

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

NÍVEIS DE ENERGIA METABOLIZÁVEL EM RAÇÕES PARA FRANGOS DE CORTE
EM AMBIENTE DE CONFORTO TÉRMICO OU SOB ESTRESSE POR CALOR.

MAURÍCIO DE PAULA FERREIRA TEIXEIRA

BELO HORIZONTE
2015

MAURÍCIO DE PAULA FERREIRA TEIXEIRA

NÍVEIS DE ENERGIA METABOLIZÁVEL EM RAÇÕES PARA FRANGOS DE CORTE
EM AMBIENTE DE CONFORTO TÉRMICO OU SOB ESTRESSE POR CALOR.

Tese apresentada à Escola de Veterinária da
Universidade Federal de Minas Gerais, como
requisito parcial para obtenção do grau de
Doutor em Zootecnia.

Área de concentração: Produção Animal
Orientador: Prof. Nelson Carneiro Baião

BELO HORIZONTE
2015

T266n Teixeira, Maurício de Paula Ferreira, 1986-
Níveis de energia metabolizável em rações para frangos de corte em ambiente de conforto térmico ou sob estresse por calor / Maurício de Paula Ferreira Teixeira. – 2015. 110 p. : il.

Orientador: Nelson Carneiro Baião
Tese (doutorado) – Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Veterinária
Inclui bibliografia

1. Frango de corte – Alimentação e rações – Teses. 2. Dieta em veterinária – Teses. 3. Energia – Metabolismo – Teses. 4. Produção animal – Teses. 5. Digestibilidade – Teses. I. Gonçalves, Lúcio Carlos. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Veterinária. III. Título.

CDD – 636.513 085

TESE defendida e aprovada em 13/04/2015, pela Comissão Examinadora composta pelos seguintes membros:

Prof. Dr. Nelson Carneiro Baião

Prof. Dr. Dalton de Oliveira Fontes

Prof. Dr. Ricardo Reis e Silva

Prof. Dr. Carlos Henrique de Figueiredo Vasconcellos

Prof. Dr. Márvio Lobão Teixeira de Abreu

“Ensinar não é transferir conhecimento, mas criar as possibilidades para a sua própria produção ou a sua construção”.

Paulo Freire

DEDICATÓRIA

Este trabalho é dedicado à minha esposa Juliana,
aos meus pais Vicente e Maurícia, minhas irmãs Juliana e Valéria, a minha sogra Raquel e
minha avó do coração Zélia
pelo amor, companheirismo e dedicação.

Agradecimentos

Agradeço ao Professor Nelson Carneiro Baião pelas orientações, apoio e amizade.

Agradeço ao Professor Leonardo Lara e a Kamilla Soares pela amizade, oportunidade e confiança na realização deste trabalho.

Agradeço a Juliana pelo amor, atenção, companheirismo e paciência.

Ao professor Ricardo Reis pelos ensinamentos e paciência durante a condução dos experimentos.

Aos professores: Roselene Ecco e Dalton Fontes pelos ensinamentos, disponibilidade e amizade.

Aos colegas, amigos e companheiros, especialmente aos da equipe de avicultura e do LAMA: Luiz, Paulinha, Cristiano, Fernanda, Rodrigo, Adriano, Diogo, Cadu, Ed, Kamilla, Chris, Vanessa, Raquel, Júlia, Mariana Masseo, Mariana Pompeu, Ju voltinha, Marilane, Anna Rosa, Larissa, Eveline, Winnie, Cátia, Renata, Pedro Gibim, Helena, André Negão, Anna Carolynne, Juliana Sávia e Alexandre.

Aos funcionários do departamento de Zootecnia, Heloísa, Marcos, Paula e Vanessa, sempre dispostos a cooperar e ajudar.

A todo o pessoal da fazenda experimental Prof. Hélio Barbosa

A todo o pessoal do laboratório de nutrição principalmente Toninho e Kelly.

A todo pessoal da Patologia clínica em especial Carla, Anna e Pâmela.

Aos amigos do “Xerox”.

Aos amigos da portaria em especial o Sr. Nilson e Roberto.

A toda equipe de limpeza da UFMG.

A CAPES pela bolsa de estudo concedida.

Ao CNPq pelo auxílio financeiro para execução do projeto.

A todos os familiares e amigos que, no convívio diário, estão de alguma forma sempre cooperando e incentivando.

SUMÁRIO

RESUMO.....	13
ABSTRACT.....	14
1 INTRODUÇÃO.....	15
2 REVISÃO DE LITERATURA	16
2.1 Ambiente interno, homeostase e estresse por calor.....	16
2.2 Respostas fisiológicas em aves estressadas por calor.....	17
2.2.1 Alterações comportamentais.....	17
2.2.2 Estresse por calor x digestibilidade dos nutrientes.....	18
2.2.3 Estresse por calor x parâmetros sanguíneos	19
2.2.4 Eletrólitos e equilíbrio ácido-básico	20
2.2.5 Parâmetros hematológicos	24
2.2.6 Perfil bioquímico	29
2.3 Calor x densidade energética da ração	31
2.3.1 Energia.....	31
2.3.2 Processos de determinação da energia.....	32
2.3.3 Exigências energéticas para manutenção e para o crescimento	36
2.3.4 Densidade energética da ração	38
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	41
3.1 Aves, instalações e manejo das aves nos experimentos	41
3.2 Tratamentos e dietas	42
3.3. Variáveis analisadas	44
3.3.1. Parâmetros Fisiológicos.....	44
3.3.1.1. Temperatura retal.....	44
3.3.1.2. Determinação de parâmetros de hemogasometria, bioquímicos e hematológicos ..	45
3.3.2. Digestibilidade de nutrientes e energia.....	46
3.3.3. Determinação da produção de calor, energia líquida e energia de manutenção.....	47
3.3.4. Avaliação de desempenho produtivo.....	49
3.3.4.1. Consumo de ração	49
3.3.4.2. Ganho de peso	49
3.3.4.3. Conversão alimentar	49
3.3.4.4. Viabilidade	50
3.3.4.5. Índice de eficiência produtiva.....	50
3.3.5. Peso relativo de órgãos	50
3.3.6. Análise de custos	51
3.4. Delineamento experimental e análises estatísticas	51
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	53
4.1. Experimento I: “Efeito de diferentes níveis de energia metabolizável na dieta sobre parâmetros sanguíneos, digestibilidade e desempenho de frangos de corte criados em termoneutralidade”	53
4.1.1. Temperatura retal.....	53
4.1.2. Hemogasometria sanguínea.....	54
4.1.3. Bioquímica sanguínea	58
4.1.4. Leucócitos totais, heterófilos e linfócitos	60
4.1.5. Peso relativo de órgãos	62
4.1.6. Digestibilidade.....	65
4.1.7. Balanço energético	66
4.1.8. Desempenho das aves.....	69

4.2. Experimento II: “Efeito de diferentes níveis de energia metabolizável na dieta sobre parâmetros sanguíneos, digestibilidade e desempenho de frangos de corte criados em estresse cíclico por calor”	73
4.2.1. Temperatura retal.....	73
4.2.2. Hemogasometria sanguínea	74
4.2.3. Bioquímica sanguínea	79
4.2.4. Leucócitos, heterófilos e linfócitos.....	81
4.2.5. Peso relativo de órgãos	83
4.2.6. Digestibilidade.....	85
4.2.7. Balanço energético	87
4.2.8. Desempenho das aves.....	90
5 CONCLUSÕES	93
5.1. Experimento I	93
5.2. Experimento II.....	94
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	96

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Descrição da temperatura e umidade relativa do ar nos ambientes ATN e EPC.....	42
Tabela 2. Composição percentual e valores nutricionais calculados das rações utilizadas nos experimentos.....	43
Tabela 3. Efeito do nível de EM da dieta sobre a temperatura retal dos frangos em diferentes idades, criados em termoneutralidade.....	53
Tabela 4. Efeitos do nível de EM da dieta sobre: o pH, pO ₂ , pCO ₂ , HCO ₃ ⁻ , tHB e Htc no sangue de frangos em diferentes idades criados em termoneutralidade.....	54
Tabela 5. Efeito do nível de energia metabolizável da dieta sobre os níveis de Na ⁺ e K ⁺ no sangue de frangos em diferentes idades criados em termoneutralidade.....	57
Tabela 6. Efeito do nível de EM da dieta sobre os níveis de GLIC, COL, TRIG, LAC e PROT no sangue de frangos em diferentes idades criados em termoneutralidade.....	58
Tabela 7. Efeito do nível de EM da dieta sobre os valores de LEUC, HET, LINF e HET/LINF no sangue de frangos em diferentes idades criados em termoneutralidade.....	60
Tabela 8. Peso relativo do peito, gordura abdominal, baço, bursa, coração, pulmão, proventrículo, moela, intestinos e fígado com vesícula dos frangos de corte machos aos 42 dias de idade, mantidos em ambiente termoneutro de acordo com os níveis de EM.....	62
Tabela 9. CDMS, CDPB e CDEE das rações de acordo com o nível de energia metabolizável da dieta de frangos de corte em crescimento criados em termoneutralidade	65
Tabela 10. Efeito do nível de EM na ração de frangos de corte em crescimento criados em termoneutralidade sobre o balanço de energia, na matéria seca.....	67
Tabela 11. Desempenho e custo da ração por kg de peso vivo de frangos de corte machos de 19 a 41 dias de idade mantidos em ambiente termoneutro de acordo com os níveis de EM das rações.....	70
Tabela 12. Efeito do nível de energia metabolizável da dieta sobre a temperatura retal de frangos em diferentes idades criados em estresse cíclico por calor.....	74
Tabela 13. Efeitos do nível de EM da dieta sobre: o pH, pO ₂ , pCO ₂ , HCO ₃ ⁻ , tHB e Htc no sangue de frangos de corte em diferentes idades criados em estresse cíclico por calor.....	75
Tabela 14. Efeitos do nível de EM da dieta sobre os níveis de Na ⁺ e K ⁺ no sangue de frangos em diferentes idades criados em estresse cíclico por calor.....	78
Tabela 15. Efeito do nível de energia metabolizável da dieta sobre os níveis de GLIC, COL, TRIG, LAC, PROT e ALB no sangue de frangos em diferentes idades criados em estresse cíclico por calor.....	79
Tabela 16. Efeitos dos níveis de EM da dieta sobre os níveis de LEUC, HET, LINF e HET/LINF no sangue de frangos em diferentes idades criados em estresse cíclico por calor.....	82
Tabela 17. Peso relativo do peito, gordura abdominal, baço, bursa, coração, pulmão, proventrículo, moela, intestinos e fígado com vesícula dos frangos de corte machos aos 42 dias de idade, mantidos em estresse de calor de acordo com os níveis de EM.....	84
Tabela 18. CDMS, CDPB e CDEE das rações de acordo com o nível de EM da dieta de frangos de corte em crescimento criados em estresse por calor.....	86
Tabela 19. Efeito do nível de energia metabolizável na ração de frangos de corte criados em estresse por calor sobre o balanço de energia, na matéria seca.....	88
Tabela 20. Desempenho dos frangos de corte machos de 19 a 41 dias mantidos em estresse por calor e alimentados com rações com níveis crescentes de EM.....	91

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Esquema representativo dos sistemas energéticos.....	31
Figura 2. Peso relativo do baço de frangos de corte machos aos 42 dias de idade, mantidos em ambiente termoneutro de acordo com os níveis de EM.....	64
Figura 3. Peso relativo da moela de frangos de corte machos aos 42 dias de idade, mantidos em ambiente termoneutro de acordo com os níveis de EM.....	64
Figura 4. Peso relativo do fígado com vesícula de frangos de corte machos aos 42 dias de idade, mantidos em ambiente termoneutro de acordo com os níveis de EM.....	65
Figura 5. Coeficiente de digestibilidade do extrato etéreo das rações de acordo com o nível de energia metabolizável da dieta de frangos de corte em crescimento criados em termoneutralidade.....	66
Figura 6. Efeito do nível de EM na ração de frangos de corte em crescimento criados em termoneutralidade sobre a EMAn calculada das dietas.....	68
Figura 7. Efeito do nível de EM na ração de frangos de corte em crescimento criados em termoneutralidade sobre a EL das dietas.....	68
Figura 8. Efeito do nível de EM da ração sobre o ganho de peso de frangos de corte mantidos em ambiente termoneutro.....	71
Figura 9. Efeito do nível de EM da ração sobre a conversão alimentar de frangos de corte mantidos em ambiente termoneutro.....	72
Figura 10. Consumo de diário de EM de frangos de corte machos de 19 a 41 dias de idade mantidos em ambiente termoneutro de acordo com os níveis de EM das rações.....	72
Figura 11. Regressão do índice de eficiência produtiva (IEP) em função do nível de EM na dieta de frangos de corte em crescimento criados em ambiente termoneutro.....	73
Figura 12. Peso relativo dos intestinos de frangos de corte machos aos 42 dias de idade, mantidos em estresse cíclico por calor de acordo com os níveis de EM.....	85
Figura 13. Coeficiente de digestibilidade da proteína bruta das rações de acordo com o nível de energia metabolizável da dieta de frangos de corte em crescimento criados em estresse cíclico por calor.....	87
Figura 14. Coeficiente de digestibilidade do extrato etéreo das rações de acordo com o nível de energia metabolizável da dieta de frangos de corte em crescimento criados em estresse cíclico por calor.....	87
Figura 15. Efeito do nível de EM na ração sobre o incremento calórico de frangos de corte em crescimento criados em estresse cíclico por calor.....	89
Figura 16. Efeito do nível de EM na ração sobre a EMAn de frangos de corte em crescimento criados em estresse cíclico por calor.....	90
Figura 17. Efeito do nível de EM na ração sobre a EMAn de frangos de corte em crescimento criados em estresse cíclico por calor.....	90
Figura 18. Efeito do nível de EM da ração sobre a conversão alimentar de frangos de corte mantidos em ambiente de estresse cíclico por calor.....	92
Figura 19. Efeito do nível de EM da ração sobre o custo da ração por kg de frango criado em ambiente de estresse cíclico por calor.....	93

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ACTH	Hormônio adrenocorticotrófico
ALB	Albumina
ATN	Ambiente termoneutro
ATP	Compostos fosfóricos de alta energia
BN	Balanço de Nitrogênio
CA	Conversão alimentar
CDEE	Coefficientes de digestibilidade do extrato etéreo
CDMS	Coefficientes de digestibilidade da matéria seca
CDPB	Coefficientes de digestibilidade da proteína bruta
CETEA	Comissão de Ética em Experimentação Animal da UFMG
CHCM	Índices de concentração de hemoglobina corpuscular média
Cl ⁻	Cloro
CO ₂	Dióxido de carbono
COL	Colesterol total
Cons EMAn	Consumo diário de EMAn
CR	Consumo de ração
CuR	Custo da ração por kg de frango vivo
EB	Energia bruta
EB	Energia bruta
ED	Energia digestível
EE	Extrato etéreo
EL	Energia líquida
ELm	Energia líquida para manutenção
ELp	Energia líquida para produção
EM	Energia metabolizável
EMA	Energia metabolizável aparente
EMAn	Energia metabolizável aparente corrigida para balanço de nitrogênio
EMB	Energia do metabolismo basal
EMI	Energia metabolizável ingerida
EMn cons	Consumo de energia metabolizável aparente corrigida pelo balanço de nitrogênio
EMV	Energia metabolizável verdadeira
EMVn	Energia metabolizável verdadeira corrigida para balanço de nitrogênio
EPC	Estresse cíclico por calor
ER	Energia retida
ERG	Energia retida como gordura
ERP	Energia retida como proteína
ETA	Efeito térmico do alimento
GLIC	Glicose
GP	Ganho de peso
H ⁺	Íons hidrogênio
H ₂ CO ₃	Ácido carbônico
H ₂ O	Água
HCM	Hemoglobina corpuscular média
HCO ₃ ⁻	Bicarbonato
HET	Heterofilos
HET/LINF	Relação heterófilo/linfócito

Htc	Hematócrito
IC	Incremento calórico
IEP	Índice de eficiência produtiva
k	Relação energia líquida/energia metabolizável
K ⁺	Potássio
LAC	Lactato
LAMA	Laboratório de Metabolismo Animal
LEUC	Leucócitos totais
LINF	Linfócitos
MS	Matéria seca
N	Nitrogênio
Na ⁺	Sódio
Nu	Nitrogênio urinário
PB	Proteína bruta
PCj	Produção de calor em jejum
pCO ₂	Pressão parcial de gás carbônico
PCT	Produção de calor total
pO ₂	Pressão parcial de oxigênio
PROT	Proteína total
T ₃	Triiodotironina
T ₄	Tiroxina
tHB	Hemoglobina
TRIG	Triglicerídeo
UFMG	Universidade Federal de Minas Gerais
UR	Umidade relativa do ar
VCM	Volume corpuscular médio

RESUMO

Dois experimentos foram conduzidos com o objetivo de avaliar o efeito de diferentes níveis de energia metabolizável (EM) na dieta sobre o desempenho, parâmetros fisiológicos e metabólicos de frangos de corte submetidos a condições ambientais de termoneutralidade (ATN: $23 \pm 2^\circ\text{C}$, $60 \pm 2\%$ UR) e estresse cíclico por calor (EPC: $23\text{-}32 \pm 2^\circ\text{C}$; $60 \pm 2\%$ UR). Para isso foram utilizados 336 frangos de corte machos Cobb na fase de crescimento em cada experimento. As rações utilizadas nos dois experimentos foram isonutritivas, com exceção de EM que foram os seguintes: 2980, 3080, 3180 e 3280 kcal/kg na ração. No experimento I, os parâmetros fisiológicos, bioquímicos e hematológicos dos frangos criados em ATN não sofreram influência dos níveis de EM. A idade afetou o pH, HCO_3^- , tHB, Htc, Na^+ , K^+ , GLIC, COL, TRIG, LAC, PROT, LEUC, HET, LINF e HET/LINF de frangos de corte em condições de ATN. O aumento no nível de EM reduziu o peso relativo da moela, fígado+vesícula e baço, entretanto não afetou o peso relativo dos demais órgãos avaliados. Os níveis de EM melhoraram a digestibilidade do extrato etéreo (EE) dos frangos em ATN. O aumento de EM obtido pela inclusão de óleo nas rações não apresentam efeito sobre o consumo de EM aparente corrigida pelo balanço de nitrogênio (EMAn), energia retida, produção de calor total, produção de calor em jejum, incremento calórico (IC), eficiência de utilização da energia bruta (EB) para EMAn e eficiência de utilização da EMAn para energia líquida (EL) em frangos em ATN. O consumo de ração e o custo da ração por kg de frango vivo, no período de 19 a 41 dias de idade, não apresentam diferença entre os tratamentos. O ganho de peso (GP), o consumo diário de EM e o índice de eficiência produtiva (IEP) aumentaram e a conversão alimentar (CA) e a viabilidade reduziram com o aumento do nível de EM para frangos em ATN. No experimento II, os níveis de EM afetaram apenas a pressão parcial de gás carbônico (pCO_2), sem influência sob os demais parâmetros fisiológicos, bioquímicos e hematológicos de frangos em EPC. A idade afetou pH, pCO_2 , tHB, Htc, GLIC, COL, TRIG, LAC, PROT, ALB, LEUC, HET, LINF e HET/LINF dos frangos em EPC. Os níveis de EM utilizados aumentou o peso relativo dos intestinos, entretanto não influenciou o peso relativo dos demais órgãos. A digestibilidade da proteína bruta e do EE aumentaram com o aumento a EM em frangos sob EPC. O aumento de EM reduziu o IC até o nível estimado de 3151,72 de EM na ração e elevou a EMAn e a EL da ração dos frangos em EPC. O aumento da EM na ração melhorou a CA e elevou o custo da ração por kg de frango vivo criados sob EPC.

Palavras-chave: frangos de corte; energia metabolizável; estresse por calor; incremento calórico.

