior peso relativo desse órgão em relação aos demais níveis proteicos estudados (18, 20 e 22%PB), justificado pela maior digestibilidade da matéria seca encontrada nesta ração que pode ter ocasionado aumento da atividade metabólica intestinal, refletindo no aumento do seu peso. Ao contrário deste trabalho, no qual os níveis de proteína da ração não influenciaram o peso relativo do intestino, os melhores resultados de digestibilidade da matéria seca nas rações menos proteicas também não influenciaram no peso relativo desse órgão.

Para o peso relativo da moela, no trabalho de Soares (2014) as dietas menos proteicas resultaram em maior peso relativo da moela quando comparadas com a dieta contendo 22% de PB, justificado como resultado das piores digestibilidades da proteína e extrato etéreo obtidas pelas dietas com 16 e 18% de PB, como uma das evidências para o maior crescimento da moela nos frangos, demonstrando uma reação fisiológica provável como tentativa para melhorar a digestão. Isso não foi observado no presente trabalho, no qual os níveis de proteína das dietas não influenciaram o peso relativo da moela.

Para a gordura abdominal (tabela 8), em relatos da literatura, a diminuição de níveis proteicos leva ao aumento dos níveis de gordura da carcaça o que, provavelmente, está relacionado à economia de energia quando não se tem excesso de nitrogênio para ser eliminado (Vasconcellos et al., 2010; 2015). Todavia, tanto a falta quanto o excesso de aminoácidos podem limitar o crescimento de tecido magro, aumentando a quantidade de gordura na carcaça, uma vez que a energia pode ser oriunda da desaminação de proteínas. Assim, o excesso de proteína bruta ou sua baixa digestibilidade, sem o equilíbrio ideal dos aminoácidos, pode propiciar o aumento da deposição de gordura (Leeson et al., 1996).

Outra possibilidade para a maior deposição de gordura abdominal nos frangos que receberam dieta com alto padrão de aminoácidos, no nível de 21% PB, seria a maior inclusão de óleo nessa ração. Em dietas isoenergéticas, as maiores quantidades de proteína proporcionam diminuição nos níveis de energia líquida. Já o aumento do conteúdo de gordura na dieta apresenta efeito contrário, incrementando os níveis de energia líquida. Isso ocorre porque a predição da energia líquida leva em consideração as perdas de energia sob a forma de incremento calórico, o que não ocorre quando é considerada a energia metabolizável da dieta. Através desta informação é possível inferir que dietas com a mesma quantidade de energia metabolizável, porém

apresentando diferentes níveis de proteína e gordura poderiam influenciar a deposição de gordura abdominal e na carcaça de frangos de corte. Dessa forma, ao se aumentar os níveis de proteína da dieta ocorreria diminuição da quantidade de gordura na carcaça, havendo efeito contrário com a adição de óleo à dieta (De Groote, 1974).

4.3. Análise econômica

O alto padrão de aminoácido embora tenha determinado maior ganho de peso, determinou o pior resultado de viabilidade (Tabela 6) e também maior custo na formulação das rações (Tabela 9) resultando no pior índice de eficiência econômica para este tratamento. Dentre os aminoácidos utilizados, a valina, a Isoleucina e arginina foram os que mais contribuíram para aumento do custo.

O melhor resultado de IEP foi verificado com a dieta mais proteica (21% PB), sendo capaz de garantir melhor viabilidade criatória e ainda, os resultados de consumo de ração, ganho de peso e conversão alimentar foram semelhantes aos frangos que receberam 19% PB.

Existem programas computacionais para formulação de dietas a custo mínimo, nos quais é possível calcular o nível de proteína dietética que resultará em menor custo possível, levando em consideração os níveis desejados para os aminoácidos e também o custo dos ingredientes que serão utilizados na formulação. Obviamente, a dieta de maior custo não representa necessariamente a que irá trazer a melhor relação custo: benefício (Faria Filho, 2003).

Mendonza et al. (2001) verificaram que o custo do consumo de ração foi maior para os frangos que receberam ração formulada com o conceito da proteína ideal, no entanto, essa ração proporcionou maior peso corporal, contribuindo para o menor custo do ganho (R\$/t), ou seja, 3,5% melhor em comparação com a ração formulada a partir da proteína bruta. De forma

semelhante, Toledo et al. (2004) observaram que dietas formuladas pelo conceito de PB proporcionaram custo de produção de 2,96% mais dispendioso em tonelada/ganho de peso vivo.

Por outro lado, Soares (2014) encontrou melhores resultados de índice de eficiência produtiva e de custos nas dietas contendo 20 e 22% PB em relação às dietas menos proteicas e suplementadas com aminoácidos industriais (16 e 18% PB). Esse resultado foi baseado no melhor desempenho dos frangos, com melhores conversões alimentares quando recebiam rações mais proteicas. As dietas com 20 e 22% PB foram capazes de atender às necessidades nutricionais dos frangos, com maiores inclusões de óleo, sem alterações nos níveis de energia, sem demandar maiores quantidades de aminoácidos industriais de alto custo, favorecendo o menor custo, que impactaram nestas respostas econômicas. Resultados semelhantes foram encontrados por Attia e Hassan (2017).

5. CONCLUSÃO

Pode se concluir que a ração com 21% PB e baixo padrão de aminoácido foi a alternativa mais adequada para frangos criados em ambiente com estresse térmico por calor, sendo econômica e produtivamente viável.

6. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a assistência da Pró-Reitoria de Pesquisa da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). A assistência técnica dos colegas, especialmente os membros do GEAV, é reconhecida com gratidão.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALETOR, V.A., HAMID, I.I., NIEB, E., PFEFFER, E., 2000. Lowprotein amino acid- supplemented diets in broiler chickens: effects on performance, carcass characteristics, whole body composition and efficiencies of nutrient utilization. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 80, 547–554.
- BALNAVE, D.; OLIVA, A. Responses of finishing broilers at high temperatures to dietary methionine source and supplementation levels. *Australian Journal Agriculture Research*, v.41, n.3, p.557–564, 1990.
- BARBOSA, H.P., FIALHO, E.T., FERREIRA, A.S., LIMA, G.J.M.M., GOMES, M.F.M., 1992. Triguilho para suínos nas fases inicial de crescimento, crescimento e terminação. *Sociedade Brasileira de Zootecnia*. 21, 827–837.
- BELLAVER, C., FIALHO, E.T., PROTAS, J.F.S., GOMES, P.C., 1985. Radícula de malte na alimentação de suínos em crescimento e terminação. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. 20, 969–974.
- CHENG, T.K.; HAMRE, M.L.; COON, C.N., 1999. Effect of constant and cyclic environmental temperatures, dietary protein, and amino acid levels on broiler performance. *Journal of Applied Poultry Research*. 8, 426-439.
- DE GROOTE, G., 1974. Utilization of metabolizable energy. In: MORRIS, T.R.; FREEMAN, B.M. (Eds.). *Energy requirements of poultry*. Edinburgh: British Poultry Science, 113-133.
- D’MELLO, J.P.F. 2003. *Amino acids in animal nutrition*. 2.ed. Edinburg: CABI, 544p.
- FARIA FILHO, D. E. *Efeito de dietas com baixo teor proteico, formuladas usando o conceito de proteína ideal, para frangos de corte criados em temperaturas fria, termoneutra e quente*. 2003, 93 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Universidade Estadual Paulista.
- FARIA FILHO, D.E.; CAMPOS, D.M.B., TORRES, K.A.A., VIEIRA, B.S., ROSA, P.S., VAZ, A.M., MACARI, M., FURLAN, R. L., 2007. Protein Levels for Heat-Exposed Broilers: Performance, Nutrients Digestibility, and Energy and Protein Metabolism. *International Journal of Poultry Science*. 6, 187–194.
- HILL, F.W.; ANDERSON, D.L. Comparison of metabolisable energy and productive energy determination with growing chicks. *J. Nutr.* V.64, p.587 – 603, 1958.

- LARA, L.J.C., BAIÃO, N.C., LANA, A.M.Q., CANÇADO, S.V., FONTES, D.O., LEITE, R.S.. 2008. Influência da forma física da ração e da linhagem sobre o desempenho e rendimento de cortes de frangos de corte. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*. 60, 970–978.
- LEESON, S. 1995. Nutrição e qualidade da carcaça de frangos de corte. In: conferencia apinco de ciencia e tecnologia avícolas, 1995, Curitiba. **Anais...**Campinas: FACTA. Pages 118–123.
- LEESON, S., CASTON, L.J. 1996. Response of laying hens to diets varying in crude rotein or available phosphorus. *Journal of Applied Poultry Research*. 5, 296.
- LI, M.; WU, J.; CHEN, Z. Effects of heat stress on the daily behavior of wenchang chicken. *Brasilian Journal of Poultry Science*, v. 17, n.4, 559-566, 2015.
- LOCHMILLER, R.L., VESTEY, M.R., BOREN, J.C., 1993. Relationship between protein
- MACARI, M., LUQUETTI, B.C. Fisiologia cardiovascular. In: MACARI, M.; FURLAN, R.L.; GONZALES, E., 2002. (Eds.) Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte. 2.ed. Jaboticabal: Universidade Estadual Paulista, 17-36.
- MATTERSON, L.D. The metabolizable energy of feeds ingredients for chickens. Connecticut: The University of Connecticut, Agricultural Experiment Station, 1965. 11p. (Research Report, 7).
- MENDONZA, M.O.B., P.T.C. COSTA, L.H. KATZER, A.C. BENETTI, Z.B. SANTI, and J.N. WELTER. 2001. Desempenho de frangos de corte, sexados, submetidos a dietas formuladas pelos conceitos de proteína bruta versus proteína ideal. *Ciência Rural*.31, 111–115.
- OLIVEIRA, G.A., OLIVEIRA, R.F.M., DONZELE, J.L., CECON, P.R., VAZ, R.G.M.V., ORLANDO, U.A.D. 2006. Efeito da temperatura ambiente sobre o desempenho e as características de carcaça de frangos de corte dos 22 aos 42 dias. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 35, 1398–1405.
- OLIVEIRA, W.P., OLIVEIRA, R.F.M., DONZELE, J.L., GOMES, P.C., MARTINS, M.S., ASSIS, A.P., 2010. Redução do nível de proteína bruta em rações para frangos de corte em ambiente de estresse por calor. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 39, 1092–1098.
- PUVADOLPIROD, S., THAXTON, J.P., 2000. Model of physiological stress in chickens: Response parameters. *Poultry Science*.79,363-369.
- REFSTIE, S., SVIHUS, B., SHEARER, K.D., STOREBAKKEN, T., 1999. Nutrient digestibility in Atlantic salmon and broiler chickens related to viscosity and non-starch polysaccharides content in different soyabean products. *Animal Feed Science and Technology*. 79, 331–345