ABSTRACT

Two experiments were performed to evaluate the effect of different levels of ME (metabolizable energy) in the diet on performance, physiological and metabolic parameters of broilers submitted to environmental conditions of thermoneutrality (TNE: 23 ± 2 °C, $60 \pm 2\%$ RH) and cyclic heat stress (CHS: $23-32 \pm 2$ °C; $60 \pm 2\%$ RH). We studied 336 Cobb male broilers in the growing phase in each experiment. The diets used in both experiments were isonutritives, except for ME, which were as follows: 2980, 3080, 3180 and 3280 kcal/kg in the diet. In the first experiment, physiological, biochemical and hematological parameters of chickens raised in TNE did not influence the levels of ME. Age affected the pH, HCO_3^- , HB, Hct, Na^+ , K^+ , GLU, CHOL, TRI, LAC, PT, LEUC, HET, LYMP and H/L of broiler raised in TNE. The increase in the level of ME reduced the relative weight of gizzard, spleen, and liver plus gallbladder, however, it did not affect the relative weight of other evaluated organs. ME levels improved the digestibility of ether extract (EE) for broilers raised in TNE. Increased ME obtained by the inclusion of oil in the diets did not show any effect on the apparent ME consumption corrected by the nitrogen balance (AMEn), retained energy, total heat production, heat production in fasting, heat increment (HI), efficiency of use of crude energy (CE) for AMEn and efficiency of utilization of AMEn for net energy (NE) in broilers in TNE. The feed intake and feed cost per kg of live broiler in the period of 19 to 41 day-old showed no difference between the treatments. The weight gain (WG), the daily consumption of ME and productive efficiency index (PEI) increased, while feed conversion (FC) and viability decreased with increasing levels of ME for broilers in TNE. In the second experiment, the levels of ME affected only the partial pressure of carbon dioxide (pCO_2), without influencing the other physiological, biochemical and hematological parameters of broiler in CHS. Age affected pH, pCO_2 , HB, Hct, GLU, CHOL, TRI, LAC, PT, ALB, LEUC, HET, LYMP and H/L of broilers in CHS. ME levels increased the relative weight of the gut, but did not influence the relative weight of other organs. The digestibility of crude protein and EE increased with the increasing of ME levels for broilers in CHS. The increase of ME reduced the HI up to the ME level of 3151.72 in the diet and increased the AMEn and the NE of broilers fed in CHS. The increase of ME in the diet improved the FC and increased the cost of feed per kg of live broiler raised under CHS.

Keywords: broilers; metabolizable energy; heat stress; heat increment.

1 INTRODUÇÃO

O estresse por calor é um dos maiores entraves na produção avícola nos trópicos, devido ao baixo desempenho, a imunossupressão e a alta mortalidade (Oliveira Neto et al., 2000; Nazirodlu et al., 2000; Mujahid et al., 2005). Ao sofrerem estresse por calor, as aves reduzem o consumo de ração a fim de diminuir a produção de calor metabólico e manter a homeotermia. Além disso, em estresse térmico, apresentam níveis elevados de corticosterona no plasma sanguíneo, o que prejudica a deposição proteica muscular, pela alteração do *turnover* protéico, o que gera grande quantidade de calor (Yunianto et al., 1997).

O sistema sanguíneo é sensível às mudanças de temperatura e se constitui em importante indicador das respostas fisiológicas das aves a agentes estressores. Alterações quantitativas e morfológicas nas células sanguíneas são associadas ao estresse por calor, traduzidas por variações nos valores do hematócrito, número de leucócitos circulantes, conteúdo de eritrócitos e teor de hemoglobina no eritrócito, além da variação na concentração de eletrólitos e do perfil bioquímico (Laganá et al., 2005; Borges et al., 2007).

Visando minimizar estas mudanças comportamentais e fisiológicas apresentadas pelas aves quando expostas ao calor, surgem diversas alternativas, entre elas as estratégias nutricionais têm sido sugeridas com objetivo de minimizar os efeitos negativos do calor sobre as aves (Oliveira et al, 2010; Souza et al, 2011). Entre estas estratégias a manipulação energética da dieta tem sido bastante utilizada.

Assim, é fundamental a estimativa precisa do valor energético dos alimentos que compõem a ração, favorecendo a formulação de dietas a um menor custo, sem prejudicar o desempenho das aves.

Atualmente, o conteúdo energético das rações para aves é calculado com base no conteúdo de energia metabolizável (EM) dos ingredientes. A EM é uma medida muito útil para estimar a energia disponível nos alimentos. Porém, não apresenta 100% de eficiência para crescimento e deposição de carne. Durante os processos metabólicos, parte da energia é perdida como calor, denominada incremento calórico. Assim, a estimativa mais próxima do valor energético "verdadeiro" de um alimento é o seu conteúdo em energia líquida (EL), pois leva em consideração as diferentes formas de utilização dos nutrientes para a manutenção e produção.

Dentro desse contexto, este estudo foi realizado com o objetivo de avaliar o efeito de diferentes níveis EM na dieta sobre os parâmetros fisiológicos, metabólicos e de desempenho de frangos de corte submetidos a condições ambientais de termoneutralidade e estresse cíclico por calor para determinar a dieta que proporciona melhores resultados de desempenho e custo de produção nestas condições.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Ambiente interno, homeostase e estresse por calor

O organismo animal é considerado uma complexa associação de células que estão inter-relacionadas estrutural e funcionalmente, com o objetivo de realizar funções fisiológicas para que o organismo sobreviva como um todo. Neste sentido, cada órgão contribui para a manutenção e regulação do meio interno, pois este deve ser compatível com a sobrevivência e com o funcionamento normal de todas as células. Esta manutenção da estabilidade do organismo é conhecida como homeostase (Furlan e Macari, 2002).

Desta forma, a capacidade que alguns animais possuem de manter a temperatura corporal constante, ou variando dentro de limites estreitos, é chamada de homeotermia, ou seja, homeostase térmica. Assim, a ave produz calor transformando quimicamente a energia dos alimentos ingeridos, e todo excesso de calor deve ser eliminado para que possa manter a temperatura interna dentro da faixa de normalidade, 41 a 42°C nas aves (Lara e Baião, 2005). Para que isso ocorra, as aves devem ser mantidas em ambientes que possibilitem o balanço térmico, visto que estes animais não se adaptam perfeitamente aos extremos de temperatura (Curtis, 1983). Portanto, o ambiente é considerado confortável quando a produção de calor decorrente do metabolismo pode ser perdida para o meio sem qualquer estresse.

Existem duas formas de perda de calor: sensível e latente. As perdas de calor sensível ocorrem por condução, convecção e radiação, enquanto que a perda latente acontece por evaporação. As trocas sensíveis dependem de um diferencial de temperatura entre a superfície corporal das aves e a temperatura ambiente. Conseqüentemente, quanto maior for esta diferença, mais eficientes serão estas trocas. Porém, à medida que a temperatura do ambiente

aumenta a perda de calor por evaporação torna-se mais eficiente, demonstrando a tentativa das aves em manter a homeotermia através da ofegação. Contudo, nas trocas por meio da ofegação grande quantidade de energia tem de ser utilizada (Lara e Baião, 2005).

Assim, o equilíbrio térmico somente é eficiente quando a temperatura ambiente está dentro de certos limites. Existe uma faixa de temperatura ambiente na qual o animal mantém sua homeotermia com o mínimo de esforço dos mecanismos termorregulatórios e na qual o metabolismo normal fornece quantidade de calor necessária para manter a temperatura corporal adequada às atividades fisiológicas do organismo. Essa faixa de temperatura é conhecida como zona de termoneutralidade, dentro da qual o animal encontra condições ideais para expressar todo o seu potencial genético produtivo (Furlan e Macari, 2002). Contudo, a delimitação desta faixa varia de acordo com fatores relacionados ao animal, como idade, peso, estágio fisiológico, genética e a fatores ambientais e nutricionais (Curtis, 1983; Manno, 2004).

Segundo Lana et al. (2000) as temperaturas recomendadas para frango de corte na segunda, terceira, quarta e quinta semanas de vida, são de 35; 32; 29 e 23°C, respectivamente, com umidade relativa entre 65% e 70%. Para Kapakin et al. (2013) a faixa de temperatura recomendada para frango de corte na fase de crescimento se situa entre 18 e 24 °C. No conforto térmico a taxa metabólica é mínima e a homeotermia é mantida com menos gasto energético (Furlan e Macari, 2002). Isto se traduz em melhores índices zootécnicos.

O estresse por calor tem início quando a temperatura e/ou a umidade do ambiente ultrapassam a zona termoneutra. Nesta situação a capacidade da ave de dissipar calor diminui. Com isso, a temperatura corporal sobe e logo aparecem os sinais do estresse por calor. À medida que a temperatura que circunda a ave se eleva, diversas respostas fisiológicas são desencadeadas com o objetivo de aumentar a dissipação de calor e diminuir sua produção metabólica (Altan et al., 2003).

2.2 Respostas fisiológicas em aves estressadas por calor

2.2.1 Alterações comportamentais

As aves quando estressadas por calor, procuram manter sua temperatura corporal, alterando seu comportamento para dissipar e reduzir a produção de calor. Sendo assim, para aumentar as trocas de calor com o ambiente, as aves deitam, abrem as asas, mantendo-as afastadas do corpo e eriçam as penas permitindo que o ar entre em contato com a sua pele (Furlan, 2006). Quando criadas no chão, as aves procuram lugares mais frescos dentro dos aviários, ciscam a cama jogando material mais frio para o contato com a superfície corporal, além de cavarem buracos na cama para facilitar a dissipação do calor por condução. Também ocorre vasodilatação periférica o que permite aumento do fluxo sanguíneo para a superfície corporal a fim de facilitar a dissipação do calor por radiação e condução para o ambiente (Lara e Baião, 2005).

À medida que a temperatura do ambiente se eleva a frequência respiratória aumenta, visando aumentar a perda evaporativa e manter o equilíbrio térmico corporal (Furlan e Macari, 2002). Segundo Borges et al. (2007), este aumento da frequência respiratória pode resultar em alcalose respiratória, prejudicando o desempenho zootécnico.

Em condições de estresse por calor, observa-se um aumento do consumo de água. De acordo com Macari (1996), nestas condições as aves apresentam maior *turnover* de água, favorecendo um maior consumo de água para reduzir a temperatura corporal. O aumento no consumo de água foi verificado por Oliveira Neto et al. (2000) que submeteram frangos de corte ao estresse térmico e observaram um consumo de água 37% superior em comparação as aves mantidas no ambiente termoneutro.

Outro efeito comportamental que as aves expressam quando expostas ao calor é a redução no consumo de alimento, a fim de diminuir a produção de calor metabólico e manter a homeotermia (Oliveira Neto et al., 2000; Abu-Dieyeh, 2006). No entanto, menos nutrientes são disponibilizados para o metabolismo, resultando em menor taxa de crescimento (Abu-Dieyeh, 2006). Trabalhando com frango de corte, Oliveira et al. (2006) observaram que as aves mantidas em ambientes de altas temperaturas (31,2°C) no período de um a 21 dias e no período total de um a 49 dias, apresentaram redução média de 14,7% e de 22%, respectivamente, de consumo de ração em relação às aves alojadas no ambiente de conforto (25,1°C).

2.2.2 Estresse por calor x digestibilidade dos nutrientes

A redução na produtividade das aves afetadas pelo calor não é atribuída somente à redução do consumo de ração. Outros fatores estão relacionados aos piores resultados zootécnicos encontrados em aves estressadas por calor. Geraert et al. (1996) avaliaram os efeitos do estresse por calor sobre o consumo de ração e crescimento de frangos de corte. Os tratamentos foram: ração à vontade no conforto térmico (22°C), outro com ração à vontade no calor (32°C) e um terceiro criado no conforto térmico, porém recebendo a mesma quantidade de ração que o grupo criado no calor consumiu. Estes autores constataram que cerca de 50% da redução do crescimento das aves, mantidas sob calor, foram relacionados a outros fatores, que não o consumo de ração.

As reduções na digestibilidade dos alimentos podem contribuir para uma diminuição nas quantidades de nutrientes disponíveis para o crescimento. De acordo com os resultados de Zuprizal et al. (1993), a exposição ao calor diminuiu significativamente a digestibilidade verdadeira da proteína e dos aminoácidos em frangos de corte de 28 a 42 dias de idade.

As mudanças na digestibilidade dos nutrientes podem ser explicadas por ajustes fisiológicos que acontecem durante o estresse por calor, entre eles, a redução da atividade das enzimas digestivas. Hai et al. (2000) verificaram em frangos de corte que a atividade 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). Lima et al. (2002) concluíram que, com o aumento da idade, a temperatura afetou a produção e secreção enzimática, provocando um aumento na atividade da lipase e uma diminuição na tripsina e amilase. Entretanto, Routman et al. (2003) mostraram aumento da atividade enzimática da amilase pancreática pelo calor, porém sem alterações na lipase e tripsina. Desta forma, verifica-se divergência entre os trabalhos encontrados na literatura.

2.2.3 Estresse por calor x parâmetros sanguíneos

Aves estressadas por calor apresentam alterações nas concentrações de alguns hormônios, dentre estes a corticosterona e os hormônios tireoidianos se destacam por seus efeitos sobre o sistema imunológico e sobre o metabolismo proteico.

Em altas temperaturas as aves reduzem a produção de calor metabólico (Geraert et al., 1996). Deste modo, a taxa de *tunover* proteico, ou seja, a síntese e a degradação de proteína corporal são alteradas pela temperatura ambiente, pois geram grande quantidade de calor.

Conforme Yuniato et al. (1997), estas mudanças podem ser causadas por alterações nas funções hormonais. De acordo com esses pesquisadores a corticosterona e os hormônios tireoidianos podem exercer uma importante função no controle do *turnover* proteico.

A corticosterona está associada a muitos dos sinais relacionados ao estresse, tais como alterações nos níveis plasmáticos de glicose, no metabolismo mineral, alterações cardiovasculares e modificação no sistema imunológico (Puvadolpirod e Thaxton, 2000; Aengwanich e Simaraks, 2004; Olanrewaju et al., 2006).

Os hormônios tireoidianos, tiroxina (T₄) e triiodotironina (T₃), que são diretamente relacionados ao metabolismo animal (Sahin et al., 2002), apresentam suas concentrações plasmáticas influenciadas inversamente pela temperatura ambiental (Yahav et al., 1997). Desta forma, aves mantidas sob altas temperaturas apresentam níveis plasmáticos destes hormônios diminuídos, reduzindo a atividade da bomba de sódio e potássio e o consumo de oxigênio pelas células, ocasionando redução da taxa metabólica (Chen et al., 1994). Jonier e Huston (1957) verificaram redução no tamanho da glândula tireóide em frangos de corte estressados por calor, o que resultou em redução da atividade desta glândula e em redução da taxa metabólica.

2.2.4 Eletrólitos e equilíbrio ácido-básico

No metabolismo celular acontecem vários processos bioquímicos e enzimáticos. Assim, para que a célula desempenhe sua função normal, muitos fatores devem ser mantidos dentro de estreitos limites, como a temperatura, osmolaridade, eletrólitos, quantidades de nutrientes, oxigênio, dióxido de carbono e íon hidrogênio.

O aumento ou a redução na concentração sanguínea de íons hidrogênio (H⁺) provocará modificações do seu pH, conhecidas como acidose ou alcalose. Segundo Teeter et al. (1985) o pH normal do sangue das aves varia na faixa de 7,2 a 7,3. Deste modo, havendo aumento das concentrações de íons H⁺, o pH estará abaixo de 7,2, configurando a acidose. Se houver diminuição de íons H⁺, o pH ficará acima de 7,3, caracterizando a alcalose.

Neste contexto, Teeter et al. (1985) trabalhando com frangos de corte com quatro semanas de idade submetidos ao estresse térmico de 32°C, observaram que as aves sofreram elevação do pH sanguíneo (de 7,28 para 7,39) e redução no desempenho. De maneira

semelhante, Furlan et al. (1999) observaram em diferentes linhagens de frangos de corte um pH sanguíneo médio de 7,31 e 7,35 em termoneutralidade e estresse térmico, respectivamente.

De modo semelhante, Sandercock et al. (2001) avaliaram o equilíbrio ácido-básico em frangos de corte em duas idades (35 e 63 dias de idade), submetidos a duas condições ambientais, termoneutro (21°C e 50% de umidade relativa) e estresse térmico agudo (32°C e 75% de umidade relativa) durante duas horas. Estes pesquisadores observaram distúrbios do equilíbrio ácido-básico nas aves estressadas por calor em ambas as idades. As aves apresentaram redução da pressão parcial de gás carbônico (pCO₂) e aumento no pH com a elevação da temperatura, sendo que estes efeitos foram mais pronunciados nas aves mais velhas. Estes autores atribuíram esta diferença entre as idades devido às diferenças relativas no tamanho, na área da superfície corporal e na geometria corporal, ressaltando a influência destes parâmetros sobre a troca de calor.

O pH sanguíneo é um dos fatores de maior impacto sobre o metabolismo celular, pois pequenas variações afetam diretamente as enzimas celulares, as trocas eletrolíticas e a manutenção do estado estrutural das proteínas do organismo (Furlan et al., 2002). Desta forma, o organismo dispõe de mecanismos de defesa contra alterações no pH. Estes mecanismos são químicos e fisiológicos. Os químicos, também conhecidos como sistema tampão, são representados por substâncias que apresentam capacidade de reagir tanto com ácidos quanto com bases, minimizando variações do pH. Já os mecanismos fisiológicos são desempenhados pelos pulmões e pelos rins, que eliminam substâncias indesejáveis ou em excesso, ácidos ou bases, e poupam outras, de acordo com as necessidades do organismo (Riella e Pachaly, 2003).

Geralmente, os produtos da dissociação e da ionização estão em equilíbrio, mas o metabolismo de lipídeos e carboidratos gera dióxido de carbono (CO₂) e água (H₂O). Ao analisar a reação abaixo, compreende-se que caso o CO₂ não seja eliminado, a reação se dirigirá no sentido de produção de ácido carbônico (H₂CO₃), que irá se dissociar e aumentar a quantidade de hidrogênio no organismo, resultando em acidose (Riella e Pachaly, 2003).



O bicarbonato (HCO₃⁻), os ossos, a hemoglobina, as proteínas plasmáticas e intracelulares constituem o sistema tampão do organismo animal (Furoni et al., 2010). Estas substâncias podem doar ou receber íons H⁺ reduzindo alterações do pH e têm por finalidade deslocar a reação para maior produção de CO₂ e água que podem ser eliminados pela respiração. O sistema tampão representa a primeira linha de defesa que atua na manutenção do pH, agindo imediatamente após o desequilíbrio (Riella e Pachaly, 2003).

A segunda linha de defesa envolve o sistema respiratório, onde o controle pulmonar ocorre através da variação da $p\text{CO}_2$ de acordo com a concentração de H^+ , regulando a concentração de CO_2 sanguíneo através de sua eliminação ou retenção na acidose e alcalose, respectivamente. Por último, o sistema renal controla o equilíbrio ácido-básico através do controle da concentração de bicarbonato. Este mecanismo pode levar horas a dias para agir, porém é o mais duradouro de todos os mecanismos regulatórios (Furoni et al., 2010).

O equilíbrio ácido-básico é influenciado por vários tipos de estressores funcionais e ambientais. O grau deste desequilíbrio depende dos efeitos dos estressores sobre a taxa de metabolismo, respiração e sobre a concentração sanguínea de íons H^+ . Alterações no estado ácido-básico do organismo são associadas a aves submetidas a condições de estresse por calor (Borges et al., 2007).

Quando expostas ao calor, as aves aumentam a frequência respiratória, ocasionando perdas excessivas de CO_2 . Assim, a $p\text{CO}_2$ diminui, levando à queda na concentração de H_2CO_3 e H^+ . Em resposta, os rins elevam a excreção de HCO_3^- e reduzem a excreção de H^+ tentando manter o equilíbrio ácido-básico, isto provoca um aumento no pH plasmático, levando a uma alcalose respiratória (Sandercock et al., 2001; Furlan e Macari, 2002; Borges et al., 2007).

A alcalose é uma condição que se caracteriza por uma redução na concentração de H^+ ou pelo aumento do pH. A alcalose respiratória é um estado que ocorre devido ao excesso de eliminação de CO_2 , enquanto que a alcalose metabólica é um distúrbio ácido-básico em que o pH se eleva, devido a mudanças nas concentrações de ácidos e bases não voláteis, H^+ ou HCO_3^- (Riella e Pachaly, 2003; Furoni et al., 2010).

O sódio (Na^+), o potássio (K^+) e o cloro (Cl^-) são eletrólitos essenciais e conjuntamente com íons fosfato e bicarbonato, exercem funções importantes no controle homeostático orgânico. As concentrações normais destes elementos no plasma, líquido intersticial e linfa são fundamentais para o bom funcionamento do potencial eletroquímico das membranas celulares, manutenção do compartimento hídrico do organismo, regulação da pressão osmótica, equilíbrio hidroeletrólítico, transmissão dos impulsos nervosos, contração muscular e principalmente manutenção do equilíbrio ácido-base do corpo (Borges et al., 2003; Bertechini, 2006).

O K^+ é um dos minerais mais abundantes nos tecidos animais, sendo considerado o principal cátion do fluido intracelular, enquanto no fluido extracelular o Na^+ e Cl^- , são os íons principais. A concentração de K^+ nos eritrócitos das aves é vinte vezes maior do que no plasma (Gergievskii et al., 1982), contribuindo com aproximadamente 50% da osmolaridade

do fluido intracelular, enquanto o Na^+ e o Cl^- contribuem com 80% no extracelular. A osmorregulação é conseguida pelo equilíbrio dos íons intra e extracelulares. Para isto, o conteúdo de água e eletrólitos devem ser mantidos dentro de estreitos limites. Por isto, a perda de eletrólitos, sem mudanças no conteúdo de água do corpo reduz a osmolaridade destes fluídos (Borges et al, 2003).