- ROSTAGNO, H.S. 2011. Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais. 3th ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa. 186 pages.
- SAADOUN, A., LECLERCQ, B. 1987. In vivo lipogenesis of genetically lean and fat chickens: effects of nutritional state and dietary fat. *Journal of Nutrition*, Baltimore. 117, 428–435.
- SAKOMURA, N.K., ROSTAGNO, H.S., 2007. Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos. Jaboticabal: Funep, 283 páginas.
- SAS STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM. 2002. User's guide: Statistics. Version 9.0, NC; SAS Institute.
- SILVA, Y, L. *Redução dos níveis de proteína e fósforo em rações com fitase para frangos de corte: desempenho, digestibilidade e excreção de nutrientes*. 2004. 228f. Tese (Doutorado em Zootecnia). Curso de pós graduação em Zootecnia, Universidade Federal de Lavras.
- SILVA, D.J., and A.C. QUEIROZ. 2002. Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos. 3.ed. Viçosa, MG.
- SKLAN, D., PLAVINIK, I., 2002. Interactions between dietary crude protein and essential amino acid intake on performance in broilers. *British Poultry Science*. 43, 442-449.
- SOARES, K.R. *Níveis de proteína na dieta para frangos de corte criados em termoneutralidade e estresse cíclico por calor*. Tese (Doutorado em Zootecnia). 2014. 164f. Programa de pós graduação em Zootecnia, Universidade Federal de Minas Gerais.
- TOLEDO, G.S., LÓPEZ, J., COSTA, P. J., SOUZA, H., 2004. Aplicação dos conceitos de proteína bruta e proteína ideal sobre o desempenho de frangos de corte machos e fêmeas criados no inverno. *Ciência Rural*, 34, 1927-1931.
- VAN MILGEN, J.; NOBLET, J. Partitioning of energy intake to heat, protein, and fat in growing pigs. *Journal of Animal Science*, Champaign, v.81, p. 86-93, 2003.
- VASCONCELLOS, C.H.F., FONTES, D.O., LARA, L.J.C., CORRÊA, G.S.S., SILVA, M.A., VIDAL, T.Z.B., FERNANDES, I.S., ROCHA. J.S.R. 2015. Avaliação de níveis de glicina+serina em dietas de frangos de corte com reduzido teor de proteína bruta. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*. 67, 499–505.
- VASCONCELLOS, C.H.F., D.O. FONTES, L.J.C. LARA, T.Z.M. VIDAL, M.A. SILVA, and P.C. SILVA. 2011. Determinação da energia metabolizável e balanço de nitrogênio de dietas com diferentes teores de proteína bruta para frangos de corte. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*. 63, 659–669.
- VASCONCELLOS, C.H.F., FONTES, D.O., VIDAL, T.Z.B., LARA, L.J.C., RODRIGUES, P.B., VASCONCELOS, R.J.C. 2010. Efeito de diferentes níveis de proteína bruta sobre o desempenho

e composição de carcaça de frangos de corte machos de 21 a 42 dias de idade. *Ciência e agrotecnologia*. 34, 1039–1048.

VIOLA, T.H., A.M.L. RIBEIRO, C.B. NETO, A.M. KESSLER. 2008. Formulação com aminoácidos totais ou digestíveis em rações com níveis decrescentes de proteína bruta para frangos de corte de 21 a 42 dias de idade. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 37, 303–310.

YAHAV, S., LUGER, D., CAHANER, A., DOTAN, M., RUSAL, M., HURWITZ, S., 1998. Thermoregulation in naked neck chickens subjected to different ambient temperatures. *British Poultry Science*. 39, 133–138.

YUNianto, D., HAYASHI, K., KANEDA, S. et al., 1997. Effect of environmental temperature on muscle protein turnover and heat production in tube-fed broiler chickens. *British Journal of Nutrition*. 77, 878-909.

ZUIDHOF, M.J., SCHNEIDER, B. L., CARNEY, V.L., KORVER, D.R., ROBINSONS, F. E., 2014. Growth efficiency and yield of comercial broilers from 1957, 1978 and 2005. *Poultry Science*. 93, 2970–2982.

Capítulo II

Níveis de proteína e aminoácidos sobre as respostas fisiológicas e imunológicas de frangos de corte criados em ambiente com estresse térmico por calor

RESUMO

Objetivou-se com este trabalho investigar os efeitos dos níveis de proteína bruta (PB) e padrões de aminoácidos (AA) sobre as respostas fisiológicas, peso relativo de órgãos linfóides, parâmetros hematológicos e bioquímica sanguínea em frangos de corte expostos ao estresse cíclico por calor (EPC). 336 frangos machos da linhagem Cobb, com 23 dias de idade, foram distribuídos em sete repetições com 12 aves cada. As aves foram expostas a 30 ± 1 °C por 8 horas diárias, de 23 a 42 dias de idade. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado em arranjo fatorial 2x2 (2 níveis de PB: 19 e 21% e 2 AA: alto e baixo). Houve interação entre os níveis de proteína e padrões de aminoácidos avaliados para os valores de heterófilo (H), linfócitos (L) e H/ L. Frangos de corte alimentados com 19% PB e alto AA apresentaram valores de H mais elevados que aqueles alimentados com 19% PB e baixo AA ($P \leq 0,05$). Para os frangos alimentados com baixo AA, aqueles alimentados com 21% PB apresentaram valores de H mais elevados do que aqueles alimentados com 19% PB. Frangos de corte alimentados com baixo AA apresentaram maior nível de L quando a ração continha 19% de PB que aqueles alimentados com 21% de PB. Frangos alimentados com 19% PB e alto AA apresentaram maiores relações H/ L que aqueles alimentados com 19% PB e baixo AA. Para frangos que receberam baixo AA, a relação H/ L foi menor quando alimentados com 19% PB que aqueles alimentados com 21% de PB. Portanto, a dieta de baixa proteína e baixo padrão de aminoácido foi a que proporcionou menor índice de estresse nos frangos, portanto melhor bem estar destas aves.

Palavras-chave: ambiente quente, órgãos linfóides, parâmetros sanguíneos, respostas fisiológicas

1. INTRODUÇÃO

A importância das respostas dos animais aos desafios ambientais se aplica a todas as espécies. No entanto, as aves são particularmente sensíveis aos desafios ambientais associados à temperatura, especialmente ao calor (Lara e Rostagno, 2013) por apresentarem rápido crescimento, alto desempenho em função do consumo de ração e eficiência na conversão alimentar (Lin et al., 2005).

Sob estresse térmico, ocorre, nos frangos, aumento da temperatura corporal, da frequência respiratória, da concentração de corticosterona e alterações do sistema imunológico, com respostas negativas no peso dos órgãos linfóides (Quinteiro-Filho et al., 2010), acarretando grande preocupação econômica, pois nessas condições a ave apresenta menor crescimento, menor eficiência alimentar, menor resposta imunológica e aumento da probabilidade de morte, especialmente frangos mais velhos (Ryder et al., 2004).

Os frangos alteram o comportamento e a homeostase fisiológica para diminuir a temperatura corporal, em busca da termorregulação para lidar com as respostas ao estresse e garantir que seus órgãos viscerais funcionem sob uma carga de calor maior (Lara e Rostagno, 2013). Dentre as alternativas possíveis para minimizar os efeitos negativos do calor sobre as aves, o investimento em ambiência, sem dúvida é o mais eficiente. Entretanto, o manejo nutricional adequado pode ser uma ferramenta utilizada como medida preventiva/corretiva, uma vez que o sistema termorregulador do frango (produção de calor e mecanismos evaporativos e não evaporativos de perda de calor) pode ser influenciado pela dieta, sabendo-se que os nutrientes possuem diferentes incrementos calóricos gerados pelo processo de digestão, absorção e deposição.

Neste contexto, objetivou-se com este trabalho determinar os efeitos dos níveis de proteína bruta e dos padrões de aminoácidos da dieta sobre as respostas fisiológicas, peso relativo de órgãos

linfóides, parâmetros bioquímicos e hematológicos em frangos de corte criados sob estresse cíclico por calor.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Este estudo foi conduzido de acordo com o padrão ético e aprovado pelo Comitê de Ética no uso de animais da instituição, certificado pelo número de protocolo 271/2016.

Foram utilizados 336 pintos machos (Cobb), alojados em sala climatizada em 28 gaiolas de metabolismo equipadas com bebedouros, comedouros e coletores de excretas. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado em arranjo fatorial 2x2 (dois níveis de proteína bruta e dois padrões de aminoácidos), totalizando quatro tratamentos com sete repetições de 12 aves cada.