Como já mencionado, o calor desencadeia uma série de processos que resultam em alcalose respiratória em aves. Na alcalose respiratória ocorre aumento da secreção de K^+ para o lúmen do túbulo renal, em consequência de uma maior entrada de K^+ extracelular para o meio intracelular. Nestas situações ocorre uma troca de H^+ por K^+ no túbulo renal e, portanto, aumenta a perda de K^+ na urina (Furlan e Macari, 2002). A quantidade de K^+ excretado na urina é variável, estando associada à concentração plasmática de Na^+ e ao estado de hidratação da ave. O gradiente osmótico favorece o movimento da água do fluído intracelular para urina, podendo carrear o K^+ . Assim, a perda deste eletrólito pode ser causada por um aumento no consumo de água (Borges et al, 2003).

Deste modo, os níveis de Na^+ , K^+ e Cl^- do plasma são afetados pelo estresse calórico. Diversos pesquisadores têm relatado uma redução nas concentrações plasmáticas de K^+ e Na^+ devido ao estresse térmico (Ait-Boulaheh et al., 1995; Borges, 1997), enquanto que o Cl^- aumenta (Belay e Teeter, 1993; Borges et al., 2003).

De acordo com Borges et al. (2003) outra resposta à situação de alcalose, é o aumento na concentração de Cl^- , que reduz a excreção de H^+ e a reabsorção de HCO_3^- pelos rins, contribuindo com a acidificação do sangue. Porém, segundo estes autores, deve-se considerar o tempo de estresse. Salvador et al. (1999), citado por Borges et al, 2003, verificaram redução nos níveis séricos de Cl^- em frangos de corte submetidos ao estresse crônico durante uma semana (42 a 49 dias de idade).

Para avaliar o efeito do estresse sobre o equilíbrio ácido-base em frangos de corte Olanrewaju et al. (2006), utilizaram a metodologia proposta por Puvadolpirod e Thaxton (2000), onde o estresse foi proporcionado através de uma infusão contínua de hormônio adrenocorticotrófico (ACTH) durante sete dias e os resultados obtidos foram comparados a um grupo controle que recebeu infusão contínua de solução salina. Os autores observaram que o tratamento ACTH aumentou o hematócrito, a pCO_2 , a concentração de corticosterona e de HCO_3^- , e reduziu a pO_2 e as concentrações plasmáticas de Na^+ , K^+ e Cl^- . Enquanto que os valores de pH do sangue não foram afetados pela infusão de ACTH. Conforme estes autores a infusão de ACTH resultou em mudanças no equilíbrio ácido-base do plasma. Entretanto, o

tratamento de ACTH não impediu a regulação homeostática do equilíbrio ácido-base, tal como indicado pelo pH constante no sangue.

2.2.5 Parâmetros hematológicos

O uso da hematologia representa uma ferramenta importante no monitoramento das condições homeostáticas das aves, possibilitando detectar anormalidades que se apresentam em certos fenômenos fisiopatológicos e se refletem no sangue.

A composição celular do sistema imunológico das aves é dividida em três classes sanguíneas: os eritrócitos ou glóbulos vermelhos, leucócitos ou glóbulos brancos e trombócitos (Dibner e Richards, 2004). Desta forma, o hemograma consta de uma série de provas que avalia as células sanguíneas e divide-se em eritrograma e leucograma.

No eritrograma são fornecidos dados referentes aos glóbulos vermelhos, tais como as hemácias, hematócrito (Htc), hemoglobina (tHB), os índices de concentração de hemoglobina corpuscular média (CHCM) e volume corpuscular médio (VCM).

As hemácias, também conhecidas como eritrócitos, são constituídas basicamente por globulina e hemoglobina. O tempo de vida das hemácias das aves é bem mais curto que o dos mamíferos, isto ocorre devido ao metabolismo intenso e a alta temperatura do corpo das aves (Cardoso e Tessari, 2003). Assim, a eritropoese nas aves é mais dinâmica e é regulada pelos níveis de eritropoetina produzida nos rins e medula óssea (Mitchell e Johns, 2008).

A contagem total de hemácias permite realizar uma análise mais detalhada com presença ou ausência de anemia ou hemoconcentração (Charles Noriega, 2000 – citado por Cardoso e Tessari, 2003). O número de hemácias encontradas por Cardoso e Tessari (2003) para frangos de corte variou de 2,27 a 2,76 ($10^6/\mu\text{L}$). Em 2006 Tessari et al. verificaram uma média de 2,5 ($10^6/\mu\text{L}$) e Borsa, et al. (2009) observaram variação de 1,69 a 2,03 ($10^6/\mu\text{L}$).

O Htc é a percentagem de volume ocupado pelas hemácias no volume total de sangue. Baixo índice de Htc pode ser observado em doenças agudas ou crônicas, septicemias e doenças hemorrágicas (Campbell e Dein, 1984). Enquanto que alto Htc pode ser um indicativo de desidratação ou policitemia (Campbell, 1994). Cardoso e Tessari (2003) verificaram uma variação de 30,6 a 37% do Htc em frangos de corte clinicamente saudáveis, enquanto Tessari et al. (2006) obtiveram uma média de 43,5%. Para Schimidt et al. (2007) o Htc normal das aves varia de 35 a 55%, e pode alterar em relação ao sexo e à idade das aves.

Já Borsa et al. (2009) verificaram em frangos de corte, entre sete a 42 dias de idade um Htc entre 29,6 e 33,2%.

A Hb é um constituinte das hemácias e além de permitir o transporte de O₂ pelo sistema circulatório, é fundamental na oxigenação tissular, participando do transporte de CO₂ dos tecidos até os alvéolos pulmonares, mantendo desta maneira o pH do sangue e a entrada de oxigênio nas células (Cardoso e Tessari, 2003). Estes autores encontraram variação entre 7,88 e 8,46 g/dL em frangos de corte do 1º ao 52º dia de idade. Já os valores obtidos por Borsa, et al. (2009) foram de 8,26 e 10,38 g/dL para frangos de corte de sete a 42 dias de idade.

A hemoglobina corpuscular média (HCM), o CHCM e o VCM, são conhecidos como índices de Wintrobe (Wintrobe, 1933), e são utilizados para detectar a presença de anemia e avaliar a capacidade que a medula óssea tem de produzir hemácias de tamanho e capacidade metabólica normal, assim como o conteúdo de Hb. Para estas variáveis Cardoso e Tessari (2003), verificaram para frangos de corte um VCM de 111,59 a 160,09 fL, CHCM de 21,71 a 27,67 g/dL e um HCM de 28,55 a 37,22 pg.

Mudanças no eritrograma de frangos de corte submetidos ao estresse calórico agudo foram observadas por Furlan et al. (1999), as quais foram caracterizadas por: menor número de hemácias, maior concentração de Hb, aumento no Htc, aumento na CHCM e diminuição no VCM. Estas alterações constituem parte das respostas termorregulatórias observadas em aves expostos à temperatura ambiente elevada.

Borges et al. (1999) com o objetivo de avaliar os efeitos do estresse calórico sobre algumas características fisiológicas de frangos de corte de 42 a 49 dias de idade, submeteram estas aves ao estresse calórico (16 horas a $25 \pm 1^\circ\text{C}$; duas horas com temperatura crescente; quatro horas a $35 \pm 1^\circ\text{C}$; e duas horas com temperatura decrescente até a termoneutralidade e com umidade relativa de $63,5 \pm 5\%$). Estes autores verificaram que após o estresse aumentaram a temperatura retal, o Htc, a Hb, o heterófilo e a relação heterófilo/linfócito (HET/LINF) e reduziram as hemácias, os linfócitos, o sódio e o potássio sérico. Segundo estes pesquisadores provavelmente, o aumento na hemoglobina após o estresse é uma forma de compensar a redução do número de hemácias.

No leucograma avalia-se as células responsáveis pela resposta imunológica, os leucócitos, também conhecidos como glóbulos brancos. De acordo com Cardoso e Tessari (2003) os leucócitos das aves dividem-se, de acordo com a morfologia nuclear, em granulócitos (heterófilos, eosinófilos e basófilos) e agranulócitos (linfócitos, monócitos e trombócitos). Estes autores verificaram variação de 13920 a 28720 leucócitos/ μL em frangos

de corte entre um e 52 dias de idade e Borsa et al. (2009) encontraram valores entre 11900 a 18500 leucócitos/ μ L para frangos de corte de sete a 42 dias de idade.

Condições adversas de clima, principalmente altas temperatura, causam estresse e imunodeficiência (Rosales et al., 1989; Laganá et al., 2007). O estresse por calor induz a um aumento na liberação de adrenocorticóides na corrente sanguínea o que altera o número de leucócitos (Borges et al., 2003). Isto se dá porque corticóides em altas concentrações podem ocasionar involução do baço, do timo e da bolsa cloacal através da intensificação da apoptose nas células linfoides, levando a uma redução na população de linfócitos circulantes (Cifone et al., 1999; Guimarães et al., 2003). Também tem sido verificado aumento na porcentagem de heterófilos e diminuição nos basófilos devido ao estresse por calor (McFarlane et al., 1989).

Segundo Laganá et al. (2007) o número de leucócitos no sangue de frangos de corte varia de 12.000 a 30.000, em função do sexo, da idade, das condições de estresse e de doenças. Segundo estes autores, do total de leucócitos, 60 a 65% são linfócitos, 25 a 30% são heterófilos, 10% são monócitos, 2% são eosinófilos e 7% são basófilos. Os achados de contagem diferencial mostram que a proporção normal de HET/LINF está em torno de 1:2. Entretanto, essa relação aumenta quando os frangos são submetidos a condições de estresse por calor, pois aumenta a quantidade de heterófilos na circulação (Macari e Luquetti, 2002; Borges et al., 2004). Por esta razão a relação HET/LINF é um indicador primário de estresse em aves (Borges et al., 2004).

Marchini et al. (2011) buscando verificar os efeitos do estresse por calor sobre os parâmetros hematológicos de frangos de corte de um a 42 dias de idade, submeteram um grupo de aves ao estresse por calor diariamente, durante uma hora e outro grupo foi mantido em ambiente termoneutro. Os autores observaram que as aves estressadas tiveram menor número de leucócitos aos sete, 14, e 21 dias, menores médias de linfócitos e aumento da relação HET/LINF no 28º dia de idade e redução na concentração de hemoglobina celular média até o 28º dia de idade. Estes autores também verificaram que o número de hemácias das aves estressadas por calor foi menor que no ambiente termoneutro no 42º dia de idade.

Os heterófilos das aves equivalem aos neutrófilos dos mamíferos. Como os neutrófilos, os heterófilos formam a primeira linha de defesa celular contra a invasão de patógenos microbianos, apresentando como função principal a fagocitose (Davison et al., 2008). Os heterofilos são importantes mediadores da imunidade natural das aves, especialmente, em aves jovens que ainda não desenvolveram a imunidade adquirida, pois são capazes de fagocitar bactérias, controlando infecções até que a imunidade adquirida se desenvolva (Cardoso e Tessari, 2003).

Quando as concentrações de heterófilos encontram-se acima dos valores de referência é denominada heterofilia, frequentemente indicando um processo inflamatório. Enquanto que a redução na concentração de heterófilos é denominada heteropenia, indicativo de inflamação acentuada, resultado de um esgotamento da reserva dos granulócitos na medula óssea (Clark et al., 2009). Bounous e Stedman (2000) citam valores absolutos variando de 3.000 a 6.000 heterófilos/ μL , com média de 4.500 heterófilos, e que o heterófilo é a segunda célula mais numerosa. Enquanto, Cardoso e Tessari (2003) encontraram variação de 25,5 a 38,0% do total de heterofilos em relação ao total de leucócitos, com valores absolutos entre 5254 a 10938 heterófilos/ μL .

Trabalhando com frangos de corte com 44 dias de idade submetidos a estresse térmico agudo (39°C por duas horas) Altan et al. (2000), observaram aumento significativo na quantidade de heterofilos circulantes, quando as aves criadas no termoneuro apresentaram 17,46%, e as aves estressadas por calor exibiram 26,46% de heterofilos. Souza et al. (2011), observaram em frangos de corte aos 21 dias de idade mantidos em ambiente de alta temperatura (35,4 °C) 56,5% de heterofilos em relação ao número de leucócitos totais, porém, em frangos de corte aos 42 dias de idade mantidos em estresse por calor (32°C) a porcentagem de heterofilos em relação ao número de leucócitos totais foi de 29,28%.

Altan et al. (2000), não observaram diferença na quantidade de eosinófilos de frangos de corte não submetidos ao estresse térmico (3,66% do total de leucócitos) quando comparados ao grupo exposto a estresse térmico agudo (3,53 % do total de leucócitos). Entretanto, Marchini et al. (2011) verificaram aumento significativo na média de eosinófilos (0,9% do total de leucócitos) em frangos de corte que receberam estresse por calor de 38°C, uma hora por dia, do primeiro ao 27º dia de idade e à 40°C durante uma hora do 28º ao 42º dia de idade, em relação aos frangos que estavam no ambiente termoneuro (0,7 % do total de leucócitos).

A função dos basófilos nas aves não é bem conhecida, mas encontram-se no sangue periférico e aumentam em processos necróticos, etapas iniciais da inflamação, reações de hipersensibilidade e situações de estresse severo (Cardoso e Tessari, 2003).

Diferença na quantidade de basófilos de frangos de corte estressados ou não por calor agudo (5,46 e 2,34 % do total de leucócitos, respectivamente) foi observada por Altan et al. (2000). Laganá et al. (2007), também verificaram diferença no número de basófilos de frangos de corte submetidos a estresse cíclico por calor em um período de 12 horas de temperatura a 25°C, três horas de 25 a 32°C, seis horas a 32°C e três horas de 32 a 25°C,

diariamente, comparado ao ambiente termoneutro, com temperaturas diárias na faixa de 21 a 25°C.

Os linfócitos são responsáveis pela imunidade específica na maioria das espécies aviárias. Morfologicamente, os linfócitos das aves são semelhantes aos dos mamíferos e são as células mais abundantes no sangue periférico na maioria das aves (Cardoso e Tessari, 2003).

A porcentagem de linfócitos compreende de 40 a 70% do total de leucócitos (Charles Noriega, 2000 – citado por Cardoso e Tessari, 2003). Níveis de linfócitos acima do normal denomina-se linfocitose, e podem indicar estimulação imunológica. A diminuição na quantidade de linfócitos é denominada de linfopenia, na maioria das vezes indica uma resposta a estresse (Clark et al., 2009). Cardoso e Tessari (2003) verificaram em frangos de corte de um a 52 dias de idade valores absolutos entre 14318 a 16290 linfócitos/ μ L, representando de 56,8 a 69,5% do total de leucócitos. Laganá et al. (2007) observaram que a contagem diferencial de células sanguíneas tem mostrado que 60 a 65% do total de leucócitos são de linfócitos.

Altan et al. (2000) trabalhando com frangos de corte com 44 dias de idade submetidos a estresse térmico agudo (39°C por 2 horas) observaram redução significativa na quantidade de linfócitos circulantes, onde as aves criadas no termoneutro apresentaram 73,5% de linfócitos, enquanto que nas aves estressadas por calor os autores verificaram 62,7% de linfócitos. Revidatti et al. (2002) também observaram uma redução da taxa de linfócitos em frangos de corte machos expostos durante quatro horas à temperatura ambiental de 40°C, com umidade relativa de 60%. Porém Ribeiro et al. (2008) não observaram influência do ambiente sobre o número de linfócitos em frangos de corte de um a 35 dias de idade submetidos a estresse cíclico por calor (25 a 32°C), embora as aves em estresse tenham apresentado menor número de linfócitos totais (15578 x 15969 linfócitos/ μ L).

O aumento na relação de HET/LINF circulantes tem sido relacionado ao estresse em frangos podendo ser mais confiável para avaliar o bem-estar de aves do que a concentração de corticosterona no plasma (Maxwel, 1993). Este aumento da relação HET/LINF foi verificado por Altan et al. (2000) em frangos de 42 dias de idade expostos a um estresse por calor agudo (39°C por 2 horas), quando comparados ao grupo de aves não estressados (0,43 e 0,24, respectivamente). Comportamento semelhante foi observado por Ribeiro et al. (2008), os quais verificaram maior relação HET/LINF em frangos estressados por calor (25 a 32°C) quando comparados ao grupo submetido ao ambiente termoneutro. Esta relação foi de 0,84 e 0,69, respectivamente.

2.2.6 Perfil bioquímico

A avaliação dos parâmetros bioquímicos do sangue é importante em estudos que visam interpretar as respostas do organismo a diversas situações. As concentrações das proteínas plasmáticas totais nas aves variam de 2,5 a 4,5 g/dL (Schmidt et al., 2007). As proteínas plasmáticas estão divididas em dois grupos, albumina e globulinas, as quais apresentam muitas funções tais como: manutenção da pressão osmótica do plasma, transporte de substâncias através do corpo (hormônios, minerais), imunidade, ação tampão, preservando o pH e regulação das enzimas (Swenson e Reece, 1996). Nas aves a albumina representa de 40 a 60% da proteína plasmática total e é sintetizada no fígado, por isso sua análise pode ajudar na avaliação hepática, seus níveis normais variam de 0,8 a 2,0 g/dL (Thrall, 2007). A albumina transporta ânions, cátions, ácidos graxos e hormônios. Desta forma, a hipoalbuminemia afeta as concentrações destes compostos (Schmidt et al., 2007). Vários fatores podem afetar as concentrações das proteínas totais no sangue das aves como idade, doenças, condições ambientais e de manejo. (Lumeij, 1997).

Em condições anômalas, as proteínas totais podem aumentar por desidratação e doenças crônicas. As baixas concentrações de proteínas estão relacionadas à desnutrição, infecções agudas e hemorragias (Swenson e Reece, 1996).

Em condições adequadas de criação de frangos de corte Rotava et al. (2008) e Minafra et al. (2010) encontraram valores de proteínas totais de 2,90 (g/dL) e 3,65 (g/dL), respectivamente. Entretanto, Toghiani et al. (2012) observaram em frangos de corte estressados por calor (33 ± 2 °C) valores de proteínas totais de 4,12 g/dL e de 4,28 g/dL aos 21 e 42 dias de idade, respectivamente.

Como resposta ao estresse térmico que ocorre com frequência em frangos de corte, tem sido observado aumento dos níveis circulantes de glicose, triglicérides e colesterol (Yahav et al., 1997; Puvadolpirod e Thaxton, 2000; Sahin e Kuçuk, 2001). Durante o estresse, ocorre elevação dos níveis de corticosterona, que tem efeitos sobre o metabolismo intermediário de carboidratos, proteínas e gorduras, além de estimular a gliconeogênese, processo que envolve a conversão de substratos não carboidratos em glicose, sendo os aminoácidos o substrato mais utilizado (Deyhim et al., 1995; Frandson et al., 2005).

Puvadolpirod e Thaxton (2000) encontraram maiores valores de corticosterona, glicose, colesterol, triglicérides, proteínas plasmáticas e relação HET/LINF em frangos

estressados por infusão contínua de ACTH. Entretanto, Lin et al. (2006) não encontraram diferença nas concentrações plasmáticas de glicose e corticosterona em frangos de corte com 35 dias de idade expostos a 32 °C durante seis horas.

Olanrewaju et al. (2006), estimulando o estresse através da administração contínua de ACTH, relataram aumento de corticosterona, glicose, colesterol e triglicerídeos no plasma de frangos de corte. Entretanto, Laganá et al. (2007), trabalhando com frangos de corte criados em condições de ambiente termoneutro (21-25°C e UR 73%) e estresse por calor cíclico (25-32°C e UR 65%), não encontraram diferenças significativas no conteúdo de glicose plasmática em frangos com consumo de ração à vontade.

Avaliando o efeito da temperatura ambiente Azad et al. (2010), submeteram frangos de corte a quatro situações diferentes: ambiente termoneutro (24°C), estresse cíclico por calor (24 - 32°C) e dois ambientes com temperaturas elevadas constantemente (32 e 34 °C, respectivamente), a umidade relativa utilizada foi de 55% para todos os tratamentos. Estes pesquisadores não encontraram alterações nos níveis de albumina no plasma. Entretanto, comparando com o grupo termoneutro, o nível de glicose foi maior nas aves criadas no ambiente com 32°C constantes. Já os níveis de triglicérides plasmáticos foram reduzidos em resposta ao estresse cíclico por calor. Os frangos de corte criados em termoneutralidade apresentaram maiores concentrações plasmáticas de potássio e sódio, em comparação aos demais tratamentos.