No período de 1 a 22 dias de idade (período pré-experimental), os frangos foram criados em gaiolas metálicas, no mesmo laboratório, em condições termoneutras de acordo com a idade. As dietas foram formuladas com base nas recomendações da linhagem comercial de frangos de corte utilizada (Cobb 2009) (Tabela 1).

Aos 23 dias, os frangos foram pesados e distribuídos uniformemente aos tratamentos. Nesta fase, o programa de iluminação utilizado foi de 16 horas de luz (4h às 20h) e 08h de escuro (20h às 4h), para repouso sempre em temperaturas termoneutras.

Tabela 1. Composição percentual e valores nutricionais calculados das dietas para os frangos no período pré experimental (1 a 22 dias de idade)

| Ingredientes | Composição (%) |
|--|-----------------------|
| Milho moído | 58,5000 |
| Farelo de soja (45% PB) | 32,0000 |
| Farinha de carne e ossos (40% PB) | 5,5000 |
| Óleo de soja | 2,3750 |
| Suplemento vitamínico/mineral ¹ | 0,4000 |
| Sal comum | 0,3375 |
| DL-Metionina (99%) | 0,3375 |
| L-Lisina HCl (78,5%) | 0,1900 |
| Calcário | 0,2850 |
| L-Treonina (99%) | 0,0750 |
| L-Triptofano (99%) | 0,0000 |
| Total | 100,00 |
| Composição calculada | |
| Proteína Bruta (%) | 21,9694 |
| Energia metabolizável (kcal/kg) | 3,0072 |
| Cálcio (%) | 0,9452 |
| Fósforo disponível (%) | 0,4502 |
| gordura (%) | 5,6328 |
| Lisina digestível (%) | 1,1783 |
| Metionina digestível (%) | 0,6149 |
| Metionina + cistina digestível (%) | 0,8892 |
| Treonina Digestível(%) | 0,7715 |
| Triptofano digestível(%) | 0,2231 |

| | |
|-----------|--------|
| Sódio (%) | 0,1911 |
|-----------|--------|

¹Suplementação Vitamínico Mineral: Vit. A 13,685UI, Vit. D3 3,157UI, Vit. E 35,0 mg, Vit. K3 4,410mg, Vit. B1 2,415mg, Vit. B2 8,662,5mg, Vit. B6 5,460mg, Vit. B12 21,315mcg, Biotina 96,250mcg, Niacina 53,900mg, Ac. Fólico 1,228,5mg, Ac. pantotênico 13,860mg, Selênio 0,3mg, Iodo 1,0mg, Ferro 30,0 mg, Cobre 10,0mg, Manganês 90,0mg, Zinco 80,0mg.

2.1. Tratamentos experimentais

As aves foram submetidas ao estresse cíclico por calor dos 23 aos 42 dias de idade. Para caracterizar e simular um ambiente crítico experimentalmente, causando estresse térmico cíclico, foi realizada uma variação alternada das condições térmicas, sendo 16h (16h às 8h) de $23 \pm 1^\circ\text{C}$; $60 \pm 2\%$ UR e 8h (8h às 16h) de $30 \pm 1^\circ\text{C}$; $60 \pm 2\%$ de UR.

Os tratamentos consistiram de quatro dietas com dois níveis de proteína bruta (21 e 19%) e dois padrões de aminoácidos (alto e baixo):

- E) 21% PB e inclusão de alto padrão de aminoácidos
- F) 21% PB e inclusão de baixo padrão de aminoácidos
- G) 19% PB e inclusão de alto padrão de aminoácidos
- H) 19% PB e inclusão de baixo padrão de aminoácidos

As dietas com baixo padrão de aminoácidos foram formuladas com base nas recomendações da linhagem comercial de frangos de corte utilizada (Cobb 2009) e as dietas com alto padrão de aminoácidos foram formuladas de forma que obtiveram no mínimo 12% e no máximo 23% de aminoácidos excedendo a recomendação, conforme a Tabela 2.

Tabela 2. Diferença, em porcentagem, dos padrões de aminoácidos (alto e baixo) para cada nível de proteína avaliado

| Aminoácido | Nível de proteína bruta | |
|------------------------------------|-------------------------|-----|
| | 19% | 21% |
| Lisina digestível (%) | 18 | 18 |
| Metionina + Cistina digestível (%) | 12 | 12 |
| Isoleucina digestível (%) | 18 | 18 |
| Arginina digestível (%) | 18 | 18 |
| Treonina digestível (%) | 13 | 13 |
| Triptofano digestível (%) | 20 | 23* |
| Valina digestível (%) | 21 | 21 |

* mínimo de valor permitido em função do nível de proteína utilizado

As dietas foram fornecidas à vontade durante o período experimental. A composição alimentar utilizada no experimento e seus respectivos níveis nutricionais calculados estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3. Composição percentual e valores nutricionais das dietas com diferentes níveis de proteína bruta e padrões de aminoácidos para frangos de corte de 23 a 43 dias de idade, criados em ambiente quente

| Ingredientes | Proteína bruta (%) | | | |
|---|--------------------|---------|----------|---------|
| | 19 | 19 | 21 | 21 |
| | Baixo AA | Alto AA | Baixo AA | Alto AA |
| Milho grão | 64,4667 | 63,7163 | 58,0217 | 56,8030 |
| Farelo de soja (45% PB) | 26,2283 | 25,3665 | 31,7415 | 31,2550 |
| Farinha de carne e ossos (40% PB) | 4,5245 | 4,5505 | 4,7392 | 4,4400 |
| Óleo de soja | 3,3726 | 3,8800 | 4,4003 | 5,1000 |
| Suplement Vitaminico-mineral ¹ | 0,4000 | 0,4000 | 0,4000 | 0,4000 |
| Sal comum | 0,3772 | 0,3772 | 0,3738 | 0,3790 |
| DL-Metionina (99%) | 0,2423 | 0,3405 | 0,1946 | 0,2980 |
| L-Lisina HCl (78,5%) | 0,0969 | 0,3565 | 0,0000 | 0,2650 |

| | | | | |
|-------------------------|--------|--------|--------|--------|
| Calcário | 0,1760 | 0,1500 | 0,0701 | 0,1780 |
| L-Treonina (99%) | 0,0370 | 0,1463 | 0,0000 | 0,1120 |
| L-Valina (99%) | 0,0000 | 0,1860 | 0,0000 | 0,2050 |
| L-Isoleucina (99%) | 0,0000 | 0,1490 | 0,0000 | 0,1620 |
| Cloreto de colina (60%) | 0,0785 | 0,0832 | 0,0588 | 0,0640 |
| L-Arginina (99%) | 0,0000 | 0,2500 | 0,0000 | 0,2800 |
| L-Triptofano (99%) | 0,0000 | 0,0480 | 0,0000 | 0,0600 |
| L- Histidina | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 |
| Fenil+Tirosina | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 |
| Total | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |

Composição calculada

| | | | | |
|------------------------------------|---------|---------|---------|---------|
| Proteína Bruta (%) | 19.2000 | 19.2000 | 21.2000 | 21.2000 |
| Energia Metabolizável (kcal/kg) | 3.1500 | 3.1500 | 3.1500 | 3.1500 |
| Cálcio (%) | 0.7600 | 0.7513 | 0.7600 | 0.7592 |
| Fósforo disponível (%) | 0.3800 | 0.3797 | 0.4000 | 0.3789 |
| Colina (mg/Kg) | 1680.0 | 1680.0 | 1680.0 | 1680.0 |
| Gordura (%) | 6.6278 | 6.9098 | 7.5283 | 8.1343 |
| Lisina Digestível (%) | 0.9500 | 1.1291 | 1.0102 | 1.1971 |
| Metionina digestível (%) | 0.4936 | 0.5841 | 0.4696 | 0.5649 |
| Metionina + cistina digestível (%) | 0.7400 | 0.8246 | 0.7400 | 0.8303 |
| Isoleucina Digestível (%) | 0.7021 | 0.8298 | 0.7953 | 0.9392 |
| Arginina digestível (%) | 1.1811 | 1.3966 | 1.3418 | 1.5885 |
| Treonina digestível (%) | 0.6500 | 0.7338 | 0.6912 | 0.7792 |
| Triptofano digestível (%) | 0.1912 | 0.2306 | 0.2202 | 0.2723 |
| Valina digestível (%) | 0.7752 | 0.9384 | 0.8683 | 1.0519 |

| | | | | |
|----------------------------------|--------|--------|--------|--------|
| Fenil. digestível (%) | 0.8500 | 0.8286 | 0.9527 | 0.9345 |
| Fenil. + tirosina digestível (%) | 1.4455 | 1.4089 | 1.6206 | 1.5900 |
| Glicina + cerina total (%) | 1.9628 | 1.9213 | 2.1802 | 2.1269 |
| Histidina digestível (%) | 0.4544 | 0.4433 | 0.5042 | 0.4947 |
| Leucina digestível (%) | 1.5064 | 1.4723 | 1.6300 | 1.5981 |
| Sódio (%) | 0.2000 | 0.2000 | 0.2000 | 0.2000 |

¹ Suplemento vitamínico/ mineral: vitamina A (9,775 IU), vitamina D3 (2,255 IU), vitamina E (25,0 mg), vitamina K3 (3,150 mg), vitamina B1 (1,725 mg), vitamina B2 (6,1875 mg), vitamina B6 (3,900 mg), vitamina B12 (15,225 mcg), biotina (68,750 mcg), niacina (38,500 mg), ácido fólico (0,87 mg), ácido pantotênico (9,900 mg), Selenio (0,21 mg), I (1,0 mg), Fe (30,0mg), Cu (10,0 mg), Mn (90,0mg), Zn (80,0mg).