Outro importante indicador plasmático do estresse é o lactato (Dalla Costa et al., 2008). O lactato é produzido por células de diversos órgãos e tecidos em situação de anaerobiose. A principal fonte de produção de lactato é a quebra de glicogênio. O glicogênio se quebra em piruvato e produz energia em situação de aerobiose. Desta forma, normalmente, a acidose láctica é produzida como consequência de hipoperfusão tecidual e hipóxia, as quais podem ocorrer em casos de choque, anemia grave e afecções respiratórias (Allen e Holm, 2008).

Segundo Mello e Luciano (2000), a formação, troca e utilização de lactato representam um importante meio de repartição da energia fornecida após o consumo de carboidrato e durante o esforço físico prolongado. O lactato é um interessante metabólito intermediário entre a forma armazenada de carboidrato e os produtos metabólicos finais, pois promove a rápida troca entre os compartimentos teciduais, possui baixo peso molecular, não requer insulina para seu transporte e atravessa a barreira celular da membrana através de transporte facilitado. Além disso, pode-se dizer, ainda, que o lactato sanguíneo é um bom indicador da intensidade do esforço físico (Brooks, 1991).

Em aves, os valores de referência do lactato estão em torno de 46,1 mg/dL de sangue (Ross et al., 1978). Níveis elevados de lactato no sangue estão associados ao aumento de metabolismo provocado pelo estresse (Bertoloni et al., 2006).

2.3 Calor x densidade energética da ração

Considerando as mudanças comportamentais e fisiológicas apresentadas pelas aves quando expostas ao calor, diversas estratégias nutricionais têm sido propostas visando minimizar os efeitos negativos do calor sobre as aves (Barbosa, et al, 2008; Oliveira et al, 2010; Souza et al, 2011; Cardoso, 2013). Entre estas estratégias a manipulação energética da dieta tem sido bastante estudada.

2.3.1 Energia

A energia apesar de não ser um nutriente é um componente fundamental da ração. Ela é produzida pela oxidação de carboidratos, gorduras e proteínas da dieta durante o metabolismo animal (Sakomura e Rostagno, 2007).

As aves utilizam a energia da ração para o crescimento, atividades físicas e manutenção da temperatura normal. Parte da energia resultante da oxidação das substâncias orgânicas no organismo é transferida para compostos fosfóricos de alta energia (ATP), de onde o animal retira sua energia para os processos vitais (Kleiber, 1975).

A energia dietética pode ser utilizada de três diferentes formas: suprir energia para atividades, ser convertida em calor ou estocada como tecido corporal. A utilização ótima dos nutrientes pela ave é atingida quando a dieta contém a proporção de energia e demais nutrientes necessários para o crescimento e composição corporal desejada (Leeson e Summers, 2001).

Segundo Sakomura (2004) a energia obtida do alimento é utilizada primeiramente para atender a manutenção dos processos de sobrevivência e só então é utilizada para o crescimento e produção. Assim a deposição de tecido para crescimento só ocorre após as

exigências para manutenção serem atendidas. Caso a energia disponível na ração não seja suficiente para atender as exigências de manutenção, o tecido corporal será catabolizado para fornecer a energia necessária.

2.3.2 Processos de determinação da energia

A alimentação representa uma grande fração do custo na produção avícola e a energia é o componente mais caro. Dessa forma, é importante se estimar com precisão o valor energético dos alimentos.

Os carboidratos, os lipídeos, as proteínas e parte da fibra são os constituintes do alimento com potencial para fornecer energia ao organismo animal. Contudo, o total de energia difere entre estes nutrientes (Sakomura e Rostagno, 2007). Deste modo, a avaliação energética e o uso de um sistema mais preciso para quantificar essa energia, é de extrema importância na formulação de rações para aves. Os processos existentes para descrever a energia dietética são energia bruta, energia digestível, energia metabolizável e energia líquida (figura 1).

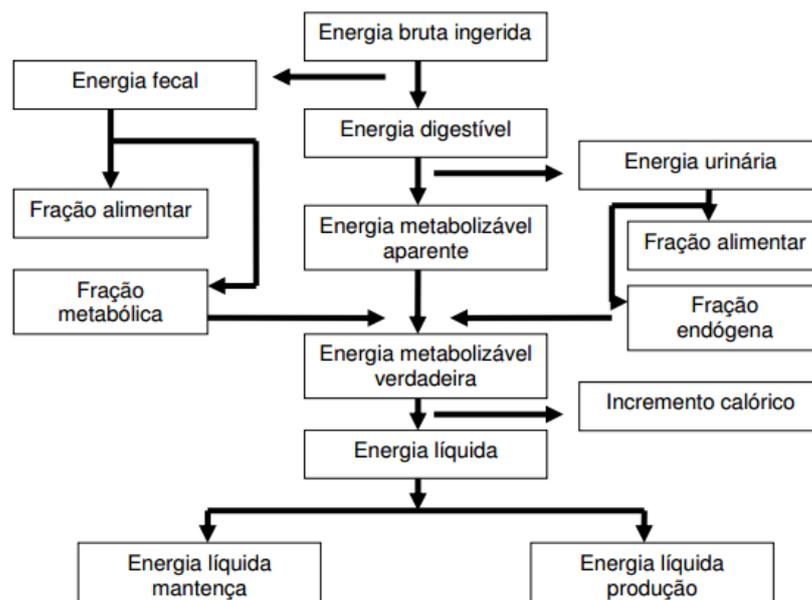


Figura 1. Esquema representativo dos sistemas energéticos (Sakomura e Rostagno, 2007)

A energia quantificada em bomba calorimétrica a partir da queima de uma amostra de alimento através da oxidação total da matéria orgânica é definida como energia bruta (EB) do alimento ou dieta (SIBBALD, 1982). Entretanto, essa energia não está totalmente disponível para ser usada pelo animal, pois esta determinação não leva em conta nenhuma das perdas energéticas que ocorrem durante a ingestão, digestão e metabolismo do alimento (SIBBALD, 1982). De qualquer forma, a energia bruta é o primeiro passo na avaliação energética dos alimentos.

Quando descontamos da EB ingerida a energia perdida nas fezes, temos a energia digestível (ED). Assim, esse método de determinação de energia leva em conta a digestibilidade do alimento e fornece uma medida útil da energia que o animal pode aproveitar (Noblet, 2007). Porém, em aves existe uma dificuldade de separar as fezes da urina, desta forma este método de determinação da energia geralmente não é utilizado para aves (Sakomura e Rostagno, 2007).

A forma normalmente utilizada na avaliação do conteúdo energético dos alimentos para aves é a EM, definida como a diferença entre a EB do alimento e a EB perdida nas excretas (fezes e urina) e nos gases da digestão (SIBBALD, 1982). Contudo, o intestino grosso das aves é pouco desenvolvido e a digesta passa pouco tempo no trato gastrointestinal, sendo assim, a energia perdida na forma de gases é muito baixa, e tem sido desprezada nos cálculos da EM (Sakomura e Rostagno, 2007).

Porém, nem toda a energia contida na excreta tem origem do alimento consumido. Parte da energia bruta das fezes é oriunda da bile, descamação do epitélio do trato digestório e suco digestivo, assim como a energia urinária, que compreende a energia de origem alimentar e a energia endógena, que consiste no produto do catabolismo dos tecidos (SIBBALD, 1982).

A fração urinária da excreta é influenciada principalmente pela digestibilidade da proteína e pela proteína absorvida que não foi retida no corpo ou depositada nos ovos (De Lange e Birkett, 2005). Consequentemente, essa proteína será catabolizada até os produtos de excreção nitrogenada, sendo o ácido úrico o principal constituinte da urina das aves, desta forma contribuindo com a energia da excreta.

Assim, a energia metabolizável pode ser determinada e expressa como energia metabolizável aparente (EMA) ou energia metabolizável verdadeira (EMV). Onde a EMV é obtida pela correção das perdas de energia fecal metabólica e urinária endógena (Sibbald, 1976).

A EM pode ainda ser corrigida pelo balanço de nitrogênio, pois o gasto de energia na formação e excreção de ácido úrico é uma consequência da não deposição da proteína

consumida (Sibbald e Morse, 1983). Como a retenção de proteína no corpo da ave depende de algumas variáveis tais como: idade, balanceamento de aminoácidos e relação proteína: energia. Recomenda-se a correção pelo balanço de nitrogênio (N) visando padronizar e reduzir a variação nos valores de EMA dos alimentos determinados em situações diferentes. Esta correção é calculada pela energia necessária para gerar a quantidade de ácido úrico excretada (8,22 kcal/g de N), que é então adicionada ao valor de EM medido, gerando a energia metabolizável corrigida para balanço nulo de N (EMAn ou EMVn) (Sakomura e Rostagno, 2007).

Deste modo, a correção pelo balanço de N parece ser essencial na comparação dos valores de EM determinados em aves jovens ou em aves adultas, já que as aves em crescimento estarão ganhando proteína corporal, enquanto que as aves adultas a retenção proteica é bem menor. Desde que esta correção foi proposta por Hill e Anderson (1958), sua aplicação é discutida, principalmente para frangos de corte em crescimento, onde a proteína dietética é penalizada, pois se considera que esta não é depositada como tecido proteico (Sibbald, 1982; Lopez e Leeson, 2008).

O processo de determinação da EM fornece uma estimativa da energia presente na ração que é potencialmente utilizável pela ave, porém não prevê a eficiência com que essa energia é utilizada para manutenção e produção (Van der Klis e Kwakernaak, 2008). Contudo, a determinação da EL leva também em consideração o calor produzido durante os processos de digestão, absorção e metabolismo dos nutrientes, este calor liberado é conhecido como incremento calórico (IC) (Noblet et al., 2010). Portanto, a EL é definida como o teor de EM menos IC. A energia que sobra depois dessas perdas é a energia verdadeiramente utilizada pela ave para manutenção (ELm - energia líquida para manutenção) e produção (ELp - energia líquida para produção: retenção de lipídeos, de proteína e produção de ovos).

A relação EL/EM (k) corresponde à eficiência de utilização da EM para EL. Entretanto, o k não é constante e depende de vários fatores fisiológicos e nutricionais. Por exemplo, o IC é menor quando a EM é utilizada para a deposição de gordura em comparação com a deposição de proteína. Como a proporção de deposição de gordura normalmente aumenta mais rapidamente do que a deposição de proteína com o aumento do consumo de energia metabolizável, o IC, teoricamente, tende a ser mais baixo nos níveis mais elevados de ingestão (Noblet et al., 1999).

Assim, o IC é definido como o calor produzido durante a ingestão, digestão, e metabolismo dos nutrientes, ou seja, calor resultante do aumento da atividade gastrointestinal, hepática, renal, dos sistemas circulatório e respiratório, devido à necessidade de digerir e

metabolizar os nutrientes. O termo produção de calor (PC) refere-se ao somatório do incremento calórico com a energia gasta para manutenção (Noblet et al., 2010).

Em animais em crescimento, o consumo de EL é calculado como a soma da energia retida no corpo (ER), a um dado nível alimentação e produção, e a produção de calor em jejum (PCj), que representa a ELM (Noblet et al., 1994). A EL encontrada e o k correspondente representam a utilização combinada da energia para satisfazer os requisitos de manutenção e crescimento (Noblet et al., 2010). A ER pode ser determinada pela técnica de abate comparativo ou, mais frequentemente, calculada pela diferença entre o EM ingerida (EMI) e a PC estimada por calorimetria. A PCj pode ser medida diretamente nos animais em jejum ou obtidos a partir de dados da literatura, sendo preferível obtê-la após um período alimentado pela dieta teste, pois a produção de calor em jejum depende da composição corporal e do estado fisiológico do animal, que podem ser influenciados pela dieta, condições climáticas e genética (Noblet et al., 2010). Assim, a diferença obtida entre a PC das aves alimentadas e em jejum, corresponderá ao IC, e conhecendo-se o teor de EMI pode-se determinar o valor de EL da dieta.

Como mencionado anteriormente a PC pode ser estimada através da técnica do abate comparativo, ou a partir de trocas gasosas através da calorimetria indireta, podendo ainda ser mensurada diretamente através da calorimetria direta.

O método do abate comparativo estima a PC pela diferença entre a EMI e a ER, que durante o ensaio experimental é quantificada avaliando-se a composição corporal inicial de um grupo de animais que representam os animais experimentais e a composição dos animais no final do ensaio (Sakomura, 2004). A ER é calculada pela diferença entre a composição energética corporal final e inicial. Este método baseia-se na premissa de que a composição corporal de um grupo de animais pode representar a composição da população estudada (Wolynetz e Sibbald, 1987). Assim, para evitar erros experimentais é essencial a obtenção de amostras representativas e homogêneas.

Entretanto, o método mais utilizado é a calorimetria indireta, a qual permite uma avaliação em um curto período de tempo, com possibilidade de usar os mesmos animais para diferentes avaliações, incluindo o jejum. Neste método o fluxo de ar é misturado ao ar expirado pelas aves, sendo coletadas amostras a cada cinco minutos para a determinação das concentrações de O₂ e CO₂. O consumo de O₂ e a produção de CO₂ podem ser calculados com base no volume e na composição do ar que entra em comparação ao ar que sai (Kleiber, 1975). Deste modo, a PC é estimada pela fórmula de Romijn e Lokhorst (1961) que posteriormente foi modificada por Brouwer (1965). Portanto, a PC é calculada a partir das

mensurações das trocas gasosas (produção de gás carbônico e consumo de oxigênio) combinado com a excreção de nitrogênio urinário (Nu) de acordo com a seguinte fórmula: $PC (kj) = 16,18 \times O_2 (l) + 5,02 \times CO_2 (l) - 5,88 Nu (g)$.

Entretanto, no caso específico das aves, a contribuição do nitrogênio urinário no cálculo da PC é normalmente inferior a 0,3% (Romijn e Lokhorst, 1961), e tem sido omitido nas pesquisas com estes animais por geralmente induzir a um erro <1% (Geraert et al., 1988; Gabarrou et al., 1997; Gabarrou et al., 1998; Zeman et al., 2001; Swennen et al., 2004; Swennen et al., 2007; Tachibana et al., 2007; Tachibana et al., 2013).

2.3.3 Exigências energéticas para manutenção e para o crescimento

As exigências de manutenção de frangos em crescimento representam grande parte da EMI (42 a 44%), portanto, uma avaliação precisa é fundamental para a compreensão do metabolismo energético em frangos de corte (Lopez e Leeson, 2005).

As exigências energéticas são divididas em gastos de energia para manutenção e produção. A energia para manutenção envolve gastos inevitáveis e primários, necessários para a sobrevivência, ou seja, metabolismo basal. A exigência para manutenção é descrita como a quantidade de energia necessária para equilibrar a composição corporal, ou seja, equilibrar o anabolismo e catabolismo restando próximo de zero de energia quando não há produção, trabalho ou atividade (Sakomura, 2004). A exigência de manutenção é atendida a partir da energia dos alimentos ou da oxidação de reservas corporais. Além de atender às exigências para manutenção, a energia ingerida também é destinada à síntese de compostos orgânicos, isto é, para o crescimento corporal, produção ou deposição de gordura (Sakomura, 2004).

O metabolismo basal de um animal homeotérmico corresponde à energia mínima necessária para suportar a manutenção dos processos de sobrevivência, tais como o funcionamento dos órgãos, do sistema nervoso, dos tecidos, da temperatura corporal e atividade limitada em ambiente termoneutro (Blaxter, 1989).

A ELM, apesar de ser fundamental nos sistemas de energia líquida, não pode ser determinada diretamente por meios experimentais (De Lange e Birkett, 2005). Tradicionalmente, os requerimentos de energia do metabolismo basal (EMB), representada pela PCj é utilizada para estimar a ELM (Lofgreen e Garrett, 1968; Blaxter, 1989; De Lange e Birkett, 2005). A princípio, a determinação da ELM através da produção de calor do animal

em jejum não seria apropriada, uma vez que representa tanto os requisitos energéticos para as funções básicas de manutenção do corpo, ou seja, os requerimentos de ATP ao nível celular, somado a produção de calor proveniente da formação de ATP a partir das reservas corporais (De Lange e Birkett, 2005).

A forma mais apropriada em se obter a ELM seria através da relação $ELM = EMB \times kb$, na qual kb é a eficiência de conversão das reservas corporais para energia útil na forma de ATP. Entretanto, o kb possui mínima variação, pois a contribuição das reservas corporais na geração de ATP varia muito pouco nos animais em jejum com histórico nutricional semelhante, fazendo assim, com que a energia necessária para o metabolismo basal e a PCj tenham uma forte relação conceitual, justificando a utilização da produção de calor em jejum como valor adotado para a energia líquida de manutenção (Birkett e De Lange, 2001).

Segundo Lofgreen e Garrett (1968), uma maneira de se avaliar a PCj é estimando o balanço energético a partir do consumo de EM e da ER. De acordo com esses autores, a PC é composta pelo metabolismo basal, pelo incremento calórico e pelo calor produzido pela atividade física. Portanto, quando não há consumo de EM, o incremento calórico é igual a zero e a PC é proveniente do metabolismo basal e das atividades voluntárias do animal, correspondendo à exigência de manutenção. Avaliando-se vários níveis de consumo é possível montar uma equação relacionando a produção de calor ou a retenção corporal em zero de consumo de ração.

Normalmente, a PCj é medida diretamente (calorimetria direta) ou calculada pelo consumo de O₂ e produção de CO₂ (calorimetria indireta), a PCj é feita com animais em jejum, durante períodos variáveis conforme a espécie animal (tamanho corporal e capacidade de consumo de alimento) e em temperatura ambiental de conforto ou em temperatura fixa de 24 °C.

A EMI normalmente é dividida em PC e ER em tecidos corporais, principalmente como gordura (ERG) e proteína (ERP). Desta forma a $EMI = PC + ER$. Em condições de termoneutralidade, a PC em frangos de corte em crescimento representa entre 52 a 64% da EMI (Van Milgen et al., 2001; Noblet et al., 2003) e está diretamente relacionada com as exigências energéticas para manutenção e processos produtivos. Van Milgen et al. (2001), subdivide a produção de calor total em três componentes principais: PCj, PC decorrente da atividade física e efeito térmico do alimento (ETA). Estes autores, através da calorimetria indireta, demonstraram em frangos de corte de 21 a 35 dias de idade que a PCj e o calor proveniente da atividade física representam de 36 a 37% da EMI, assim a energia de manutenção obtida por esses pesquisadores para frangos nesta fase encontra-se entre 152-157

kcal/kg^{0,60}. Valores semelhantes (155 kcal/kg^{0,60}) foram encontrados por Lopez e Leeson (2005) utilizando a técnica de abate comparativo e usando o mesmo modificador metabólico.

A Energia para manutenção é geralmente expressa numa base de peso metabólico, a qual é definida como o peso corporal elevado à potência 0,75 (MacLeod, 1990; Boekholt et al., 1994; Buyse et al., 1998). Porém, estudos recentes indicam que este expoente não é o mais adequado para prever as exigências energéticas em frangos de corte (MacLeod, 1997; Van Milgen et al., 2001; Noblet et al., 2003; Lopez e Leeson, 2005). As exigências para manutenção são altamente influenciadas pelo cálculo, conseqüentemente, isso irá influenciar diretamente a partição energética entre manutenção e produção (deposição de gordura e proteína), e assim afetando a eficiência de uso da energia. Lopez e Leeson (2005), verificaram que o uso do expoente 0,75 no cálculo do peso metabólico subestima as necessidades energéticas em frangos de corte em crescimento, eles verificaram que a exigência de manutenção calculada com base no $PV^{0,75}$ Kg era 8% mais baixa do que os valores estimados utilizando $PV^{0,60}$ Kg, estes autores afirmam que o uso do expoente 0,60 é mais preciso.

Em uma compilação de dados para PCj realizada de acordo com uma metodologia comum e com métodos estatísticos adequados Noblet et al. (2015), recomendam uma atualização do expoente para expressar o peso metabólico de frangos de corte, segundo estes autores o expoente indicado para frangos de corte é 0,70 diferente do recomendado para outros animais (0,75).

2.3.4 Densidade energética da ração

O frango de corte moderno apresenta elevada taxa de crescimento, que é alcançada graças ao alto consumo de ração. Entretanto, a ingestão e o metabolismo do alimento têm um efeito termogênico, elevando a produção de calor pelas aves. Portanto, ao sofrerem estresse por calor, as aves reduzem o consumo de alimento e a eficiência digestiva, a fim de diminuir a produção de calor metabólico e manter a homeotermia (Oliveira Neto et al., 2000).

Para reduzir estes efeitos tem sido recomendada a modificação dos níveis nutricionais das rações, especialmente no que se refere ao aumento da EM para aves criadas em altas temperaturas (Rosa et al., 2000; Raju et al., 2004). Porém, Campos et al. (1995) sugerem a redução da EM na ração de aves criadas em ambientes quentes, pois o aumento da energia pode contribuir negativamente para a dissipação de calor pelos frangos, devido à maior

quantidade de calor gerado e ao menor gradiente térmico existente entre a superfície da ave e o ambiente. Por outro lado, tem sido verificado um melhor desempenho de frangos de corte com o aumento da energia nas rações (Sakomura et al., 2004; Ghazalah et al., 2008).

Avaliando três níveis de EM (3200, 3000 e 2800 Kcal/Kg) na ração de frangos de corte submetidos a três temperaturas (17,1; 22,2 e 27,9°C) Bertechini et al. (1991), observaram que o aumento da temperatura e a redução do nível energético da ração provocaram redução do ganho de peso das aves. Estes autores observaram que para os frangos criados na temperatura de 27,9 °C foi necessário utilizar o nível de 3200 kcal/kg para obter o mesmo ganho das aves que receberam os níveis de 3000 Kcal/Kg em 22°C e 2800 kcal/kg em 17,1°C.

Oliveira Neto et al. (2000) observaram que o estresse por calor influenciou negativamente o desempenho, reduziu o rendimento de peito e o peso do coração, fígado, moela e intestinos, bem como aumentou a gordura abdominal de frangos de corte, independente do nível energético da ração (3075 e 3300 kcal de EM/kg) em frangos de corte de 22 a 42 dias de idade.

Trabalho semelhante foi realizado por Barbosa et al. (2008) objetivando avaliar os efeitos dos níveis de EM na ração (2800, 2900, 3000, 3100 e 3200 kcal/kg) de frangos de corte de 22 a 49 dias de idade criados em condições de estresse cíclico por calor (23,5 a 36,6 °C) sobre o desempenho e as características de carcaça. Estes autores não encontraram efeito dos níveis de energia da dieta sobre o ganho de peso e a conversão alimentar. Como também não observaram influência dos tratamentos sobre os rendimentos de carcaça, coxa, sobrecoxa, asa, tulipa, moela, coração, fígado, proventrículo e intestino. Entretanto, verificaram que a gordura abdominal aumentou e o rendimento de peito diminuiu proporcionalmente à elevação da energia da dieta em ambiente de altas temperaturas.

Sakomura et al. (2004) estudando o efeito dos níveis de energia metabolizável da dieta (3050, 3200 e 3350 kcal/kg) sobre o desempenho e o metabolismo energético de frangos de corte machos na fase de crescimento (22 a 43 dias de idade) em condições de temperatura ambiente e utilizando o método de abate comparativo, observaram que os níveis de energia influenciaram a ingestão de energia metabolizável (371,21; 379,67; 368,61 kcal/kg^{0,75}/d) e, conseqüentemente, a retenção de energia na carcaça (162,11; 156,58; 160,58 kcal/kg^{0,75}/d) e a produção de calor (209,10; 223,10; 208,03 kcal/kg^{0,75}/dia), respectivamente. Os melhores resultados de desempenho foram observados nas aves que receberam nível de energia mais alto.

Tem sido sugerido o uso de lipídeos como fonte de energia, ao invés de carboidratos, pois este diminui o incremento calórico das dietas e favorece o desempenho das aves durante épocas de altas temperaturas ambientais (Sakomura et al., 2004; Rostagno et al., 2006). Segundo Noblet (2007) a eficiência energética da dieta aumenta com a adição de gordura e carboidratos e diminui com a adição de fibras e proteínas. Oliveira Neto et al. (1999) obtiveram melhora linear crescente para ganho de peso e conversão alimentar de frangos expostos ao calor em razão do aumento do nível de energia (3000, 3075, 3150, 3225 e 3300 kcal de EM/kg) por meio de inclusão de óleo de soja às rações.

A principal diferença entre os sistemas de ED ou EM e EL é que os dois primeiros expressam o potencial energético, enquanto o último expressa a energia útil e inclui a eficiência com a qual cada nutriente pode ser utilizado. Essa eficiência é diferente entre os nutrientes. A proteína do corpo está sujeita a um processo constante de quebra e síntese. Durante esse processo uma fração de aminoácidos é inevitavelmente perdida. A síntese protéica requer energia e a contínua quebra e síntese das proteínas do corpo aumentam o gasto energético. Assim, a proteína da dieta é utilizada com uma eficiência média de apenas 60 % para deposição de proteína corporal, enquanto que os carboidratos e gorduras são utilizados para deposição de lipídeos com eficiência média de 90% e 75% em aves, respectivamente (De Lange e Birkett, 2005). Para MacLeod (2002) os valores de energia líquida para gordura e proteína por unidade de EM são, respectivamente, 20% maior e 20% mais baixos em comparação com carboidratos.

Carré et al. (2002) citado por Noblet et al. 2010, trabalhando com frangos de corte dos 21 a 35 dias de idade, avaliaram 28 dietas através do abate comparativo e utilizando um valor de referência para a energia de manutenção de 120,4 kcal/kg^{0,6}, encontraram taxas de EL/EMA de 68, 84 e 78%, respectivamente para proteína, lipídeos e carboidratos.

Assim, a melhoria no desempenho associado à inclusão de óleo ou gordura na ração, pode ser atribuída ao aumento da disponibilidade dos nutrientes dos ingredientes da ração, e ao efeito extra metabólico dos lipídeos, que resulta em melhoria da eficiência energética pelo incremento da energia líquida da ração (Sakomura et al., 2004).

Em estudo utilizando calorimetria indireta, Noblet et al. (2009) com o objetivo de verificar a eficiência de utilização da EM para EL em duas dietas com as inclusões de 2,7 e 9,6% de lipídeos (óleo de colza) para frangos de corte de três a seis semanas de idade, não observaram efeito das níveis de lipídeos sobre o ganho de peso, consumo de energia metabolizável (1875 kJ/kg^{0,70}/d), produção de calor total (903 kJ/kg^{0,70}/d), produção de calor em jejum livre de atividade física (440,5 kJ/kg^{0,70}/d), produção de calor relacionado à

atividade física ($146,5 \text{ kJ/kg}^{0,70}/\text{d}$) e efeito térmico da dieta ($315,5 \text{ kJ/kg}^{0,70}/\text{d}$), consequentemente as relações EL/EM (75,3%) foram equivalentes.

3. MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada no Laboratório de Metabolismo Animal (LAMA) do Departamento de Zootecnia da Escola de Veterinária da UFMG, seguindo as normas vigentes e aprovadas pela Comissão de Ética em Experimentação Animal da UFMG (CETEA). Foram realizados dois experimentos, os quais são descritos a seguir.

Experimento I: “Efeito dos níveis de energia metabolizável na dieta sobre parâmetros sanguíneos, digestibilidade e desempenho de frangos de corte criados em termoneutralidade”.

Experimento II: “Efeito dos níveis de energia metabolizável na dieta sobre parâmetros sanguíneos, digestibilidade e desempenho de frangos de corte criados em estresse cíclico por calor”.

Em ambos os experimentos, a temperatura e a umidade relativa, dentro da sala, foram registrados diariamente por termo higrômetros digitais.

3.1 Aves, instalações e manejo das aves nos experimentos

Foram utilizados 336 frangos de corte machos Cobb em cada experimento. Até 15 dias de idade as aves foram criadas no chão em galpão convencional, situado no Setor de Avicultura do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), localizado na Fazenda Experimental Prof. Hélio Barbosa no município de Igarapé, MG.

Quando completaram 15 dias de idade as aves foram transferidas para a sala climatizada do Laboratório de Metabolismo e Respirometria Animal da UFMG, onde foram alojadas em gaiolas metabólicas, providas de bebedouros do tipo nipple, comedouros e bandejas coletoras de excretas individuais, com dimensão de 1m^2 . As aves tiveram livre acesso a ração e a água. De um a 19 dias de idade as aves receberam ração inicial formulada

considerando a composição nutricional dos ingredientes apresentada por Rostagno et al. (2011) descrita na tabela 2.

Assim, o período de adaptação às condições ambientais foi de quatro dias. Deste modo, o experimento foi iniciado quando as aves completaram 19 dias e encerrado com 41 dias de idade. Nesta fase, o programa de luz utilizado foi de 20 horas de luz e 04 horas de escuro, para repouso sempre em temperaturas termoneutras.

3.2 Tratamentos e dietas

A temperatura considerada no experimento I para o ambiente termoneutro (ATN) foi de $23 \pm 2^{\circ}\text{C}$; $60 \pm 2\%$ de umidade relativa do ar (UR) e para o experimento II, ambiente de estresse cíclico por calor (EPC), houve variação cíclica das condições térmicas, sendo 16 horas de $23 \pm 2^{\circ}\text{C}$; $60 \pm 2\%$ UR e 08 horas de $32 \pm 2^{\circ}\text{C}$; $60 \pm 2\%$ UR, conforme descrito na tabela 1.

Tabela 1. Descrição da temperatura e umidade relativa do ar nos ambientes ATN e EPC

Ambiente	ATN	EPC	
Tempo de exposição em horas/dia	24	16	8
Temperatura $^{\circ}\text{C}$ (19 a 41 dias de idade)	21 - 25	21 - 25	30 - 34
UR média (%) (19 a 41 dias de idade)	58 - 62	58 - 62	58 - 62

As rações utilizadas durante o período experimental foram as mesmas para os dois experimentos. Estas foram isonutritivas, com exceção de EM que foram os seguintes: 2980, 3080, 3180 e 3280 kcal/kg na ração.

De 19 a 41 dias de idade as aves receberam ração de crescimento formulada com base na composição nutricional dos ingredientes apresentada por Rostagno et al. (2011).

A composição das rações, utilizadas nos dois experimentos e seus respectivos níveis nutricionais, calculados, encontram-se na tabela 2.

Tabela 2. Composição percentual e valores nutricionais calculados das rações utilizadas nos experimentos

	Inicial	2980	3080	3180	3280
Milho	60,80	69,00	67,20	64,80	62,50
Farelo de soja (45%)	30,50	23,50	23,90	24,40	24,7
Óleo de soja	1,00	0,00	1,7	3,60	5,5
Farinha de carne e ossos (44%)	5,80	5,00	5,00	5,00	5,00
Calcário fino	0,27	0,73	0,44	0,46	0,55
Sal comum	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
DL – Metionina (99%)	0,38	0,32	0,33	0,33	0,33
L-Lisina HCL (78,5%)	0,37	0,37	0,36	0,35	0,35
L-Treonina	0,13	0,12	0,12	0,12	0,12
L-Triptofano	-	0,02	0,02	0,01	0,02
Valina	-	0,11	0,11	0,10	0,10
Arginina	-	0,09	0,08	0,08	0,07
Suplemento vitamínico/mineral ¹	0,40				
Suplemento vitamínico/mineral ²	-	0,40	0,40	0,40	0,40
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Níveis nutricionais calculados					
EM (kcal/kg)	2980	2980	3080	3180	3280
Proteína bruta (%)	22	19	19	19	19
Met + cist digestível (%)	0,94	0,82	0,82	0,82	0,82
Lisina digestível (%)	1,30	1,12	1,12	1,12	1,12
Treonina digestível (%)	0,84	0,73	0,73	0,73	0,73
Triptofano digestível (%)	0,22	0,20	0,20	0,19	0,20
Arginina digestível (%)	1,33	1,21	1,21	1,21	1,21
Valina digestível (%)	0,95	0,87	0,87	0,87	0,87
Cálcio (%)	0,95	1,04	0,93	0,94	0,97
Sódio (%)	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19
Fósforo disponível (%)	0,48	0,42	0,42	0,42	0,42

¹Suplemento Vitamínico Mineral (Fase inicial). Cada 1,0 kg contém: Ácido fólico 142 mg, ácido pantotênico 2.600 mg, Bacillus subtilus 75x10 e9 UFC, Alquinol 7.500 mg, biotina 13 mg, cobre 1.500 mg, colina 75g, ferro

26g, iodo 250 mg, manganês 16,25g, niacina 8.750 mg, Monensina 30 g, selênio 60 mg, vit A 2.500.000 UI, vit B1 370 mg, vit B12 3.000 mcg, vit B2 1.280 mg, vit B6 410 mg, vit D3 500.000 UI, vit E 3.750 UI, vit K3 625 mg, zinco 11,37g.

²Suplemento Vitamínico Mineral (Fase crescimento). Cada 1,0 kg contém: Vit. A 9.775 UI, Vit. D3 2.255 UI, Vit. E 25 mg, Vit. K3 3.150 mg, Vit. B1 1.725 mg, Vit. B2 6.187,5 mg, Vit. B6 3.900 mg, Vit. B12 15.225 mg, Biotina 68.750 mg, Niacina 38.500 mg, Ácido Fólico 877,5 mg, Ácido Pantotênico 9.900 mg, Colina 1.546,3 mg, Selênio 212,5 mg, Iodo 1.000 mg, Ferro 30.000 mg, Cobre 10.000 mg, Manganês 90.000 mg, Zinco 80.000 mg, BHT 13.750 mg .

Os tratamentos definidos pelos níveis de EMA e ambiente estão descritos a seguir.

Experimento I:

- A- dieta com 2980 kcal/kg e ambiente termoneutro (ATN)
- B- dieta com 3080 kcal/kg e ambiente termoneutro (ATN)
- C- dieta com 3180 kcal/kg e ambiente termoneutro (ATN)
- D- dieta com 3280 kcal/kg e ambiente termoneutro (ATN)

Experimento II:

- A- dieta com 2980 kcal/kg e estresse cíclico por calor (EPC)
- B- dieta com 3080 kcal/kg e estresse cíclico por calor (EPC)
- C- dieta com 3180 kcal/kg e estresse cíclico por calor (EPC)
- D- dieta com 3280 kcal/kg e estresse cíclico por calor (EPC)

3.3. Variáveis analisadas

3.3.1. Parâmetros Fisiológicos

3.3.1.1. Temperatura retal

As medidas das temperaturas retais dos frangos foram realizadas aos 20, 26, 33, e 39 dias de idade, sendo utilizadas duas aves por parcela, escolhidas ao acaso. As mensurações ocorreram às 16 horas, para as duas condições ambientais. Para a determinação da

temperatura retal foi utilizado um termômetro clínico digital, BD- Becton Dickison®, inserido na cloaca por um período de 1 minuto.

3.3.1.2. Determinação de parâmetros de hemogasometria, bioquímicos e hematológicos

Para a determinação dos parâmetros sanguíneos, em cada experimento, foram realizadas quatro colheitas de sangue nos frangos, aos 20, 26, 33 e 39 dias de idade, às sete horas da manhã, antes do início do período quente no experimento II. Nestas avaliações foi utilizado um total de 24 aves para cada coleta de sangue, sendo uma ave de cada repetição.

Para as análises de sangue foram retirados 2ml/ave, por punção da veia da asa (veia braquial), sendo que para as análises de hemogasometria e hematológicas foi coletado 1ml de sangue em seringa-tubo SARSTEDT®, contendo anticoagulante à base de heparina lítica e para as análises bioquímicas, 1ml em seringa sem anticoagulante.

As amostras para hemogasometria foram processadas imediatamente após cada coleta. O pH e as medidas de hemogasometria como pCO_2 , pressão parcial de oxigênio (pO_2), HCO_3^- , tHB e Htc também foram determinados com o objetivo de avaliar o equilíbrio ácido-básico tanto em estado termoneutro quanto em estresse cíclico por calor, utilizando o aparelho analisador clínico semi portátil OPTI CCSA-TS (ALERE™) e cartuchos modelo E (ALERE™).

Os parâmetros hematológicos e as análises bioquímicas foram realizadas no Laboratório de Patologia Clínica, da Escola de Veterinária da UFMG. Os valores de leucócitos totais, heterófilos, linfócitos e a relação HET/LINF foram determinados imediatamente após cada coleta de sangue. Os esfregaços sanguíneos, para análise de leucócitos, foram fixados e corados pelo método May-Grunwald-Giemsa (Ferreira Neto et al., 1978). A contagem global de leucócitos foi realizada em aparelho analisador específico, Abacus Junior Vet – Hematology Analyser Diatron®, enquanto os heterófilos e os linfócitos foram determinados pela contagem em câmara de Neubauer, e 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 (-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 Synermed®. Os parâmetros avaliados foram as seguintes: proteínas totais, albumina, lactato, glicose, colesterol total e triglicerídeos.

3.3.2. Digestibilidade de nutrientes e energia

As determinações da digestibilidade dos nutrientes e da EMAn corrigida para balanço de nitrogênio foram realizadas por meio do método de coleta total de excretas no período de 25 a 29 dias de idade dos frangos para os dois experimentos. As quantidades de rações oferecidas e as sobras foram pesadas diariamente e as excretas foram coletadas e pesadas duas vezes ao dia durante o período de coleta de excretas.

Todo o material recolhido foi colocado em sacos plásticos, pesado e armazenado em câmara de congelamento (-15°C). Posteriormente, as excretas coletadas foram homogeneizadas, para a coleta das amostras, as quais foram pesadas e colocadas em estufa de ventilação forçada a 65°C durante 72 horas para pré-secagem. Após a pré-secagem, o material foi exposto por duas horas à temperatura ambiente, pesado, homogeneizado e moído em moinho tipo faca com peneira de 2mm. As análises para a determinação de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE) e energia bruta (EB) nas excretas e nas rações foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal da Escola de Veterinária da UFMG conforme técnicas descritas por AOAC (1995). A partir desses resultados, os dados dos coeficientes de digestibilidade aparente da energia e dos nutrientes foram obtidos.

A partir dos dados de consumo de dieta, produção de excretas e dos resultados das análises de laboratório, procedeu-se o cálculo dos coeficientes de digestibilidade da proteína bruta (PB); da matéria seca (MS) e da energia bruta (EB), conforme a seguinte fórmula:

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

A partir do consumo de MS, da determinação dos valores EB e do nitrogênio das rações e das excretas, foram calculadas: EMA e a energia metabolizável aparente corrigida pelo balanço do nitrogênio (EMAn), utilizando a fórmula de Matterson et al. (1965) descritas a seguir:

EMA= ((MS ingerida X EB ração) – (MS excretada X EB excretada))/MS ingerida

EMAn = (MS ingerida X EB ração) – (M Sexcretada X EB excretada) – 8,22 BN)/MS ingerida

BN = Balanço de nitrogênio

8,22 = fator que corresponde a 8,22 kcal de energia bruta por cada grama de nitrogênio retido.

BN= (MS ingerida X Nitrogênio ração) – (MS excretada X Nitrogênio excretado).

3.3.3. Determinação da produção de calor, energia líquida e energia de manutenção

Para a determinação da produção de calor, energia líquida e energia de manutenção, o método adotado foi o de calorimetria indireta, baseado na quantidade de energia produzida pela ave na forma de calor, calculada por meio de mensurações de trocas gasosas (consumo de oxigênio e produção de dióxido de carbono) em câmaras respirométricas de sistema aberto, equipada com aparelho da marca Sable®. Estas câmaras consistiam em uma estrutura de acrílico, nas dimensões de 1,20 x 2,00 x 2,10 m. As aves permaneceram nas câmaras dentro de uma gaiola de 1 m² com acesso à ração e água durante 24 horas. Neste sistema, uma tubulação de ar é acoplada a uma bomba, a qual realiza a renovação do ar no interior desta, em fluxo constante, durante todo o período de mensuração, sendo possível a regulação deste fluxo por meio de um fluxômetro de massa, o qual corrige o fluxo de ar em função da temperatura, pressão e umidade.

Neste método o fluxo de ar é misturado ao ar expirado pelas aves, sendo coletadas amostras a cada cinco minutos para a determinação das concentrações de O₂ e CO₂. O consumo de O₂ e a produção de CO₂ foram calculados com base no volume e na composição do ar que entra em comparação ao ar que sai. O cálculo da PC foi feito de acordo com a equação proposta para aves por Romijn and Lokhorst (1961): PC (kj) = 16,18 x O₂ (l) + 5,02 x CO₂ (l). A PC foi calculada considerando o quilo de peso corporal metabólico (PV^{0,70}), conforme Noblet et al (2015).

Para cada experimento, a avaliação da produção de calor pelas aves alimentadas foi iniciada aos 24 dias de idade. No início do período experimental, aos 19 dias de idade, as aves foram alimentadas com as rações de cada tratamento para adaptação às dietas. Na determinação desta variável foram utilizadas todas as três câmaras respirométricas disponíveis da Sala de Calorimetria do Laboratório de Metabolismo Animal – LAMA da UFMG. Como o principal fator de variação entre os experimentos foi à variação climática, em cada experimento as câmaras foram programadas para atender a condição climática imposta, sendo o experimento I, a termoneutralidade e no experimento II, o estresse térmico cíclico. Dessa forma, no experimento I, a temperatura de cada câmara respirométrica foi climatizada adequando às condições de termoneutralidade ($23 \pm 2^\circ\text{C}$; $60 \pm 2\%$ UR) por meio do uso de aparelho de ar condicionado interno e no experimento II, as câmaras foram climatizadas para gerar um estresse cíclico por calor, sendo 16 horas a $23 \pm 2^\circ\text{C}$; $60 \pm 2\%$ UR e 08 horas a $32 \pm 2^\circ\text{C}$; $60 \pm 2\%$ UR, controlados por aparelho aquecedor de ambiente com termostato de programação automática.