2.2. Variáveis avaliadas:

2.2.2. Parâmetros fisiológicos

Os parâmetros fisiológicos avaliados foram a temperatura cloacal e a frequência respiratória e foram determinadas aos 23, 29, 34 e 41 dias de idade dos frangos. Foi utilizada uma ave por repetição, totalizando sete aves por tratamento, escolhidas ao acaso. As mensurações ocorreram às 13:00 horas.

Para a determinação da temperatura cloacal foi utilizado um termômetro clínico digital, inserido na cloaca por um período de 1 minuto. A frequência respiratória foi mensurada por três examinadores distintos, por meio da contagem dos movimentos respiratórios durante 15 segundos e a média multiplicada por quatro para se obter o valor em 1 minuto, conforme metodologia utilizada por Harrison e Biellier (1968). Neste processo, utilizou-se um cronômetro digital para registro do tempo.

2.2.3. Peso relativo de órgãos linfóides

O abate foi realizado ao término do ensaio, aos 43 dias de idade dos frangos, para todos os tratamentos. Foram amostrados aleatoriamente e abatidos 28 frangos, um de cada repetição, escolhidos ao acaso. Antes do abate, os frangos foram submetidos a jejum de ração de 12 (doze) horas e após a identificação individual foram pesados.

Os órgãos linfóides avaliados foram o baço, bursa e timo. Para determinação do peso relativo, os órgãos foram retirados, secos em papel toalha e pesados em balança de precisão. A avaliação do peso relativo dos órgãos foi feita considerando o peso de cada víscera avaliada individualmente em relação ao peso vivo em jejum da ave, obtido antes do abate.

2.2.4. Parâmetros bioquímicos e hematológicos

Para a determinação dos parâmetros sanguíneos, foi realizada uma coleta de sangue nos frangos aos 31 dias de idade. Foi utilizado um total de 28 aves, sendo uma ave de cada repetição e foram retirados 4mL sangue/ ave por punção da veia da asa, sendo que para as análises hematológicas foi coletado 2ml de sangue e armazenado em tubo contendo anticoagulante à base de heparina lítica e para as análises bioquímicas, 2ml em tubo a vácuo sem anticoagulante.

Os valores de leucócitos totais, heterófilos, linfócitos e a relação heterófilos/linfócitos (H/L) foram determinados utilizando-se microscópio óptico Olympus CX 40[®] sob aumento de 400x em até 24 horas após a coleta. Os esfregaços sanguíneos, para análise de leucócitos, foram fixados e corados com kit panótico rápido (Laborclin[®] - Paraná- Brasil) pelo método May-Grunwald-Giemsa (Ferreira Neto et al., 1978). A contagem total de leucócitos, os heterófilos e os linfócitos foram determinados pela contagem em câmara de Neubauer. Heterófilos e linfócitos foram calculados em relação ao número total de leucócitos, conforme Ferreira Neto et al. (1978).

Para as provas bioquímicas as amostras de sangue coletadas foram centrifugadas a 3.500 rpm por dez minutos e o soro separado do plasma e acondicionado em tubos de *ependorf* de 1,5mL, congelados em freezer a -20°C, para realização das provas bioquímicas. Posteriormente estas amostras foram então descongeladas e processadas em analisador automático, Cobas Mira Plus®, utilizando-se de “kits” comerciais Biotécnica®. Os parâmetros avaliados foram os seguintes: proteínas totais, albumina, lactato, glicose, colesterol total, triglicerídeos, aspartato aminotransferase (AST) e a creatina quinase (CK).

2.2.5. Análise estatística

Os dados foram testados quanto à normalidade pelo teste Shapiro-Wilk e foram atendidos todos os pressupostos. O modelo estatístico geral utilizado nas análises pode ser descrito como:

$$Y_{ijk} = \mu + PB_i + AA_j + (PB * AA)_{ij} + e_{ijk}; \text{ onde:}$$

Y_{ijk} representa, o valor observado para a característica da unidade experimental que recebeu o nível de proteína i (19 ou 21%), o padrão de aminoácido j (alto ou baixo), na repetição k ;

μ , média geral de cada observação;

PB , o efeito dos níveis de proteína;

AA_j , efeito dos padrões de aminoácidos;

$(PB * AA)_{ij}$, efeito da interação entre os níveis de proteína bruta e padrão de aminoácidos da dieta

e_{ijk} , o resíduo (erro) associado a cada observação Y_{ijk} .

As análises de variância foram realizadas no PROC GLM do SAS software (Statistical Analysis System, 2002) para testar os efeitos de cada tratamento e a interação entre eles. Caso o efeito da interação entre proteína e aminoácido fossem significativos, assim como apenas o efeito do nível de proteína ou efeito do padrão de aminoácido fossem significativos, realizou-se o teste F para verificar em quais tratamentos existiam as diferenças.

3. RESULTADOS

3.1. Parâmetros fisiológicos

Os resultados de frequência respiratória (FR) e temperatura cloacal (TC) estão apresentados nas tabelas 4 e 5. Houve interação entre os tratamentos para a frequência respiratória dos frangos aos 34 dias de idade. Não houve diferença significativa ($P > 0,05$) para a temperatura cloacal das aves em nenhuma das idades avaliadas.

Para a frequência respiratória não houve efeito dos tratamentos ($P > 0,05$) aos 23, 29 e 41 dias de idade. Aos 34 dias de idade, houve interação significativa ($P \leq 0,05$), entre os níveis de proteína e padrões de aminoácidos estudados (tabela 5). Observou-se que os frangos que receberam 21% PB e padrão baixo de aminoácidos apresentaram maior frequência respiratória em relação aos que receberam ração com 21% PB e padrão alto de aminoácidos.

Tabela 4. Médias de frequência respiratória e temperatura cloacal dos frangos de 23 aos 42 dias de idade, que receberam rações com diferentes níveis de proteína (PB) e padrões de aminoácidos (AA) e foram criados em ambiente quente

| Proteína | AA | Características | | | | | | | |
|-----------------------|-------|-------------------------|---------|---------|---------|---------------------|---------|---------|---------|
| | | Frequência respiratória | | | | Temperatura cloacal | | | |
| | | 23 dias | 29 dias | 34 dias | 41 dias | 23 dias | 29 dias | 34 dias | 41 dias |
| 19 | Alto | 44,67 | 115,62 | 127,62 | 127,71 | 40,64 | 41,03 | 41,84 | 41,83 |
| | Baixo | 48,67 | 105,81 | 131,43 | 137,52 | 40,89 | 41,30 | 41,86 | 41,93 |
| 21 | Alto | 47,90 | 112,57 | 106,10 | 133,90 | 40,54 | 41,24 | 41,67 | 41,83 |
| | Baixo | 52,57 | 131,33 | 146,76 | 129,05 | 40,83 | 41,40 | 41,66 | 41,93 |
| Valor de P PB*AA | | 0,9138 | 0,0660 | 0,0097 | 0,1868 | 0,8797 | 0,7161 | 0,9417 | 1,0000 |
| Proteína | | | | | | | | | |
| 19% | | 46,47 | 110,71 | 129,52 | 132,62 | 40,76 | 41,16 | 41,85 | 41,88 |
| 21% | | 50,24 | 121,95 | 126,43 | 131,48 | 40,69 | 41,32 | 41,66 | 41,88 |
| Valor de P Proteína | | 0,2529 | 0,1427 | 0,6410 | 0,8341 | 0,5801 | 0,3217 | 0,3466 | 1,0000 |
| AA | | | | | | | | | |
| Alto | | 46,29 | 114,10 | 116,86 | 130,81 | 40,59 | 41,14 | 41,76 | 41,83 |
| Baixo | | 50,62 | 118,57 | 139,10 | 133,29 | 40,86 | 41,35 | 41,76 | 41,93 |
| Valor de P Aminoácido | | 0,1681 | 0,5518 | 0,0024 | 0,6504 | 0,0714 | 0,1803 | 1,0000 | 0,6910 |
| Média Geral | | 48,45 | 116,33 | 127,98 | 132,05 | 40,73 | 41,25 | 41,76 | 41,88 |
| CV (%) | | 16,65 | 166,87 | 13,55 | 10,81 | 0,91 | 1,00 | 1,23 | 1,57 |

CV= coeficiente de variação.

Tabela 5. Interação entre os níveis de proteína e padrões de aminoácidos das dietas sobre os valores da frequência respiratória dos frangos de corte criados em ambiente quente

| Característica | Frequência respiratória | |
|----------------|-------------------------|----------------------|
| | Aminoácido | |
| Proteína | Alto | Baixo |
| 19 % | 127.62 ^{aa} | 131.43 ^{aa} |
| 21 % | 106.10 ^{ab} | 146.76 ^{aa} |

Médias seguidas por diferentes letras maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas diferem entre si pelo teste F.

3.2. Peso relativo de órgãos linfóides

O Peso relativo dos órgãos linfóides (baço, bursa e timo) dos frangos, estão apresentados na tabela 6.

Tabela 6. Peso relativo dos órgãos linfóides (baço, bursa e timo) de frangos de corte, aos 43 dias de idade, que receberam rações com diferentes níveis de proteína (PB) e padrões de aminoácidos (AA) e foram criados em ambiente quente

| Proteína | Aminoácido | Peso relativo (%) | | |
|-----------------------|------------|-------------------|---------------------|--------|
| | | Baço | Bursa | Timo |
| 19 | Alto | 0,0896 | 0,0588 | 0,2700 |
| | Baixo | 0,0744 | 0,0408 | 0,1923 |
| 21 | Alto | 0,0786 | 0,0502 | 0,2252 |
| | Baixo | 0,0894 | 0,0456 | 0,2987 |
| Valor de P PB*AA | | 0,1613 | 0,0694 | 0,0146 |
| Proteína | | | | |
| 19% | | 0,0820 | 0,0498 | 0,2311 |
| 21% | | 0,0840 | 0,0477 | 0,2619 |
| Valor de P Proteína | | 0,8237 | 0,6016 | 0,2888 |
| Aminoácido | | | | |
| Alto | | 0,0841 | 0,0547 ^a | 0,2476 |
| Baixo | | 0,0819 | 0,0432 ^b | 0,2455 |
| Valor de P Aminoácido | | 0,8114 | 0,0044 | 0,9406 |
| Média Geral | | 0,0830 | 0,0488 | 0,2465 |

| | | | |
|--------|-------|-------|-------|
| CV (%) | 26,41 | 17,08 | 28,08 |
|--------|-------|-------|-------|

CV= coeficiente de variação.