O incremento calórico foi calculado por meio da diferença da produção de calor mensurada nos frangos alimentados menos a produção de calor mensurada nos frangos em jejum.

$$\text{IC} = \text{PC alimentado} - \text{PC jejum}$$

Para o cálculo da energia líquida das rações foram utilizados os valores de energia metabolizável aparente corrigida pelo nitrogênio menos o incremento calórico. E para calcular a eficiência de utilização da EMAn para EL (k), utilizou-se a relação entre a EL e EMAn.

$$\text{EL} = \text{EMAn} - \text{IC}$$

$$\text{K} = \text{EL} / \text{EMAn}$$

Foram utilizadas cinco repetições de sete frangos por tratamento, colocadas nas três câmaras respirométricas, sendo que cada câmara alojou uma repetição por vez. A avaliação da produção de calor em jejum foi iniciada de forma sequencial às avaliações da produção de calor das aves alimentadas, e finalizada aos 41 dias de idade. Em cada experimento, a determinação da exigência de ELM foi realizada usando a mensuração da produção de calor das aves em jejum durante 24 horas dentro das câmaras respirométricas, de três repetições de

cada tratamento. Estas aves foram submetidas a um período prévio de 12 horas de jejum. As trocas gasosas foram mensuradas considerando a produção de calor em cada ambiente, ATN e EPC.

3.3.4. Avaliação de desempenho produtivo

O período experimental compreendeu a fase de crescimento, de 19 a 41 dias de idade das aves, a avaliação de desempenho foi iniciada aos 19 dias de idade. A avaliação se deu através das variáveis apresentadas a seguir.

3.3.4.1. Consumo de ração

O consumo de ração (CR) foi determinado subtraindo-se a quantidade ofertada na semana da sobra de ração ao final de cada semana e ao final da fase de criação. Para o cálculo do consumo de ração foi considerado o número de aves mortas na semana.

3.3.4.2. Ganho de peso

Para avaliação do ganho de peso (GP), na fase de crescimento, os frangos foram pesados aos 19 e 41 dias de idade. O ganho de peso foi calculado descontando-se o peso inicial dos pintos aos 19 dias (0,806 kg) do peso final aos 42 dias de idade.

3.3.4.3. Conversão alimentar

O cálculo de conversão alimentar (CA) foi feito a partir do consumo médio de ração e o ganho médio de peso das aves ao final da fase de criação.

3.3.4.4. Viabilidade

O número de aves mortas foi registrado diariamente e foi feito o cálculo da porcentagem de mortalidade, e a partir dessa taxa, calculada a porcentagem de viabilidade (100 menos a porcentagem de mortalidade).

3.3.4.5. Índice de eficiência produtiva

O índice de eficiência produtiva (IEP) foi calculado considerando o ganho de peso diário (g) x viabilidade (%)/conversão alimentar x 100. O IEP foi calculado aos 41 dias de idade das aves.

3.3.5. Peso relativo de órgãos

O abate das aves foi realizado aos 42 dias de idade, para todos os tratamentos. Para cada experimento, aos 42 dias de idade, foram amostradas aleatoriamente e abatidas 24 aves, sendo uma ave de cada repetição. Antes do abate, os frangos foram submetidos a jejum de ração de 12 (doze) horas e após a identificação individual foram pesados.

Após o abate o peito, a gordura abdominal e os órgãos (baço, bursa, coração, pulmão, moela, intestinos e fígado com vesícula) foram retirados, secos em papel toalha e pesados em balança de precisão para a determinação do peso relativo.

A avaliação do peso relativo foi feita considerando o peso de cada víscera em relação ao peso vivo em jejum obtido antes do abate.

3.3.6. Análise de custos

O custo da ração por kg de frango vivo (CuR) foi calculado multiplicando-se o custo das rações pela CA.

3.4. Delineamento experimental e análises estatísticas

O delineamento experimental adotado para análise da temperatura retal foi o inteiramente casualizado em sistema fatorial 4 x 4, com arranjo em parcelas subdivididas, sendo a parcela os quatro níveis de EM das dietas estudadas e as subparcelas, quatro idades das aves, equivalentes a diferentes estágios de aclimatação. Neste ensaio foram utilizadas seis repetições de duas aves de cada tratamento.

Para as análises sanguíneas, em ambos os experimentos, foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado em sistema fatorial 4 x 4, com arranjo em parcelas subdivididas, sendo a parcela os quatro níveis de EM das dietas estudadas e as subparcelas, as quatro idades das aves no momento da colheita de sangue. Neste ensaio foram utilizadas as mesmas 336 aves, distribuídas em seis repetições, de 14 aves. A primeira colheita foi realizada aos 20 dias de idade, de maneira que as aves ainda não estavam condicionadas aos diferentes ambientes térmicos. As demais colheitas foram procedidas aos 26, 33 e 39 dias de idade, de forma que estas mensurações ocorreram em diferentes estágios de aclimatação, no início do período experimental e em idades intermediárias, no intuito de melhor monitorar as possíveis alterações.

A digestibilidade das dietas e a mensuração da energia metabolizável aparente e corrigida para balanço de nitrogênio foram avaliadas pelo delineamento inteiramente ao acaso com quatro tratamentos (dietas) e seis repetições, sendo cada repetição composta de 14 aves.

Para a determinação da produção de calor, incremento calórico, energia líquida e energia líquida de manutenção, o delineamento utilizado foi o mesmo sendo constituído por quatro tratamentos (dietas) e cinco repetições para as aves alimentadas e três repetições para

as aves em jejum. A ordem de entrada das aves nas câmaras respirométricas seguiu o princípio da casualização.

O desempenho das aves também foi avaliado pelo delineamento inteiramente ao acaso com quatro tratamentos (dietas) e seis repetições, sendo cada repetição composta de 14 aves. Para a avaliação do peso relativo do peito, da gordura abdominal e dos órgãos (baço, bursa, coração, pulmão, moela, intestinos e fígado com vesícula), o delineamento foi o mesmo sendo constituído por quatro tratamentos e seis repetições cada, sendo cada ave considerada como uma repetição.

O modelo estatístico utilizado para o desempenho, digestibilidade e calorimetria indireta, adotando o delineamento inteiramente casualizado, foi o seguinte:

$$\hat{Y}_{ij} = \mu + t_i + e_{ij}$$

onde:

\hat{Y}_{ij} = observação do tratamento i na parcela j;

μ = média geral das observações;

t_i = efeito do tratamento i (i = nível de proteína bruta na dieta);

e_{ij} = erro experimental aleatório atribuído ao efeito do tratamento i, na parcela j.

Para temperatura retal e variáveis sanguíneas, o modelo estatístico adotado foi para parcela subdividida, descrito a seguir:

$$\hat{Y}_{ijk} = \mu + \alpha_i + D_{(i)k} + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + e_{(i)jk}$$

\hat{Y}_{ijk} = valor da subparcela que recebeu os níveis i e j na repetição k;

μ = média geral das observações;

α_i = efeito do tratamento (parcela) i;

$D_{(i)k}$ = erro da parcela que recebeu o tratamento i na repetição k;

β_j = efeito do tratamento (subparcela) j;

$(\alpha\beta)_{ij}$ = efeito da interação entre parcela i com a subparcela j;

$e_{(i)jk}$ = erro aleatório da subparcela que recebeu o tratamento i e j na repetição k.

Para temperatura retal e variáveis sanguíneas, os dados normais e homogêneos dos efeitos dos tratamentos para todas as variáveis estudadas foram submetidos à análise de variância e posteriormente as diferenças significativas entre médias foram comparadas pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). As respostas consideradas não normais foram avaliadas pela análise estatística não paramétrica pelo teste de Kruskal Wallis.

As demais variáveis estudadas foram submetidas à análise de variância e posteriormente realizadas análises de regressão. Os graus de liberdade dos fatores foram desdobrados em seus componentes lineares, quadráticos e raiz quadrada para a escolha do modelo de regressão que melhor descrevesse as observações.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Experimento I: “Efeito de diferentes níveis de energia metabolizável na dieta sobre parâmetros sanguíneos, digestibilidade e desempenho de frangos de corte criados em termoneutralidade”

4.1.1. Temperatura retal

Os dados da temperatura retal dos frangos de corte criados em termoneutralidade estão demonstrados na Tabela 3. Não foi observada interação entre os níveis de energia metabolizável da dieta e a idade das aves pelo teste de Kruskal Wallis ($P > 0,05$).

Tabela 3. Efeito do nível de EM da dieta sobre a temperatura retal dos frangos em diferentes idades, criados em termoneutralidade

EM (kcal/kg)	Temperatura retal (°C)				Médias
	20 d	26 d	33 d	39 d	
2980	40,69	41,13	41,12	41,17	41,03 ^A
3080	40,64	40,67	40,97	41,13	40,85 ^A
3180	40,72	40,72	40,84	41,36	40,91 ^A
3280	40,43	41,01	40,87	41,36	40,92 ^A
Médias	40,62 ^a	40,88 ^a	40,95 ^a	41,26 ^a	40,93

Teste de Kruskal Wallis ($p \geq 0,05$);

A temperatura retal também não foi influenciada pelos níveis de EM da dieta e nem pela idade das aves. De forma que, todos os valores de temperatura retal encontrados permaneceram dentro da faixa de normalidade para a situação de termoneutralidade. Resultados semelhantes foram observados por Cardoso, (2013) e Soares et al (dados não publicados).

4.1.2. Hemogasometria sanguínea

Os resultados de: pH, pO₂, pCO₂, HCO₃⁻, tHB e Hct estão apresentados na Tabela 4. Não houve interação entre os níveis de EM das rações e as idades dos frangos.

Tabela 4. Efeitos do nível de EM da dieta sobre: o pH, pO₂, pCO₂, HCO₃⁻, tHB e Hct no sangue de frangos em diferentes idades criados em termoneutralidade

	Nível EM (kcal/kg)	20 dias	26 dias	33 dias	39 dias	Médias	CV (%)
pH	2980	7,36	7,30	7,39	7,45	7,38 ^A	0,85
	3080	7,41	7,34	7,43	7,42	7,40 ^A	
	3180	7,40	7,31	7,41	7,42	7,39 ^A	
	3280	7,42	7,34	7,41	7,39	7,39 ^A	
Médias		7,40 ^a	7,32 ^b	7,41 ^a	7,42 ^a		
CV (%)		0,60					
pO ₂ (mmHg)	2980	45,60	42,60	41,40	47,00	44,15 ^A	12,65
	3080	46,20	45,00	47,20	45,20	45,90 ^A	
	3180	46,60	46,20	42,80	45,80	45,35 ^A	
	3280	42,20	47,60	42,80	42,80	43,85 ^A	
Médias		45,15 ^a	45,35 ^a	43,55 ^a	45,20 ^a		
CV (%)		10,43					
pCO ₂ (mmHg)	2980	50,00	52,60	49,20	40,60	48,10 ^A	13,24
	3080	45,22	47,20	43,60	43,40	44,86 ^A	

	3180	47,20	49,20	46,60	43,60	46,65 ^A	
	3280	45,60	45,40	46,00	47,40	46,10 ^A	
Médias		47,01 ^a	48,60 ^a	46,35 ^a	43,75 ^a		
CV (%)		12,42					
	2980	27,36	25,14	29,40	27,68	27,40 ^A	
HCO ₃ ⁻	3080	28,18	25,04	28,58	27,27	27,27 ^A	
(mmol/l)	3180	28,74	24,16	28,74	27,98	27,41 ^A	10,73
	3280	28,48	24,00	28,72	27,98	27,30 ^A	
Médias		28,19 ^a	24,59 ^b	28,86 ^a	27,73 ^a		
CV (%)		6,64					
	2980	10,82	11,68	11,60	11,76	11,47 ^A	
tHB	3080	10,84	11,78	11,90	11,38	11,48 ^A	
(g/dL)	3180	10,66	11,68	11,34	11,82	11,38 ^A	7,73
	3280	11,02	12,02	11,54	12,56	11,79 ^A	
Médias		10,84 ^b	11,79 ^a	11,60 ^a	11,88 ^a		
CV (%)		8,73					
	2980	32,40	35,00	35,00	35,40	34,45 ^A	
Htc (%)	3080	32,60	35,20	35,60	34,20	34,40 ^A	
	3180	31,80	35,00	34,00	35,40	34,05 ^A	7,85
	3280	33,00	36,00	34,60	37,80	35,35 ^A	
Médias		32,45 ^b	35,30 ^a	34,80 ^a	35,70 ^a		
CV (%)		8,67					

Médias seguidas de letras minúsculas distintas na linha e maiúsculas distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey (p≤0,05);

Os níveis de EM avaliados não foram capazes de provocar alterações significativas nos parâmetros sanguíneos de pH, pO₂, pCO₂, HCO₃⁻, tHB e Htc dos frangos criados em termoneutralidade. Entretanto, observou-se efeito significativo da idade sobre os parâmetros de pH e HCO₃⁻ sanguíneos, que apresentaram menores valores com 26 dias de idade. Assim, o pH verificado aos 26 dias de idade está relacionado com os valores de HCO₃⁻ encontrados, pois segundo Furlan et al., (2002) a constância dos valores do pH é mantida por meio de sistemas tampões, destacando-se o tampão bicarbonato/ácido carbônico (HCO₃⁻/H₂CO₃), responsável por 75% da capacidade tamponante do plasma sanguíneo. Os valores encontrados

para pH estão dentro da faixa de normalidade, relatadas por Sandercock et al. (2001) e Thrall et al. (2012), que consideram o pH normal entre 7,33 e 7,45.

A quantidade de tHB e Htc também foram afetados pela idade. Aos 20 dias de idade as aves apresentaram menores concentrações de tHB e Htc em comparação as demais idades de coleta.

A tHB participa do transporte de O₂ pelo sistema circulatório, sendo fundamental na oxigenação tissular, isto justifica a maior concentração de tHB e percentual de Htc observado a partir da segunda coleta de sangue, pois na fase de crescimento (22 a 42 dias de idade) existe um aumento da demanda de O₂ pelo tecido muscular. Os valores observados para tHB estão dentro da faixa verificada por Bounous e Stedman (2000) que encontraram variação de 7,0 a 13,0 g/dL. Entretanto, Borsa, et al. (2009) observaram taxa de tHb entre 8,26 e 10,38 g/dL para frangos de corte de sete a 42 dias de idade.

O Htc encontrado está dentro da faixa de normalidade observada por Cardoso e Tessari (2003) que verificaram uma variação de 30,6 a 37% do Htc em frangos de corte clinicamente saudáveis de um a 52 dias de idade. Concordando também com Schimidt et al. (2007) que afirmam que o Htc normal das aves varia de 35 a 55%.

Os dados de Na⁺ e K⁺ estão apresentados na Tabela 5. Não houve interação entre os níveis de EM avaliados e as idades de coleta.

Tabela 5. Efeito do nível de energia metabolizável da dieta sobre os níveis de Na⁺ e K⁺ no sangue de frangos em diferentes idades criados em termoneutralidade

	Nível EM (kcal/kg)	20 d	26 d	33 d	39 d	Médias	CV (%)	
Na ⁺ (mEq/l)	2980	147,00	145,60	147,40	146,00	146,50 ^A	1,33	
	3080	145,80	144,60	145,80	148,20	146,10 ^A		
	3180	146,60	144,60	146,20	147,80	146,30 ^A		
	3280	145,20	144,20	146,80	147,40	145,90 ^A		
Médias		146,15 ^a	144,75 ^b	146,55 ^a	147,35 ^a			
CV (%)		1,36						
K ⁺ (mEq/l)	2980	5,38	5,78	5,60	4,52	5,32 ^A	13,07	
	3080	4,80	5,22	4,66	4,56	4,81 ^B		
	3180	5,36	5,20	5,38	4,58	5,13 ^{AB}		
	3280	4,84	5,20	5,84	5,04	5,23 ^A		
Médias		5,10 ^a	5,35 ^a	5,37 ^a	4,68 ^b			
CV (%)		11,91						

Médias seguidas de letras minúsculas distintas na linha e maiúsculas distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$);

Os níveis de EM avaliados nas dietas não afetaram os níveis plasmáticos de sódio ($p \geq 0,05$), porém este parâmetro foi influenciado pela idade, as aves com 26 dias de idade apresentaram menor concentração de sódio no plasma. Já o potássio foi afetado tanto pelo nível de EM como pela idade das aves. Assim, o grupo de frangos que recebeu ração com 3080 (kcal/kg) de EM apresentou menor concentração de potássio plasmático, quando comparado aos grupos que receberam 2980 e 3280 (kcal/kg). As aves mais velhas (39 dias de idade) apresentaram menores concentrações de potássio.

Estes resultados encontram-se dentro dos padrões verificados em frangos criados em termoneutralidade. Pois trabalhando com frangos de corte na quarta semana de idade criados em ambiente termoneuro (24°C), Azad et al. (2010) verificaram concentrações plasmáticas 158,7 e 6,83 (mEq/l) para o sódio e potássio, respectivamente. Enquanto que Thrall et al. (2012), apresentam uma faixa de 130,0 a 160,0 mEq/L para o sódio e de 2,0 e 4,0 mEq/L para o potássio, como referência para aves.

4.1.3. Bioquímica sanguínea

Os parâmetros de: glicose (GLIC), colesterol total (COL), triglicerídeo (TRIG), lactato (LAC) e proteína total (PROT) do sangue estão apresentados na Tabela 6.

Tabela 6. Efeito do nível de EM da dieta sobre os níveis de GLIC, COL, TRIG, LAC e PROT no sangue de frangos em diferentes idades criados em termoneutralidade

	Nível EM (kcal/kg)	20 d	26 d	33 d	39 d	Médias	CV (%)
GLIC (mg/dL)	2980	266,08	214,25	263,03	242,28	246,41 ^A	12,02
	3080	223,05	211,08	274,93	254,07	240,78 ^A	
	3180	257,60	232,02	252,03	248,27	247,48 ^A	
	3280	245,28	229,87	249,39	249,17	243,43 ^A	
Médias		248,00 ^a	221,80 ^b	259,84 ^a	248,45 ^a		
CV (%)		8,15					
COL (mg/dL)	2980	146,67	164,83	168,83	159,67	160,00 ^A	14,60
	3080	134,50	165,17	162,67	150,83	153,29 ^A	
	3180	151,67	166,33	156,17	123,33	149,37 ^A	
	3280	160,83	152,17	151,17	141,83	151,50 ^A	
Médias		148,42 ^{ab}	162,12 ^a	159,71 ^{ab}	143,91 ^b		
CV (%)		13,46					
TRIG (mg/dL)	2980	167,55	61,60	161,53	108,60	124,82 ^A	45,59
	3080	144,13	63,67	120,90	106,84	108,88 ^A	
	3180	146,38	68,74	143,97	81,65	110,18 ^A	
	3280	167,62	71,41	123,91	91,47	113,60 ^A	
Médias		156,42 ^a	66,35 ^b	137,58 ^a	94,14 ^b		
CV (%)		30,97					
LAC (mg/dL)	2980	39,24	33,02	55,10	28,19	38,88 ^A	31,04
	3080	37,66	32,78	44,35	38,56	38,34 ^A	
	3180	28,59	28,07	44,86	28,47	32,49 ^A	

	3280	36,15	40,58	44,44	33,68	38,71 ^A	
Médias		35,41 ^b	33,61 ^b	47,19 ^a	32,22 ^b		
CV (%)		27,48					
	2980	2,62	2,91	3,30	3,74	3,14 ^A	
PROT	3080	2,66	3,19	3,17	3,58	3,15 ^A	17,84
(g/dL)	3180	2,88	2,90	3,18	3,87	3,21 ^A	
	3280	2,68	2,95	3,34	3,40	3,09 ^A	
Médias		2,71 ^c	2,99 ^b	3,25 ^b	3,65 ^a		
CV (%)		10,77					

Médias seguidas de letras minúsculas distintas na linha e maiúsculas distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$);

Não foi observada interação significativa entre os níveis de EM estudados e as idades dos frangos sobre os parâmetros bioquímicos. Os níveis de EM não afetaram os teores de GLIC, COL, TRIG, LAC e PROT do sangue, mas estes parâmetros foram afetados pela idade das aves.

Os valores obtidos para GLIC sanguínea estão dentro da normalidade para aves conforme Schimidt et al. (2007), que segundo estes autores, a concentração sanguínea de glicose de aves saudáveis varia de 200 a 500 mg/dL. Laganá et al. (2007) obtiveram em aves de 42 dias de idade criadas em ambiente termoneutro (21-25°C e UR 73%) e consumindo ração a vontade, concentração de glicose de 216 (mg/dL).