Não houve interação ($P>0,05$) entre os tratamentos avaliados para peso relativo do baço e bursa dos frangos. Não houve diferença estatística ($P>0,05$) entre os tratamentos para peso relativo do baço. Os padrões de aminoácidos influenciaram ($P<0,01$) o peso relativo da bursa e houve interação entre os níveis de proteína e padrões de aminoácidos estudados para peso relativo do timo.

O peso relativo do timo (tabela 7) foi maior nos frangos que receberam ração com 21%PB e padrão baixo de aminoácido comparado aos que receberam 19%PB e padrão baixo de aminoácido.

Tabela 7. Interação entre os níveis de proteína e padrões de aminoácidos da dieta sobre o peso relativo do timo de frangos de corte criados em ambiente quente

| Característica | Peso relativo timo | |
|----------------|----------------------|----------------------|
| | Aminoácido | |
| Proteína | Alto | Baixo |
| 19 % | 0.2700 ^{aA} | 0.1923 ^{bA} |
| 21 % | 0.2252 ^{aA} | 0.2987 ^{aA} |

Médias seguidas por diferentes letras maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas diferem entre si pelo teste F.

3.3. Parâmetros sanguíneos:

3.3.1 Parâmetros bioquímicos

Os resultados de glicose, colesterol total e triglicerídeos estão apresentados nas tabelas 8 e 9.

Não houve diferença significativa ($P>0,05$) para os valores de colesterol e triglicerídeos. Houve

interação ($P < 0,05$) entre os níveis de proteína e padrões de aminoácidos sobre os níveis de glicose.

Os frangos que receberam ração com 21% PB e padrão alto de aminoácidos apresentaram menores valores de glicose em comparação com os frangos que receberam ração com 21%PB e padrão baixo de aminoácidos. Os frangos que receberam ração com padrão baixo de aminoácidos apresentaram menores valores de glicose quando recebiam a ração com 19% PB em comparação com a ração com 21% PB (Tabelas 8 e 9).

Tabela 8. Efeito dos níveis de proteína bruta e padrões de aminoácidos da dieta sobre os níveis de glicose (GLIC), colesterol total (COL) e triglicérideo (TRIG),) no sangue dos frangos de corte criados em ambiente com estresse térmico por calor

| Proteína | Aminoácido | GLIC(mg/dL) | COL(mg/dL) | TRIG(mg/dL) |
|-----------------------|------------|-------------|------------|-------------|
| 19 | Alto | 269,32 | 131,85 | 66,84 |
| | Baixo | 263,63 | 133,87 | 58,65 |
| 21 | Alto | 264,87 | 125,33 | 62,61 |
| | Baixo | 281,84 | 148,37 | 63,50 |
| Valor de P PB*AA | | 0,0477 | 0,1344 | 0,5925 |
| Proteína | | | | |
| 19% | | 266,47 | 132,86 | 62,75 |
| 21% | | 273,36 | 136,85 | 63,06 |
| Valor de P Proteína | | 0,2170 | 0,5613 | 0,9708 |
| Aminoácido | | | | |
| Alto | | 267,09 | 128,59 | 64,73 |
| Baixo | | 272,74 | 141,12 | 61,08 |
| Valor de P Aminoácido | | 0,3090 | 0,0771 | 0,6668 |
| Média Geral | | 269,91 | 134,86 | 62,90 |
| CV (%) | | 5,32 | 13,31 | 35,21 |

CV= coeficiente de variação.

Tabela 9. Interação entre os níveis de proteína e padrões de aminoácidos da dieta sobre os valores de glicose dos frangos de corte criados em ambiente quente

| Proteína | GLIC (mg/dL) | |
|----------|----------------------|----------------------|
| | AA | |
| | Alto | Baixo |
| 19 % | 269.32 ^{aA} | 263.63 ^{bA} |
| 21 % | 264.87 ^{aB} | 281.84 ^{aA} |

Médias seguidas por diferentes letras maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas diferem entre si pelo teste F.

Os resultados de proteína total e albumina no sangue dos frangos estão apresentados na tabela 10.

Tabela 10. Efeito dos níveis de proteína e dos padrões de aminoácidos da dieta sobre os níveis de proteína total (PROT) e albumina no sangue de frangos de corte criados em ambiente com estresse térmico por calor

| Proteína | AAS | PROT (g/dL) | Albumina (g/dL) |
|-----------------------|-------|-------------------|-------------------|
| 19 | Alto | 3,12 | 1,55 |
| | Baixo | 3,05 | 1,54 |
| 21 | Alto | 3,41 | 1,93 |
| | Baixo | 3,66 | 2,09 |
| Valor de P PB*AA | | 0,2054 | 0,1967 |
| Proteína | | | |
| 19% | | 3,09 ^b | 1,54 ^b |
| 21% | | 3,54 ^a | 2,01 ^a |
| Valor de P Proteína | | 0,0009 | 0,0001 |
| Aminoácido | | | |
| Alto | | 3,27 | 1,74 |
| Baixo | | 3,36 | 1,81 |
| Valor de P Aminoácido | | 0,4551 | 0,2283 |
| Média Geral | | 3,31 | 1,77 |
| CV (%) | | 9,48 | 9,30 |

médias seguidas por letras diferentes, diferem entre si pelo teste F.

CV= coeficiente de variação.

Não houve interação ($P > 0,05$) entre os níveis de proteína e padrões de aminoácidos nem efeito dos padrões de aminoácidos sobre os valores de proteína total e albumina. Os níveis de proteína total e albumina foram influenciados pelos níveis de proteína bruta das dietas ($P < 0,01$). Os

frangos que receberam ração com 21% PB apresentaram maiores níveis dessas variáveis em comparação com os frangos que receberam ração com 19% PB, independente do padrão de aminoácido avaliado.

Os resultados de lactato no sangue dos frangos estão apresentados na tabela 11.

Não houve interação ($P>0,05$) entre os níveis de proteína bruta e padrões de aminoácidos estudados sobre os teores de lactato no sangue, assim como os níveis de proteína e os padrões de aminoácidos também não influenciaram ($P>0,05$) essa variável.

Tabela 11. Efeito dos níveis de proteína e padrões de aminoácidos da dieta sobre os níveis de lactato no sangue de frangos criados em ambiente quente

| Proteína | AA | Lactato (mg/dL) |
|-----------------------|-------|-----------------|
| 19 | Alto | 76.89 |
| | Baixo | 80.83 |
| 21 | Alto | 82.66 |
| | Baixo | 91.33 |
| Valor de P PB*AA | | 0.7822 |
| Proteína | | |
| 19% | | 78.86 |
| 21% | | 87.00 |
| Valor de P Proteína | | 0.3455 |
| Aminoácido | | |
| Alto | | 79.77 |
| Baixo | | 86.08 |
| Valor de P Aminoácido | | 0.4629 |
| Média Geral | | 82.93 |
| CV (%) | | 26.97 |

CV= coeficiente de variação.

Os resultados das enzimas aspartato amino transferase (AST) e creatina quinase (CK) estão apresentados na tabela 12.

Tabela 12. Efeito dos níveis de proteína e dos padrões de aminoácidos da dieta sobre os níveis de Aspartato Amino transferase (AST) e creatina quinase (CK) no sangue de frangos criados em ambiente quente

| Prot | AAS | AST (UI) | CK |
|-----------------------|-------|----------|--------|
| 19 | Alto | 217,43 | 403,39 |
| | Baixo | 215,79 | 432,04 |
| 21 | Alto | 237,21 | 376,83 |
| | Baixo | 246,94 | 408,05 |
| Valor de P PB*AA | | 0,7273 | 0,9328 |
| Proteína | | | |
| 19% | | 216,61 | 417,72 |
| 21% | | 242,07 | 392,44 |
| Valor de P Proteína | | 0,8037 | 0,1060 |
| Aminoácido | | | |
| Alto | | 227,32 | 390,11 |
| Baixo | | 231,36 | 420,05 |
| Valor de P Aminoácido | | 0,1270 | 0,0581 |
| Média Geral | | 229,34 | 405,08 |
| CV (%) | | 18,58 | 9,83 |

CV= coeficiente de variação.

Não houve interação ($P>0,05$) entre os níveis de proteína bruta e padrões de aminoácidos estudados sobre os valores de AST e CK.

Não houve efeito dos níveis de proteína e dos padrões de aminoácidos sobre os valores da AST ($P>0,05$) e os níveis encontrados não indicam aumento de sua atividade. Também não houve efeito dos tratamentos para os valores de CK ($P>0,05$).

3.3.2. Parâmetros hematológicos: Leucócitos, heterófilos e linfócitos

Os resultados de leucócitos totais (LEUC), heterófilos (H), linfócitos (L) e heterófilos/ linfócitos (H/L) no sangue de frangos de corte criados em ambiente com estresse térmico por calor estão apresentados na tabela 13. Não houve efeito ($P>0,05$) dos tratamentos para os níveis de leucócitos totais. Houve interação (Tabelas 14, 15 e 16) entre os níveis de proteína e padrões de

aminoácidos para os níveis de heterófilos ($P \leq 0,01$), linfócitos ($P \leq 0,05$) e consequentemente para a relação heterófilo/linfócito ($P \leq 0,01$).