Os níveis de COL encontrados estão dentro da faixa de normalidade que é de 125 a 200 mg/dL de sangue, descritos por Swenson e Reece, (1996); Lumeij, (1997) e Kaneko et al., (2008).

De acordo com a Tabela 6, os teores de triglicerídeos não foram influenciados pelos níveis de EM das dietas ($p \geq 0,05$), mas foram afetados pela idade das aves. Os valores de triglicerídeos obtidos das aves com 26 e 39 dias de idade foram inferiores aos das aves com 20 e 33 dias de idade. De acordo com Marzzoco e Torres (1999), há degradação dos triglicerídeos com consequente liberação de ácidos graxos na corrente sanguínea, a fim de suprir a demanda energética dos tecidos, nas aves em crescimento.

Os níveis de LAC sanguíneo não foram influenciados pelos níveis de EM das dietas, mas foram afetados pela idade das aves. As aves com 33 dias de idade apresentaram maior concentração de LAC (47,19 mg/dL de sangue).

Os níveis de PROT no sangue foram influenciados pela idade das aves. Com 20 dias de idade as aves apresentaram teor de PROT no sangue inferior às demais idades, já com 39 dias de idade observou-se a maior concentração de proteína no sangue, enquanto que com 26 e 33 dias de idade observou-se valores intermediários. Este efeito pode estar relacionado com a maior demanda metabólica imposta pelo crescimento com o avançar da idade. Segundo Schmidt et al., (2007), os resultados observados encontram-se dentro da normalidade (2,5 a 4,5 g/dL).

4.1.4. Leucócitos totais, heterófilos e linfócitos

Os valores de leucócitos totais (LEUC), heterofilos (HET), linfócitos (LINF) e heterofilos/linfócitos (HET/LINF) são encontrados na Tabela 7.

Tabela 7. Efeito do nível de EM da dieta sobre os valores de LEUC, HET, LINF e HET/LINF no sangue de frangos em diferentes idades criados em termoneutralidade

	Nível EM (kcal/kg)	20 dias	26 dias	33 dias	39 dias	Médias	CV (%)
LEUC (cél/ μ L)	2980	16125	15500	20333	20375	18083 ^A	33,20
	3080	14333	14792	21500	24208	18708 ^A	
	3180	12417	18333	21000	25583	19333 ^A	
	3280	14125	15333	22583	21750	18448 ^A	
Médias		14250 ^b	15989 ^b	21354 ^a	22979 ^a		
CV (%)		21,89					
HET (%)	2980	18,50	20,67	28,17	42,00	27,33 ^A	54,92
	3080	20,83	23,00	36,00	46,67	31,62 ^A	
	3180	11,33	17,67	43,67	45,67	29,58 ^A	
	3280	27,50	24,00	47,83	41,00	35,08 ^A	
Médias		19,54 ^b	21,33 ^b	38,92 ^a	43,83 ^a		
CV (%)		36,99					
LINF*	2980	75,67	68,17	66,17	52,83	65,71 ^A	29,19
	3080	74,00	59,83	47,50	45,50	56,71 ^B	

(%)	3180	85,33	74,83	52,67	41,50	63,58 ^A	
	3280	65,83	67,83	47,50	55,00	59,04 ^A	
Médias		75,21 ^a	67,66 ^a	53,46 ^b	48,71 ^b		
CV (%)		22,01					
	2980	0,30	0,40	0,47	0,95	0,53 ^A	
	3080	0,30	0,40	0,88	1,26	0,71 ^A	
HET/LINF	3180	0,13	0,31	0,80	1,31	0,64 ^A	81,48
	3280	0,50	0,41	0,96	0,77	0,66 ^A	
Médias		0,31 ^c	0,38 ^c	0,78 ^b	1,07 ^a		
CV (%)		60,98					

Médias seguidas de letras minúsculas distintas na linha e maiúsculas distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$);

*Teste de Dunnett ($p \leq 0,05$).

Não foi observada interação significativa entre os níveis de EM estudados e as idades dos frangos ($P > 0,05$) para os níveis de LEUC, HET, LINF e HET/LINF avaliados (tabela 6).

A contagem relativa de linfócitos sofreu efeito das dietas, as aves que receberam rações com 3080 kcal/kg de EM apresentaram menores concentrações de LINF.

Os valores de LEUC, HET, LINF e HET/LINF no sangue de frangos em diferentes idades criados em termoneutralidade foram influenciados pela idade das aves, sendo que para os LEUC e HET houve uma maior quantidade destas células nas aves com 33 e 39 dias de idade. Comportamento contrário foi observado para os LINF que apresentaram uma maior concentração nas aves com 20 e 26 dias de idade. Com isso, as maiores relações HET/LINF encontrados foram nas aves mais velhas.

Os valores de LEUC encontrados estão dentro da faixa de normalidade proposta por Macari e Luquetti (2002), que afirmam que a contagem de LEUC em frangos varia de 12000 a 30000 céls/ μ L de sangue, podendo ser influenciada pelo sexo, idade, condições de estresse e doenças. Da mesma forma, os resultados verificados no presente estudo encontram-se dentro da faixa proposta por Cardoso e Tessari (2003) que encontraram em frangos de corte entre um e 52 dias de idade valores de leucócitos totais variando de 13920 a 28720 céls/ μ L de sangue, com 56,8 a 69,5% de linfócitos e 25,5 a 38,0% de heterofilos.

Comportamento diferente do encontrado no presente estudo foi observado por Altan et al. (2000) em frangos de corte de 44 dias de idade em conforto térmico (25°C), estes autores

verificaram que as aves apresentaram 17,46% de HET, 73,5% de LINF e relação HET/LINF de 0,24.

Em frangos de corte de 32 dias de idade criados em condições de ambiente termoneutro (21 a 25 °C e UR 60%) Soares et al (dados não publicados), encontraram resultados semelhantes aos verificados no presente estudo. Os pesquisadores observaram 17458,33 de LEUC, 60,25% de LINF, 33,92 % de HET e relação HET/LINF de 0,57.

4.1.5. Peso relativo de órgãos

Os níveis de EM utilizados não influenciaram ($P>0,05$) o peso relativo do peito, gordura abdominal, bursa, coração, pulmão, proventrículo e intestinos (Tabela 8). Porém, influenciaram o peso relativo do baço sofreu efeito quadrático ($y = 11,45 - 0,0072x + 0,00000115x^2$, $R^2=0,95$), onde o peso relativo do baço reduziu até o nível de 3130,43 kcal/kg de EM na ração. A moela e o fígado com a vesícula reduziram de forma linear, segundo as equações: $y = -0,0005x + 2,8616$ ($R^2 = 0,43$) e $y = -0,0009x + 4,7173$ ($R^2 = 0,58$), respectivamente (Figuras 2, 3 e 4).

Tabela 8. Peso relativo do peito, gordura abdominal, baço, bursa, coração, pulmão, proventrículo, moela, intestinos e fígado com vesícula dos frangos de corte machos aos 42 dias de idade, mantidos em ambiente termoneutro de acordo com os níveis de EM

Variáveis (%)	Níveis de Energia Metabolizável				CV ¹ (%)
	2980	3080	3180	3280	
Peito	27,96	27,24	26,99	26,83	5,83
Gordura abdominal	1,174	1,309	1,624	1,586	35,7
Baço ²	0,119	0,097	0,086	0,109	25,3
Bursa	0,194	0,172	0,171	0,202	26,4
Coração	0,505	0,617	0,566	0,614	15,0
Pulmão	0,525	0,443	0,537	0,532	19,5
Moela ³	1,383	1,493	1,299	1,289	7,84
Proventrículo	0,290	0,280	0,288	0,291	12,8
Intestinos	2,702	2,724	2,720	2,611	8,07

Fígado com vesícula ³	2,038	1,739	1,696	1,741	11,3
----------------------------------	-------	-------	-------	-------	------

¹CV: coeficiente de variação

² Efeito quadrático (P<0,05)

³ Efeito linear(p<0,05).

De forma semelhante Oliveira Neto et al. (2000), também não verificaram influência dos níveis de EM (3000, 3075, 3150, 3225 e 3300 kcal/kg) sobre o peso relativo do peito, gordura abdominal, coração, proventrículo, pulmões e intestino de frangos de corte aos 42 dias de idade mantidos em ambiente de termoneutralidade (23,2 °C).

Mendes et al. (2004), também não observaram efeito do nível de EM (2900, 2960, 3020, 3080, 3140 e 3200 kcal/kg) da ração sobre o peso relativo do peito, porém, os níveis de energia proporcionaram efeito linear para gordura abdominal, verificando-se acréscimo da porcentagem de gordura abdominal com o aumento do nível de energia da dieta.

A redução do tamanho do fígado com vesícula observada nas aves com o aumento da EM da ração, obtidos pela inclusão de óleo (zero; 1,7; 3,6 e 5,5 % de óleo de soja), está de acordo com Latour et al. (1994) que sugerem que o aumento da quantidade de gordura da dieta, diminui o tamanho do fígado das aves, como consequência da redução da lipogênese neste tecido. O contrário acontece quando há um elevado consumo de energia na forma de carboidratos, ocasionando uma elevação na síntese de lipídeos no fígado das aves (Pirgozliev e Rose, 1999).

Segundo Lindsay et al (1969), citado por Honda et al (2009), a inclusão de óleo aumenta a concentração de ácidos biliares na excreta de aves. Isto pode estar relacionada ao maior esvaziamento vesicular observado pelo menor peso do fígado com a vesícula.

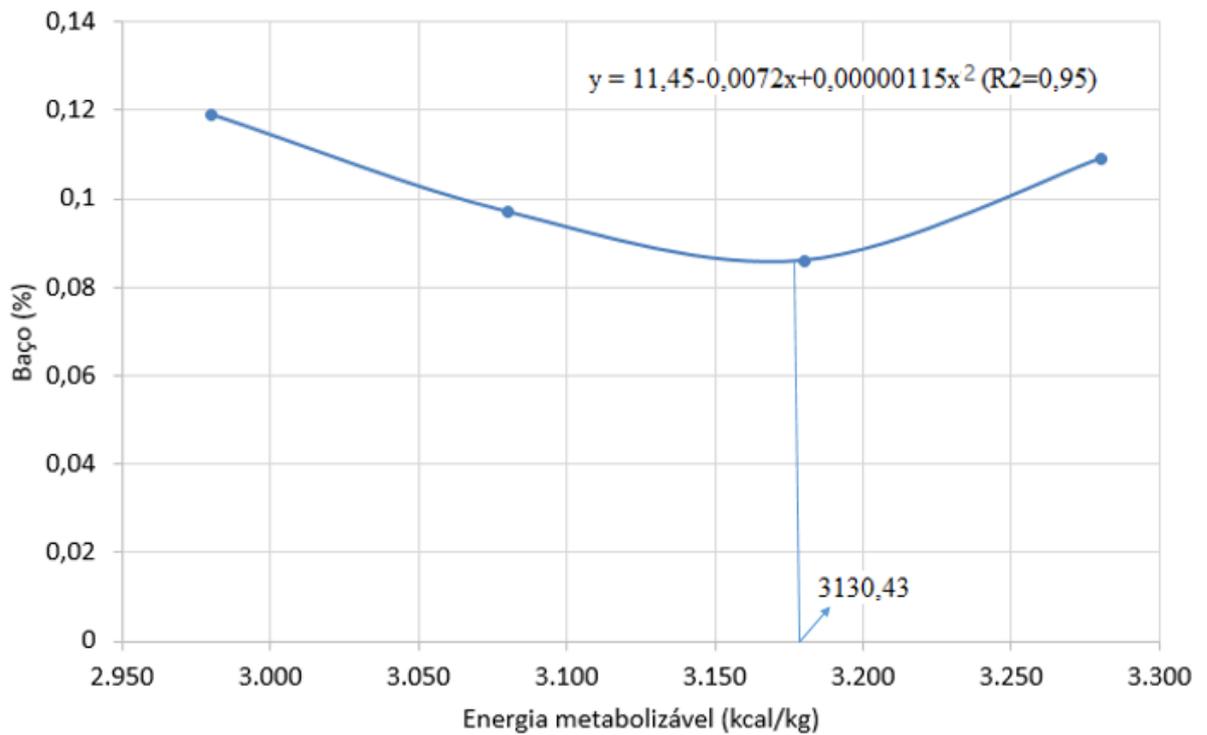


Figura 2. Peso relativo do baço de frangos de corte machos aos 42 dias de idade, mantidos em ambiente termoneutro de acordo com os níveis de EM.

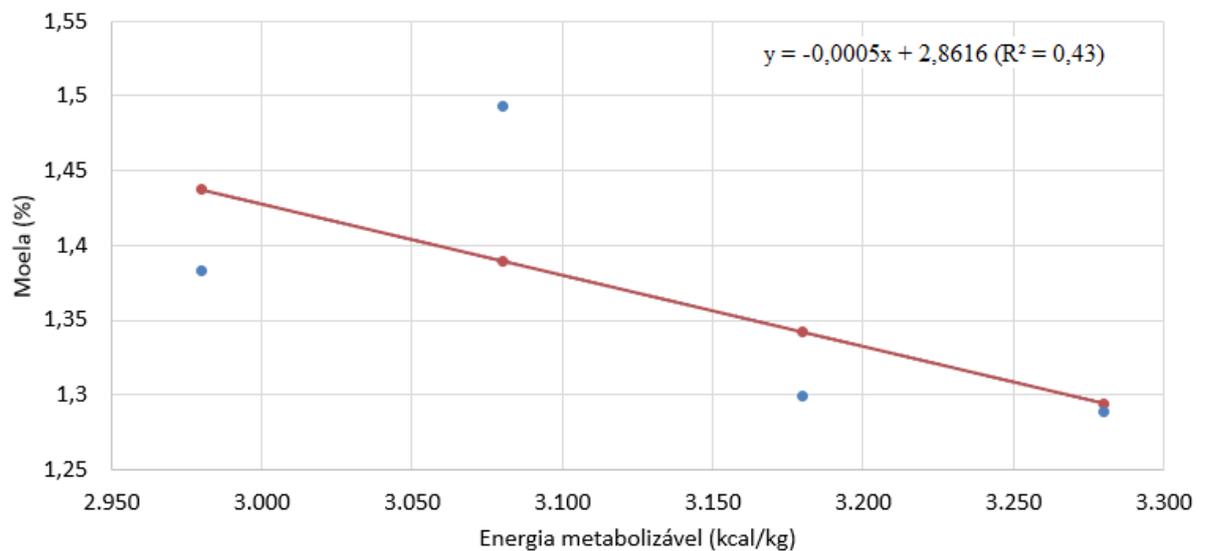


Figura 3. Peso relativo da moela de frangos de corte machos aos 42 dias de idade, mantidos em ambiente termoneutro de acordo com os níveis de EM.

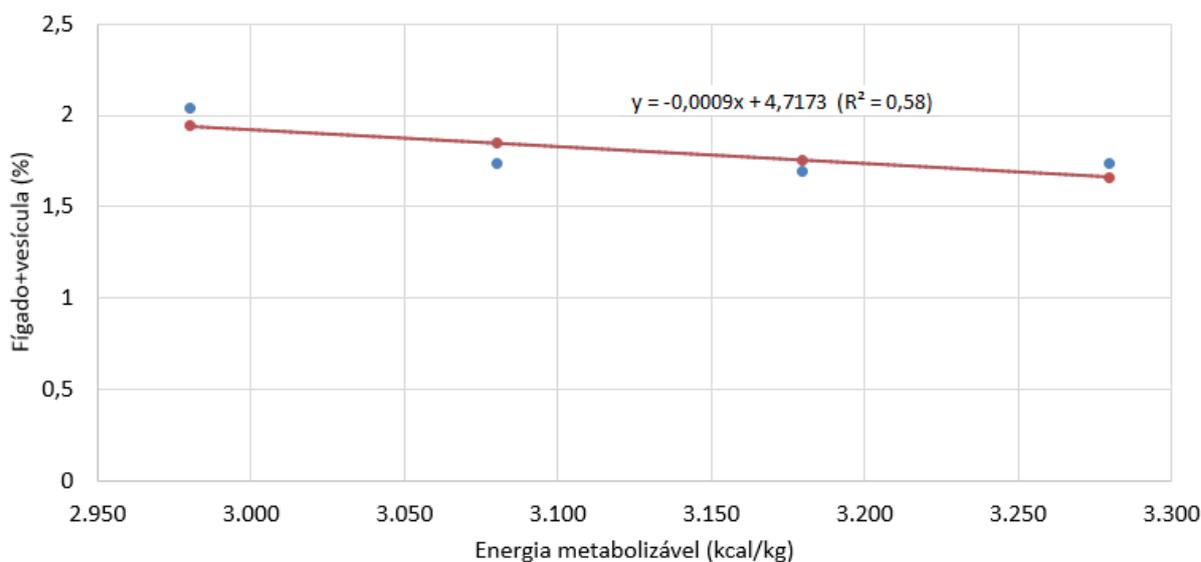


Figura 4. Peso relativo do fígado com vesícula de frangos de corte machos aos 42 dias de idade, mantidos em ambiente termoneutro de acordo com os níveis de EM.

4.1.6. Digestibilidade

Os coeficientes de digestibilidade da matéria seca (CDMS), proteína bruta (CDPB) e extrato etéreo (CDEE) das rações estão apresentados na Tabela 9. Não houve ($P > 0,05$) efeito dos tratamentos sobre o CDMS e CDPB. Porém, os níveis de EM das rações influenciaram de forma quadrática ($P < 0,05$) o CDEE, segundo a equação: $y = -1426,03 + 0,9171x - 0,00013949x^2$ ($R^2 = 0,99$), que melhorou até o nível estimado de 3287,33 de EM na ração (Figura 5).

Tabela 9. CDMS, CDPB e CDEE das rações de acordo com o nível de energia metabolizável da dieta de frangos de corte em crescimento criados em termoneutralidade

Variáveis	Níveis de Energia Metabolizável				CV ¹ (%)
	2980	3080	3180	3280	
CDMS	75,13	74,68	74,83	72,77	2,85
CDPB	62,83	61,98	65,25	61,49	3,31
CDEE ¹	68,27	75,47	79,83	81,45	2,56

¹ Efeito quadrático ($P < 0,05$).

De maneira semelhante Pucci et al. (2003), não encontraram efeito significativo da maior inclusão de óleo (zero; 2,5; 5,0 e 7,5%) na ração de frangos de corte na fase de crescimento sobre a CDMS, porém estes autores não alteraram o nível de EMA entre os tratamentos. Verificaram ainda que a inclusão de 2,33% de óleo permitiu máxima digestibilidade do extrato etéreo.

Cardoso (2013) avaliando frangos de corte de 19 a 41 dias de idade mantidos em ambiente termoneutro consumindo duas rações (controle: 19,48% de PB e 3150 kcal/kg; adensada: 21,03 de PB e 3250 kcal/kg), também não encontrou diferença no coeficiente de digestibilidade da matéria seca e da proteína bruta.

Hulan e Bird (1972), citado por Honda et al (2009), afirmam que a maior inclusão de gordura eleva a atividade da lipase pancreática. Esta mudança fisiológica pode explicar a melhora no coeficiente da digestibilidade do extrato etéreo pela inclusão de óleo.

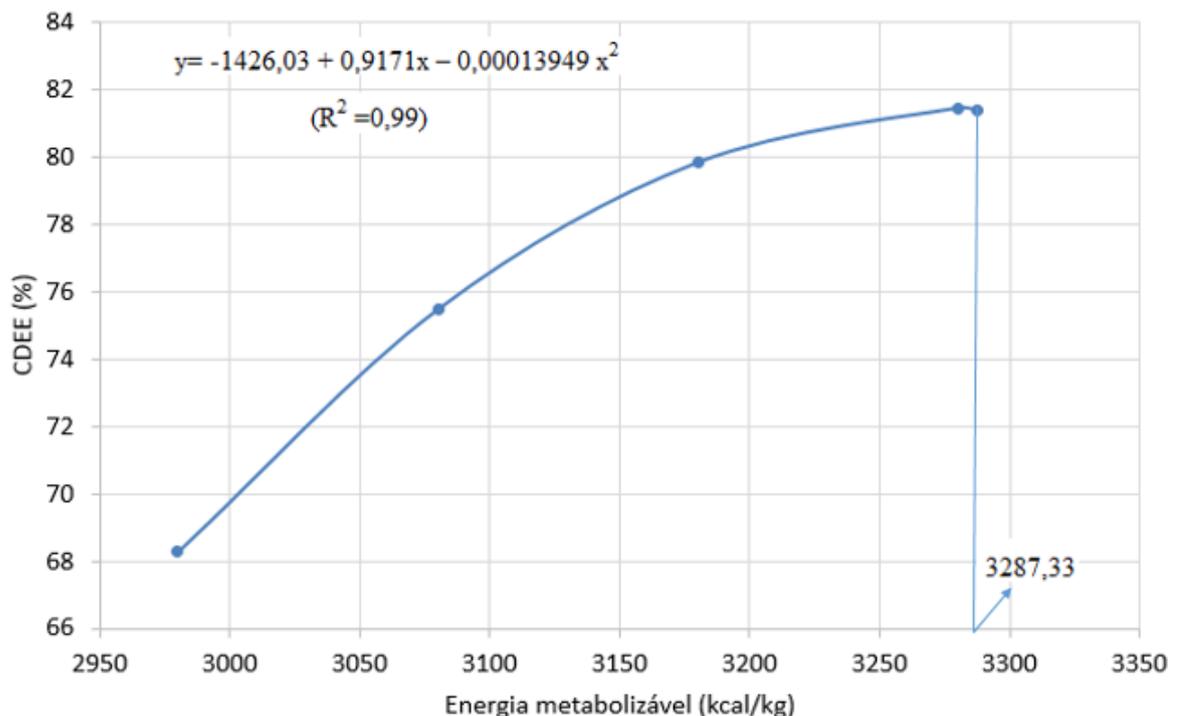


Figura 5. Coeficiente de digestibilidade do extrato etéreo das rações de acordo com o nível de energia metabolizável da dieta de frangos de corte em crescimento criados em termoneutralidade.