Tabela 13. Efeito dos níveis de proteína e dos padrões de aminoácidos da dieta sobre os níveis de leucócitos totais (LEUC), heterófilos (H), linfócitos (L) e da relação heterófilos/ linfócitos (H/L), no sangue de frangos de corte criados em ambiente com estresse térmico por calor

| Proteína | AA | LEUC (cel/ μ l) | H(%) | L (%) | H/L |
|-----------------------|-------|---------------------|--------|--------|--------|
| 19 | Alto | 8035,71 | 25,43 | 70,43 | 0,37 |
| | Baixo | 10535,71 | 16,86 | 73,00 | 0,23 |
| 21 | Alto | 6500,00 | 23,57 | 70,71 | 0,34 |
| | Baixo | 8321,43 | 27,14 | 64,14 | 0,42 |
| Valor de P PB*AA | | 0,7602 | 0,0003 | 0,0433 | 0,0015 |
| Proteína | | | | | |
| 19% | | 9285,71 | 21,14 | 71,71 | 0,30 |
| 21% | | 7410,71 | 25,36 | 67,93 | 0,38 |
| Valor de P Proteína | | 0,1009 | 0,0079 | 0,0589 | 0,0126 |
| Aminoácido | | | | | |
| Alto | | 7267,86 | 24,50 | 70,57 | 0,35 |
| Baixo | | 9428,57 | 22,00 | 69,07 | 0,33 |
| Valor de P Aminoácido | | 0,0610 | 0,0984 | 0,4396 | 0,3815 |
| Média Geral | | 8348,21 | 23,25 | 69,82 | 0,34 |
| CV (%) | | 34,83 | 16,55 | 7,23 | 23,41 |

CV= coeficiente de variação.

Tabela 14. Interação entre os níveis de proteína e padrões de aminoácidos das dietas sobre os valores de heterófilos dos frangos criados em ambiente quente

| Proteína | Heterofilos (%) | |
|----------|---------------------|---------------------|
| | AA | |
| | Alto | Baixo |
| 19 % | 25.43 ^{aA} | 16.86 ^{bB} |
| 21 % | 23.57 ^{aA} | 27.14 ^{aA} |

Médias seguidas por diferentes letras maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas diferem entre si pelo teste F.

Tabela 15. Interação entre os níveis de proteína e padrões de aminoácidos das dietas sobre os valores de linfócitos dos frangos criados em ambiente quente

| Característica | Linfócitos (%) | |
|----------------|---------------------|---------------------|
| | AA | |
| | Alto | Baixo |
| 19 % | 70.43 ^{aA} | 73.00 ^{aA} |
| 21 % | 70.71 ^{aA} | 64.14 ^{bA} |

Médias seguidas por diferentes letras maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas diferem entre si pelo teste F.

Tabela 16. Interação entre os níveis de proteína e padrões de aminoácidos das dietas sobre a relação heterófilo/linfócito dos frangos criados em ambiente quente

| Característica | Relação H/L | |
|----------------|--------------------|--------------------|
| | Aminoácido | |
| Proteína | Alto | Baixo |
| 19 % | 0.37 ^{aA} | 0.23 ^{bB} |
| 21 % | 0.34 ^{aA} | 0.42 ^{aA} |

Médias seguidas por diferentes letras maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas diferem entre si pelo teste F.

De acordo com os resultados, os frangos que receberam ração com 19% PB e padrão alto de aminoácidos tiveram maior nível de heterófilo comparados aos frangos que receberam ração com 19% PB e padrão baixo de aminoácidos. Para os frangos que receberam o padrão baixo de aminoácidos, os que recebiam 21%PB apresentaram maior nível de heterófilo comparados aos que recebiam 19%PB.

Em relação aos linfócitos, os frangos que receberam padrão baixo de aminoácidos apresentaram maior nível de linfócitos quando a ração continha 19% PB em comparação com os que recebiam 21% PB.

Os frangos que recebiam ração com 19% PB e padrão alto de aminoácidos apresentaram maior relação H/L em comparação com os que recebiam 19% PB e padrão baixo de aminoácidos. Para os frangos que receberam padrão baixo de aminoácidos, a relação H/L foi menor quando recebiam ração com 19% PB comparados aos que recebiam 21% PB.

4. DISCUSSÃO

4.1. Parâmetros Fisiológicos: frequência respiratória e temperatura corporal

Observou-se aumento da frequência respiratória, a partir dos 23 dias de idade, quando as aves foram submetidas à temperatura ambiente elevada. Esse resultado é justificado, uma vez que em condições de estresse por calor, as aves aumentam a perda de calor por evaporação na tentativa de manter a homeotermia. De acordo com Teeter (1994), quando há aumento da temperatura ambiente, acima do conforto térmico, a dissipação de calor por radiação, condução e convecção diminui e a evaporação, via ofegação, torna-se o principal processo de dissipação de calor em aves. No entanto, o aumento desse mecanismo gera mais energia por meio da contração dos músculos, produzindo mais calor e pode determinar hipertermia grave para frangos de corte (Yahav et al., 2005).

As características fisiológicas dos frangos de corte variam durante a vida. É definida uma faixa de frequência respiratória única para todo o período de criação, variando de 20 a 40 respirações/min em situações de conforto térmico (Nascimento et al., 2012). Para frangos criados em ambiente quente, Macari e Furlan (2001) consideraram o valor de 150 respirações/min como limite superior da condição de estresse.

No presente trabalho, as médias de temperatura cloacal observadas nos frangos estressados por calor se encontram entre 41 e 42°C, que é a faixa de temperatura considerada normal para frangos de corte (Welker et al., 2008).

De acordo com Marchini et al. (2007), em ambientes com temperaturas altas, a perda de calor sensível, que depende da diferença entre a temperatura ambiente e a temperatura da pele, pode ser nula. Bem como, quando submetidos à temperatura ambiente cíclica elevada, frangos de

corde podem apresentar aumento da temperatura retal, podendo alcançar 42,9°C aos 35 dias de idade. Esse comportamento está usualmente associado a menor resistência do frango ao calor e pode ser explicado pela redução na dissipação de calor para o ambiente, se este apresentar temperaturas elevadas (Yalçin, 1997).

Sugere-se que a temperatura corporal aumente com a idade do frango, independentemente da temperatura ambiente e que a frequência respiratória reduz com a idade para as aves criadas em termoneutralidade (Marchini et al., 2007). Dessa forma, as elevadas médias de frequência respiratória observadas neste trabalho indicam que as aves estavam em desconforto térmico, mas também mostram que o aumento dessa frequência foi suficiente para manter a homeotermia, o que é possível observar por meio das médias de temperatura cloacal. É válido ressaltar que a checagem da temperatura cloacal é uma medida utilizada para mensurar o calor estocado pelo animal e avaliar o conforto das aves.

4.2. Peso relativo de órgãos linfóides

Considerando a importância da bursa e do baço, no desenvolvimento de linfócitos B e na formação de anticorpos, pode-se esperar que as reduções no crescimento da bursa, devido ao menor padrão de aminoácidos da dieta, podem influenciar negativamente nas respostas da imunidade humoral (Lochmiller et al., 2014).

Lochmiller et al. (2014) observaram que os pesos relativos de baço e bursa foram influenciados pelos níveis de proteína das dietas. Frangos que receberam dietas mais proteicas tiveram maior peso relativo desses órgãos. De acordo com os mesmos autores, os órgãos linfóides são centros de intensa divisão e proliferação celular e podem ser afetados negativamente quando as dietas são de baixa proteína. Da mesma forma, demonstraram que o crescimento e o desenvolvimento

da bursa e do baço são particularmente suscetíveis a deficiências proteicas na dieta de frangos de 28 a 49 dias de idade.

Os autores encontraram pesos do baço e da bursa 178 e 132% maiores nos frangos aos 42 dias de idade quando recebiam dietas mais proteicas em comparação com os frangos que recebiam dietas menos proteicas. Devido a essa diferença de peso dos órgãos linfóides dos frangos que recebiam diferentes níveis de proteína, os autores avaliaram o efeito do desenvolvimento deprimido sobre a capacidade desses órgãos linfóides primário (bursa) e secundário (baço) de manter e gerar quantidade adequada de linfócitos viáveis. A redução do número de células dos órgãos linfóides foi proporcional ao grau de crescimento (células/mg de tecido).

O resultado encontrado no presente estudo para o peso relativo do timo se assemelha ao de Soares (2014) que observou maior peso desse órgão nos frangos que recebiam rações contendo 18, 20 e 22% de proteína bruta em comparação à ração de 16% de PB.

4.3. Parâmetros sanguíneos

4.3.1. Parâmetros bioquímicos

O estado de estresse implica em uma necessidade aumentada de energia, porque caracteriza uma grande atividade ao nível de sistema neuro-muscular e demais tecidos. Um aumento do tônus muscular esquelético acontece, dada a ação das catecolaminas, preparando o indivíduo para possíveis atividades físicas, o que equivale a manter um estado de alerta. Assim, o organismo precisa de um nível aumentado de glicose, pois o sistema nervoso é dependente direto da glicose sanguínea, e outros nutrientes como aminoácidos, sais e vitaminas, indispensáveis para sustentar o aumento da atividade (Cabral et al., 1997). Ou seja, a taxa de glicose precisa estar aumentada no sangue para que haja energia disponível ao longo do estresse. No presente experimento o nível aumentado de glicose (embora ainda dentro do intervalo considerado normal para aves

sadias), necessário para redução do estresse no sentido de sustentar o aumento da atividade, foi alcançado com o nível de 21%PB e padrão baixo de aminoácidos.

Em aves sadias, os valores de glicose podem variar entre 200 a 500 mg/dL (Thrall et al., 2012). Puvadolpirod e Thaxton (2000) encontraram maiores valores de glicose em frangos injetados com hormônio ACTH, portanto, a hiperglicemia relaciona-se com quadros de estresse. De acordo com Capitelli e Crosta (2013) a hiperglicemia nas aves é induzida por altos níveis de glicocorticoides endógenos ou exógenos em situações como esforço, excitação, temperaturas extremas, estresse ou medicação com glicocorticoides. Considerando que os frangos preferem metabolizar a glicose, sendo esta a fonte primária de energia, seu aumento, alimentar ou medicamentoso, ou a inclusão de carboidratos ou aminoácidos na dieta que possam ser convertidos em glicose parecem ter efeito na redução do estresse (Klasing et al., 1987).

Soares (2014) constatou que as dietas mais proteicas (20 e 22%PB) refletiram em menores níveis de glicose sanguínea, quando comparadas à dieta com 16% PB, relacionando à maior disponibilização de proteína como fonte secundária de energia, o que reduziria a dependência da glicose como fonte primária. De forma semelhante, Kamran et al. (2016) observaram que o nível de glicose e triglicerídeos sanguíneos aumentaram quando reduziram a proteína bruta da dieta dos frangos, segundo os autores pode ter havido aumento da ingestão de nutrientes ou diminuição à sensibilidade à insulina, afetando o transporte e utilização da glicose. Em relação aos níveis de triglicerídeos, os autores observaram aumento linear nas concentrações plasmáticas, o que foi inesperado, uma vez que a relação Proteína: Energia foi mantida constante em todas as dietas. Como o conteúdo de gordura das dietas de baixa proteína foi baixo, os níveis aumentados de triglicerídeos no plasma indicaram aumento na lipogênese. A esse respeito, os autores concluíram que os baixos teores de energia metabolizável e PB das dietas resultaram em

aumento na ingestão desses nutrientes, o que, provavelmente, aumentou a lipogênese e os níveis plasmáticos de triglicérides.

Os níveis de colesterol encontrados no presente estudo permaneceram dentro dos limites fisiológicos que variam de 100 a 250 mg/dL como descrito por Lumeij (1997) e não foram influenciados ($p \geq 0,05$) pelos níveis de proteína e padrões de aminoácidos avaliados nas dietas.

Sabe-se que o estresse pode causar aumento nos níveis de colesterol total, causado pela hiperatividade da glândula adrenal, que produz hormônios adrenocorticotrópicos para os quais o colesterol atua como um precursor (Borsa et al., 2011; Chand et al., 2018). Todavia, a proteína da dieta já foi relatada por ter pouco efeito sobre os níveis séricos de colesterol em frangos (David Kritchevsky et al., 1959).

Soares (2014) observou redução nos níveis de colesterol nos frangos que receberam a dieta mais proteica e associou ao aumento da lipoproteína transportadora HDL. A maior disponibilidade proteica possivelmente contribuiu para maior síntese de HDL, conseqüentemente aumentando o carregamento de colesterol para os adipócitos.

Os valores de proteína sérica encontrados no presente trabalho estão no intervalo de referência para aves saudáveis que é de 2,5 a 4,5 g/dL (Thrall et al., 2012). A albumina é a mais importante das proteínas sanguíneas e os resultados deste trabalho apresentam relação albumina/proteína em torno de 50%, estando dentro da normalidade.

Segundo Schmidt et al. (2007) e Kaneko et al. (2008), os níveis normais de albumina em aves variam de 1,6 a 2,0 g/dL de sangue e estes valores equivalem de 40 a 60% da fração proteica total, sendo sintetizada 100% no fígado, por isso sua medição pode estar relacionada ao diagnóstico de doenças hepáticas.

No presente estudo, menores valores de proteína e albumina séricos foram encontrados quando os frangos recebiam a dieta menos proteica. De maneira geral, a concentração das proteínas está na dependência dos equilíbrios hídrico e hormonal, estado nutricional e outros fatores envolvidos em condições de saúde (Jain, 1993).

Baixos níveis de proteínas e aminoácidos na dieta de frango de corte têm sido associados à diminuição da proteína sérica total e da albumina (Emadi et al., 2010). Hernandez et al. (2012) também observaram diminuição nos níveis de albumina e proteína total no plasma dos frangos que receberam menores níveis de PB e relacionaram com um déficit de aminoácidos ingeridos pelos animais.

Chand et al. (2018) avaliaram o perfil bioquímico sanguíneo em frangos de corte criados em alta temperatura ambiente e observaram que a redução da proteína sérica pode estar ligada ao aumento do estresse oxidativo causado pelo ambiente quente, que pode ser parcialmente devido à ingestão reduzida de proteínas e deficiência de aminoácidos essenciais, segundo os autores a baixa digestibilidade da proteína no estresse térmico por calor pode ser responsável pelo baixo nível de proteína sérica.

Os valores de lactato encontrados estão acima do valor de referência de 46,1mg/dL de sangue (Ross et al., 1978), o que pode ser explicado devido ao lactato ser um bom indicador da intensidade do esforço físico (como o da ofegação) comum no estresse (Brooks, 1991). O lactato é o produto da glicólise anaeróbica celular e seus níveis elevados no sangue estão associados ao aumento de metabolismo provocado pelo estresse. A glicólise anaeróbica resulta na formação e acúmulo de lactato no músculo, que reduz o pH da carne. A corticosterona, hormônio comum no estresse, eleva o metabolismo da ave, fazendo com que a glicólise anaeróbica ocorra a uma

velocidade maior que o normal. Dessa forma, é comum ocorrência de carnes PSE em frangos de corte criados sob condições estressantes de temperatura (Bridi et al., 2012)

Para as enzimas AST e CK, Rosebrough et al. (1996) estudaram os efeitos da proteína na dieta sobre o metabolismo de frangos de corte e observaram que os frangos que recebiam níveis mais baixos de proteína apresentavam menores níveis de AST no sangue.

A enzima intracelular mais útil no diagnóstico de lesão hepatocelular nas aves é a AST. Os valores de AST encontrados no presente estudo variaram entre 215 e 246 UI. Em geral, considera-se aumento da atividade plasmática de AST em aves quando ele for superior a 275 UI/ℓ. Esses aumentos resultam de lesão hepática ou muscular. É útil mensurar a atividade de CK simultaneamente à atividade de AST para a diferenciação entre lesão muscular e dano hepático. Uma elevação de AST sem a elevação concomitante na CK é altamente sugestiva de lesão hepatocelular (Thrall et al., 2012).

Os resultados de CK encontrados no presente estudo variaram entre 376 e 432 UI e indicam valores dentro da normalidade e podem variar de 100 a 500 UI/L, de acordo com Thrall et al. (2012). Portanto, não houve comprometimento hepático e/ou muscular nos frangos durante o período experimental.

4.3.2. Parâmetros hematológicos: leucócitos, heterófilo e linfócito

O sistema sanguíneo é sensível às mudanças de temperatura e constitui um importante indicador das respostas fisiológicas da ave a agentes estressores (Maxwell, 1993). Os valores normais de leucócitos no sangue dos frangos podem variar de 12.000 a 30.000 (cél/μL), porém podem ser influenciados pelo sexo, pela idade, pelas condições de estresse e doenças. A contagem diferencial de células no sangue tem mostrado que, do total de leucócitos, 60 a 65% são

linfócitos, 25 a 30% são heterófilos. Dessa forma, a proporção normal de heterófilo/ linfócito está entre 1/2 (Macari e Luquetti, 2002).

Em situações de estresse, nas quais ocorre liberação de hormônio corticotrófico (ACTH) e geralmente há redução da quantidade de linfócitos circulantes, há aumento da relação heterófilo/linfócito. Essa relação é menos variável que o número de células individuais e mais confiável que os níveis plasmáticos de corticosteroides ((Maxwell (1993); Macari e Luquetti (2002)). Portanto, é coerente afirmar que quanto menor a relação heterófilos/linfócitos melhor é o bem-estar das aves (Roll et al., 2010).

Attia et al. (2018) avaliaram o efeito de dietas com diferentes níveis de proteína, aumentando ou não a densidade energética para frangos criados em ambiente quente. Observaram efeito positivo da dieta de alta proteína e alta energia sobre o desempenho dos frangos e diminuição do índice de estresse representado pela relação H/ L. Estes resultados não corroboram os encontrados no presente estudo, no qual a dieta de menor nível proteico e baixo padrão de aminoácidos foi responsável pela menor relação H/ L, indicando melhor adaptação e menor índice de estresse.

5. Conclusão

De acordo com os resultados dos ajustes fisiológicos, bioquímica sanguínea e dos valores da relação H/ L encontrados neste trabalho, pode se concluir que os frangos foram eficientes em se adaptarem à situação de estresse causada pelo calor, provavelmente pelo período de termoneutralidade durante parte do dia. E ainda, que a nutrição pode minimizar as perdas de desempenho provocadas pelo estresse calórico por favorecer as respostas metabólicas e adaptativas das aves.

A dieta de baixa proteína e baixo padrão de aminoácido foi a que proporcionou menor relação H/L, indicando menor índice de estresse, portanto melhor bem estar das aves.

6. AGRADECIMENTOS E FONTES DE FINANCIAMENTO:

Os autores agradecem a assistência da Pró-Reitoria de Pesquisa da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). A assistência técnica dos colegas, especialmente os membros do GEAV é reconhecida com gratidão.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ATTIA, Y. A., AI-HARTHI, A.M., Sh. ELNAGGAR, A., 2018. Productive, physiological and immunological responses of two broilers strains fed different dietary regimens and exposed to heat stress. *Italian Journal of Animal Science*, 17, 686-697.
- BORSA, A.; KOHAYAGAWA, A.; BORETTI, L. P.; SAITO, M. E., 2011. Efeitos da interação entre aflatoxicoses e doença infecciosa bursal sobre níveis de enzimas de função hepática, colesterol e triglicerídeos em frangos de corte. *Veterinária em Foco, Canoas*. 8, 132- 142.
- BRIDI, A.M; FONSECA, N.A.N.; SILVA, C.A.; BALARIN, M.R.S.; FLAIBAN, K.K.M.C.; COSTANTINO, C.; TARSITANO, M.A.; CARDOSO, T.A.B. Indicadores de estresse e qualidade da carne em frangos abatidos pelo método “Halal”. *Revista Semina*, v.33, n. 6., p. 2451-2460, 2012.
- BROOKS, G.A., 1991. Current concepts in lactate exchange. *Medicine Science in Sports and Exercise*, 23, 895-906.
- CABRAL, A.P.T.; LUNA, J.F.; SOUZA, K.N.; MACEDO, L.M.; MENDES, M.G.A.; MEDEIROS, P.A.S.M.; GOMES, R.M.; SOUZA, F.P.; 1997. O estresse as doenças psicossomáticas. *Revista de Psicofisiologia*, v.1, n.1. Disponível em: <http://labs.icb.ufmg.br/lpf/mono1.pdf>. Acessado em 10/01/2019.
- CAPITELLI, R.; CROSTA, L.; 2013. Overview of psittacine blood analysis and comparative retrospective study of clinical diagnosis, hematology and blood chemistry in selected psittacine species. *Veterinary Clinics of North America: Exotic Animal Practice, Texas*, v. 16, n. 1, p. 71–120.

- CHAND, N.; NAZ, S.; REHMAN, Z.; KHAN, R.U., 2018. Blood biochemical profile of four fast-growing broiler strains under high ambient temperature. *Applied Biological Chemistry*, 61, 273-279.
- COBB-VANTRESS, 2009. INC. suplement: Desempenho e nutrição para frangos de corte: cobb500TM. disponível em: <http://www.cobbvantress.com/languages/portuguese/products/cobb500>. Acessado em: Dezembro, 2017.
- DAVID KRITCHEVSKY, RUTH R. K., GUTTMACHER, R.M., MARTIN F., 1959. Influence of Dietary Carbohydrate and Protein on Serum and Liver Cholesterol in Germ-Free Chickens. *Archives of biochemistry and biophysics*. 86, 444-451.
- EMADI M, KAVEH K, BEJO MH, IDERIS A, JAHANSHIRI F, IVAN M, ALIMON R., 2010. Growth performance and blood parameters as influenced by different levels of dietary arginine in broiler chickens. *J. Anim. Vet. Adv.* 9, 70-74.
- FERREIRA NETO, J.M.; VIANA, E.S.; MAGALHÃES, L.M. 1978. *Patologia clínica veterinária*. Belo Horizonte: Rabelo e Brasil, 293p.
- HARRISON, P.C., BIELLIER., H.V., 1968. Physiological response of domestic fowl to abrupt changes of ambient air temperature. *Poultry Science*. 48, 1034–1045.
- HERNÁNDEZ,F.; LÓPEZ ,M. MARTÍNEZ , S; MEGÍAS ,M.D.; CATALÁ,P.; MADRID, J., 2012. Effect of low-protein diets and single sex on production performance, plasma metabolites, digestibility, and nitrogen excretion in 1- to 48-day-old broilers. *Poultry Science*. 91, 683-692.
- JAIN, N.C. *Essentials of veterinary hematology*. Philadelphia: Lea e Febiger, 1993.
- KAMRAN, Z.; MIRZA, A.; AHSAN-ULHAQ; MAHMOOD, S., 2004. Effect of decreasing dietary protein levels with optimal amino acids profile on the performance of broilers. *Pakistan Veterinary Journal*. 24, 302-312.
- KANEKO, J. J; HARVEY, J.W.; BRUSS, M. L., 2008. *Clinical biochemistry of domestic animals* 6.ed. Elsevier Inc., 918p.
- KLASING, K. C.; LAURIN D.E.; FRY, D.M., 1987. Immunologically mediated growth depression in chicks: Influence of feed intake, corticosterone and interleukin-1. *Journal Nutrition*. 117, 1629–1637.
- LARA, L.J.; ROSTAGNO, M.H., 2013. Impact of Heat Stress on Poultry Production Animals, 3, 356-369.
- LIN, H., JIAO, H.C., BUYSE, J. DECUYPERE, E., 2005. Strategies for preventing heat stress in poultry. *World's Poultry Science*, 62 , 71-86.

- LOCHMILLER, R.L., VESTEY, M.R., BOREN, J.C., 1993. Relationship between protein nutritional status and immunocompetence in northern bobwhite chicks. *The Auk*. 110, 503–510.
- LUMEIJ, J.T. Avian clinical biochemistry. In: KANEKO, J. J., HARVEY, J. W., BRUSS, M. L., 2008. (Ed). *Clinical Biochemistry of Domestic Animals*. 6 th ed., Burlington, MA: Academic Press, 839-872. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-370491-7.00030-1>
- MACARI, M., FURLAN, R.L., 2001. Ambiência na produção de aves de corte. In: SILVA, I.J.O. (Ed.). *Ambiência na produção de aves em clima tropical*. Piracicaba: FUNEP. 1, 31–87.
- MACARI, M., LUQUETTI, B.C. Fisiologia cardiovascular. In: MACARI, M.; FURLAN, R.L.; GONZALES, E., 2002. (Eds.) *Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte*. 2.ed. Jaboticabal: Universidade Estadual Paulista, 17-36.
- MARCHINI, C.F.P., NASCIMENTO, M.R.B.M., TAVARES, M. 2007. Frequência respiratória e temperatura cloacal em frangos de corte submetidos à temperatura ambiente cíclica elevada. *Archives of Veterinary Science*.12, 41–46.
- MAXWELL, M. H., 1993. Avian blood leucocyte responses to Stress. *World's Poultry Science Journal*, 49, 34-43.
- NASCIMENTO, S.T., SILVA, I. J. O., MOURÃO, G.B., CASTRO, A.C., 2012. Bands of respiratory rate and cloacal temperature for different broiler chicken strains. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 41, 1318-1324.
- PUVADOLPIROD, S., THAXTON, J.P., 2000. Model of physiological stress in chickens: Response parameters. *Poultry Science*.79,363-369.
- QUINTEIRO-FILHO, W.M., RIBEIRO, A., FERRAZ-DE-PAULA, V., PINHEIRO, M.L., SAKAI, M., SÁ, L.R.M., FERREIRA, A.J.P., PALERMO-NETO, J., 2010. Heat stress impairs performance parameters, induces intestinal injury, and decreases macrophage activity in broiler chickens. *Poultry Science*. 89, 1905-1914.
- RYDER, A.A.; FEDDES, J.J.R.; ZUIDHOF, M.J., 2004. Field Study to Relate Heat Stress Index to Broiler Performance. *Journal of Applied Poultry Research*, 13, 493-499.
- ROLL, V.F.B., LOPES, L.L., ROSSI, P., ANCIUTI, M.A., RUTZ, F., XAVIER, E.G., SILVA, S.S., 2010. Hematologia de frangos alimentados com dietas contendo aflatoxinas e adsorvente de toxinas. *Archivos de Zootecnia*. 59, 93-101.
- ROSEBROUGH, R.W., MITCHELL, A.D., McMURTRY, J.P., 1996. Dietary Crude Protein Changes Rapidly Alter Metabolism and Plasma Insulin-Like Growth Factor I Concentrations In Broiler Chickens. *American institute of nutrition*. 126, 2888-2898.

- ROSS, J.G., CHRISTIE, G., HALLIDAYM, W.G.F., 1978. Hematological and blood chemistry “comparison values” for clinical pathology in poultry. *Veterinary Record*, 102, 29-31.
- ROSTAGNO, H.S. 2011. Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais. 3th ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa. 186 pages.
- SAS STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM. 2002. User’s guide: Statistics. Version 9.0, NC; SAS Institute.
- SCHMIDT, E., LOCATELLI -DITTRICH, R., SANTIN, E., PAULILLO, A., 2007. Patologia clínica em aves de produção: uma ferramenta para monitorar a sanidade avícola – revisão. *Archives of Veterinary Science*. 12, 9-20.
- SOARES, K.R. *Níveis de proteína na dieta para frangos de corte criados em termoneutralidade e estresse cíclico por calor*. Tese (Doutorado em Zootecnia). 2014. 164f. Programa de pós graduação em Zootecnia, Universidade Federal de Minas Gerais.
- TEETER, R.G. 1994. Optimizing production of heat stressed broilers. *Poultry Digestion*. 53, 10–27.
- THRALL, M.A., WEISER, G., ALLISON, R.W., CAMPBELL, T.W., 2012. *Veterinary hematology and clinical chemistry*. 2. ed. Ames: Wiley-Blackwell. 776p.
- WELKER, J.S., ROSA, A.P., MOURA, D.J., MACHADO, L.P., CATELAN F., UTTPATEL, R., 2008. Temperatura corporal de frangos de corte em diferentes sistemas de climatização. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 37, 1463–1467.
- YAHAV, S., LUGER, D., CAHANER, A., DOTAN, M., RUSAL, M., HURWITZ, S., 1998. Thermoregulation in naked neck chickens subjected to different ambient temperatures. *British Poultry Science*. 39, 133–138.
- YALÇIN, S., SETTAR, P., ÖZKAN, S., CAHANER, A., 1997. Comparative evaluation of 3 commercial broiler stocks in hot versus temperate climates. *Poultry Science*. 76, 921–929.