4.1.7. Balanço energético

Os dados do balanço energético de frangos de corte alimentados com dietas contendo diferentes teores de EM e criados em termoneutralidade encontram-se na Tabela 10.

Tabela 10. Efeito do nível de EM na ração de frangos de corte em crescimento criados em termoneutralidade sobre o balanço de energia, na matéria seca¹

Variáveis	Níveis de Energia Metabolizável				CV ² (%)
	2980	3080	3180	3280	
Balanço energético (kcal/kg ^{0,70} /dia)					
EMAn cons	328,00	328,39	330,68	337,69	13,81
ER	126,14	126,83	126,21	127,70	25,41
PCT	201,85	201,55	204,47	209,99	11,81
PCj	122,73	128,62	121,89	141,07	6,63
IC	79,12	72,94	82,58	68,91	31,82
Valor energético das rações (kcal/kg MS)					
EMAn ³	3306,15	3411,76	3445,69	3491,39	2,72
EMAn/EB	73,84	73,75	73,76	73,01	2,69
EL ³	2504,31	2667,07	2718,26	2808,06	6,99
EL/EMAn	75,74	78,14	77,56	80,30	5,49

1 – EMn cons, consumo de energia metabolizável aparente corrigida pelo balanço de nitrogênio; PC – produção de calor; IC – incremento calórico; EMA – energia metabolizável aparente; EMAn – energia metabolizável aparente corrigida pelo balanço de nitrogênio; EL – energia líquida;

2 – Coeficiente de variação

3 – Efeito linear ($P \leq 0,01$).

Os níveis de EM avaliados nas rações não foram capazes de influenciar o consumo de EMAn, a energia retida, a produção de calor total, a produção de calor em jejum e o IC nos frangos de corte na fase de crescimento criados em termoneutralidade. Também não afetaram a eficiência de utilização da EB para EMAn e nem a eficiência de utilização da EMAn para EL.

Entretanto pode-se observar nas Figuras 6 e 7, o efeito linear dos níveis de EM das rações sobre os valores de EMAn ($y = 0,5896x + 1568,1$; $R^2 = 0,93$) e sobre a EL ($y = 0,9624x - 338,01$; $R^2 = 0,95$), respectivamente.

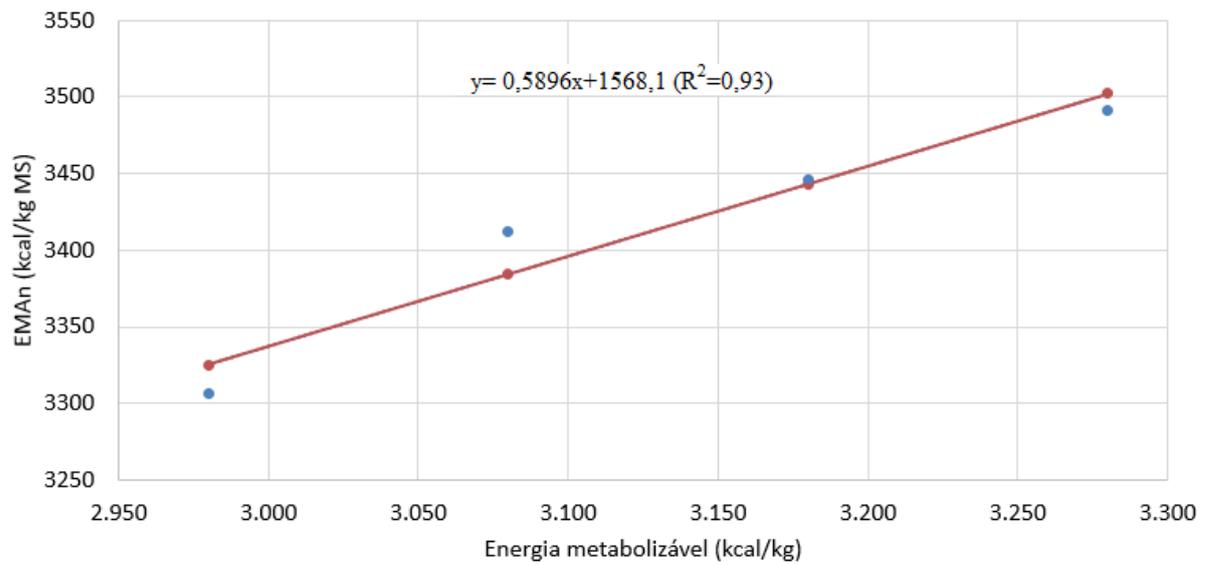


Figura 6. Efeito do nível de EM na ração de frangos de corte em crescimento criados em termoneutralidade sobre a EMAn calculada das dietas.

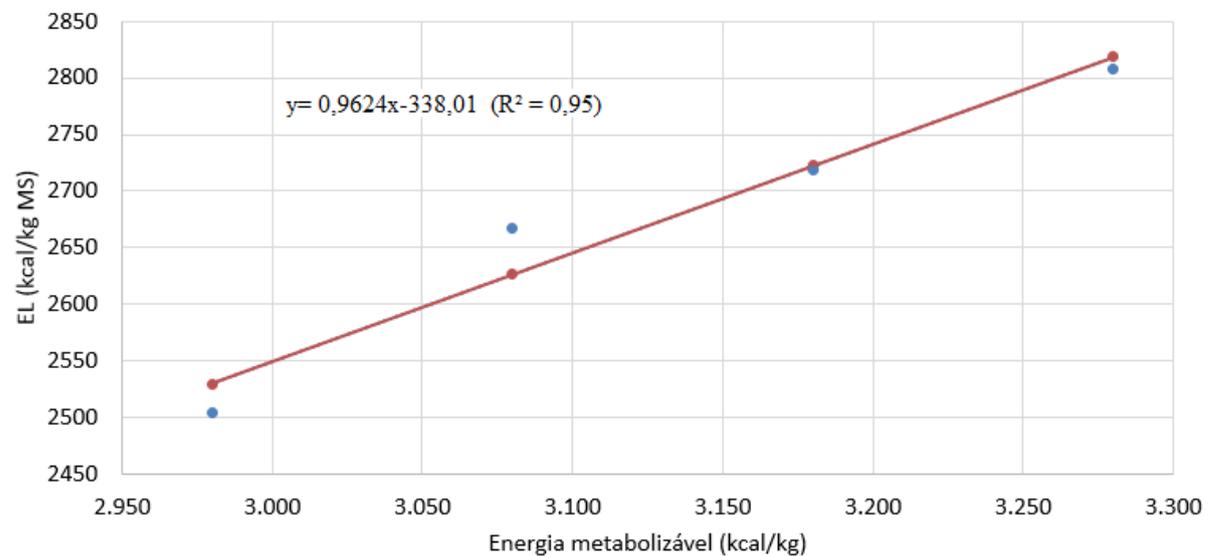


Figura 7. Efeito do nível de EM na ração de frangos de corte em crescimento criados em termoneutralidade sobre a EL das dietas.

Alguns autores têm sugerido que o uso de lipídeos como fonte de energia, ao invés de carboidratos, diminui o incremento calórico das dietas (Sakomura et al., 2004; Rostagno et al.,

2006). Desta forma, esperava-se neste trabalho redução do incremento calórico e da produção de calor total e conseqüentemente aumento da energia retida a medida que se aumentou o nível de EM nas rações, porém esta hipótese não foi confirmada.

Neste trabalho os valores da produção de calor das aves em jejum, ou energia líquida de manutenção, encontrados foram de 128,57 kcal/kg^{0,70}/dia, superiores ao encontrado por Lara (2007) e Vasconcellos (2009). De acordo com Lara (2007) a produção de calor em jejum, que equivale à energia de manutenção por unidade de peso metabólico foi de 86 kcal/kg^{0,75}/dia para a linhagem Ross e de 77 kcal/kg^{0,75}/dia para a Cobb. Já Vasconcellos (2009), utilizando frangos de corte machos da linhagem Ross consumindo rações com diferentes níveis de PB (21, 19, 17 e 15%), encontrou uma produção de calor em jejum de 97,21 kcal/kg^{0,75}/dia. Soares et al (dados não publicados), trabalhando com frangos de corte machos Cobb criados em condições de ambiente termoneutro (21 a 25 °C e umidade relativa 60%) e recebendo dietas com diferentes níveis de proteína bruta, encontraram 116,88 kcal/kg^{0,75}/dia para a produção de calor das aves em jejum. Porém estes autores utilizaram 0,75 como expoente para o cálculo do peso metabólico, diferente do utilizado no presente estudo 0,70.

Warpechowski et al. (2004) também não encontraram efeitos da ração sobre a produção de calor em jejum (101 kcal/kg^{0,71}/dia), a produção de calor total (215,05 kcal/kg^{0,71}/dia) e o incremento calórico (71,5 kcal/kg^{0,71}/dia), em frangos de corte mantidos em termoneutralidade consumindo duas rações, baixa e alta gordura.

Resultados semelhantes aos obtidos no presente estudo foram verificados por Noblet et al. (2009), que buscaram avaliar através da calorimetria indireta a eficiência de utilização da EM para EL em duas rações produzidas a partir de trigo, farelo de soja, proteína isolada de soja, amido de milho e óleo de colza, de forma a obter-se uma ração com baixo teor de gordura bruta (2,7 % de gordura bruta e 3042,54 kcal/kg de EM) e outra com alto teor de gordura bruta (9,6% de gordura bruta e e 3389,1 kcal/kg de EM). Estes autores não observaram efeito dos níveis de lipídeos sobre o consumo de energia metabolizável (447,84 kcal/kg^{0,70}/d), PCT (215,68 kcal/kg^{0,70}/d), PCj (105,21 kcal/kg^{0,70}/d) e IC (110,35 kcal/kg^{0,70}/d), conseqüentemente o K (75,3%) foram equivalentes. E Noblet et al. (2015), verificaram variação de 97,92 a 109,87 (kcal/kg^{0,70}/d) para PCj, diferente do verificado no presente estudo.

4.1.8. Desempenho das aves

Os resultados de desempenho dos frangos estão apresentados na tabela 11. O CR e o CuR, no período de 19 a 41 dias de idade, não apresentou diferença entre os tratamentos. O aumento do nível de EM aumentou o GP ($y=0,0006x+0,161044$, $R^2=0,82$), o consumo diário de EMAn ($y=0,0942x+255,66$; $R^2=0,85$) e o IEP ($y=0,2818x-280,87$; $R^2=0,90$) e reduziu a CA ($y=-0,0004x+3,1333$, $R^2=0,87$) e a VIAB ($y=-0,0124x+136,19$; $R^2=0,55$) em frangos de corte criados em termoneutralidade (Figuras 8, 9, 10 e 11).

Tabela 11. Desempenho e custo da ração por kg de peso vivo de frangos de corte machos de 19 a 41 dias de idade mantidos em ambiente termoneutro de acordo com os níveis de EM das rações

Variáveis	Níveis de Energia Metabolizável				CV ¹ (%)
	2980	3080	3180	3280	
GP (kg) ²	2,118	2,158	2,176	2,328	4,13
CR (kg)	3,551	3,565	3,533	3,552	2,96
CA (kg/kg) ²	1,67	1,65	1,62	1,53	3,34
Cons EMAn (kcal/dia) ²	531,77	552,84	554,37	562,65	4,12
VIAB (%) ²	98,81	97,62	98,81	94,28	3,20
IEP ²	567,69	579,87	602,36	654,11	6,27
CuR (R\$/kg)	1,46	1,50	1,53	1,50	3,32

¹ CV: coeficiente de variação; ² Efeito linear ($P<0,05$).

Resultados semelhantes foram observados por Oliveira Neto et al. (2000) que, avaliando o desempenho de frangos de corte dos 22 aos 42 dias de idade mantidos em ambiente de termoneutralidade (23,2 °C) e recebendo rações com diferentes níveis de EM (3000, 3075, 3150, 3225 e 3300 kcal EM/kg), observaram que o GP, a CA e o consumo de EM melhoraram de forma linear com o aumento do nível de EM da ração. Enquanto, que o CR também não foi afetado pelo nível de EM das rações.

Da mesma forma, Sakomura et al. (2004) também observaram que o nível de energia mais alto (3350 kcal/kg) na ração proporcionou melhores resultados de desempenho, e

também verificaram que não houve influência dos níveis de EM (3050, 3200 e 3350 kcal/kg) no CR em frangos de corte de 22 a 43 dias de idade.

Entretanto, Mendes et al. (2004) não verificaram influência do nível de energia (2900, 2960, 3020, 3080, 3140 e 3200 kcal EM/kg) sobre o GP, mas verificaram melhora na conversão alimentar com o aumento do nível de energia da dieta em frangos de 21 a 42 dias de idade.

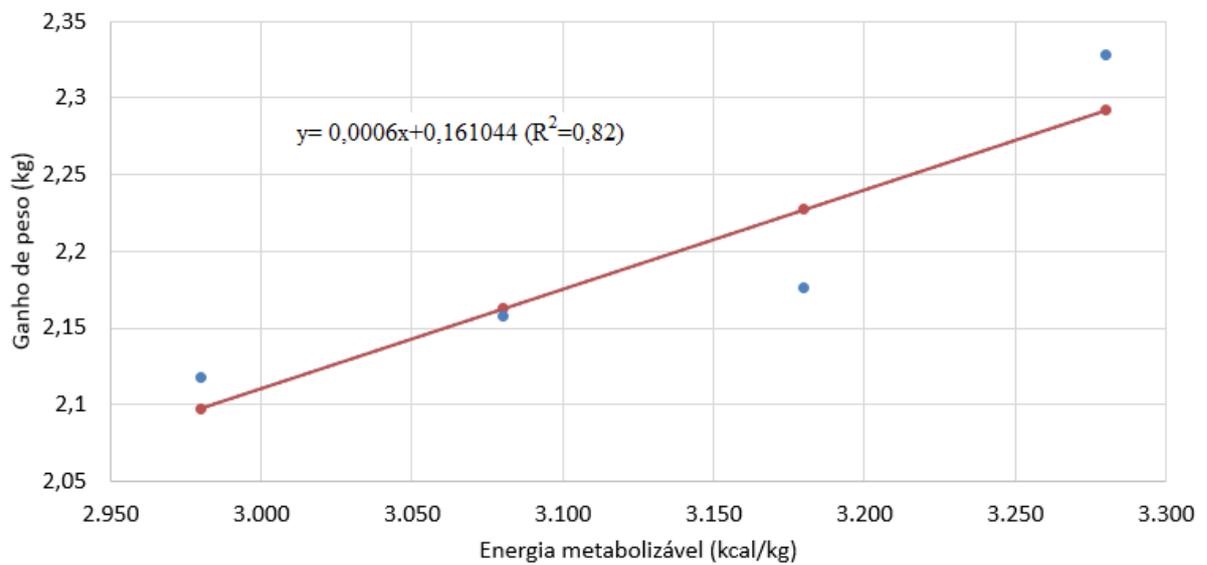


Figura 8. Efeito do nível de EM da ração sobre o ganho de peso de frangos de corte mantidos em ambiente termoneutro.

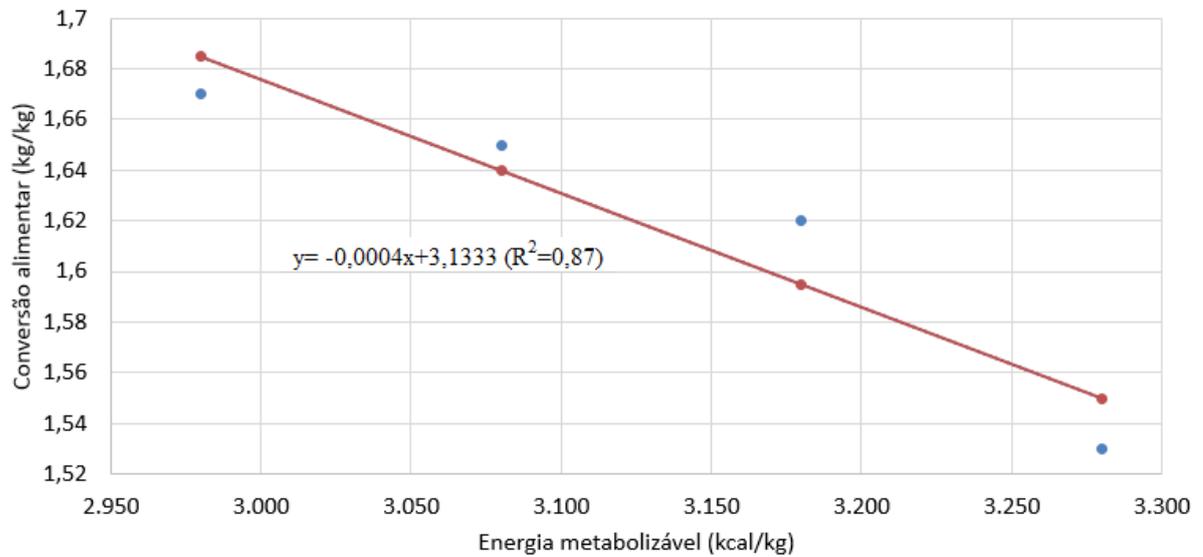


Figura 9. Efeito do nível de EM da ração sobre a conversão alimentar de frangos de corte mantidos em ambiente termoneutro.

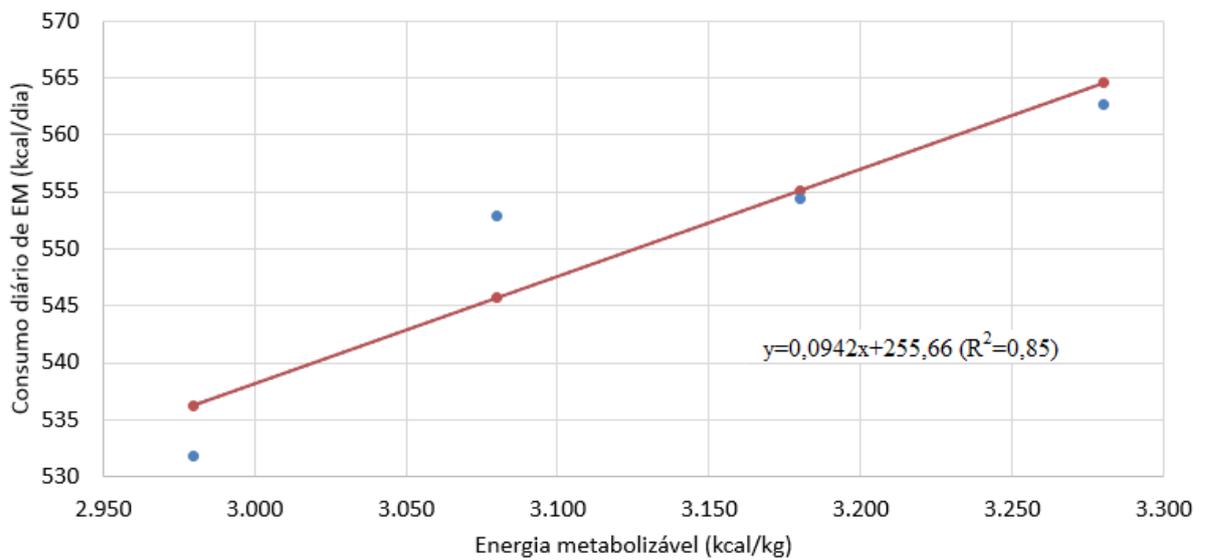


Figura 10. Consumo diário de EM de frangos de corte machos de 19 a 41 dias de idade mantidos em ambiente termoneutro de acordo com os níveis de EM das rações.

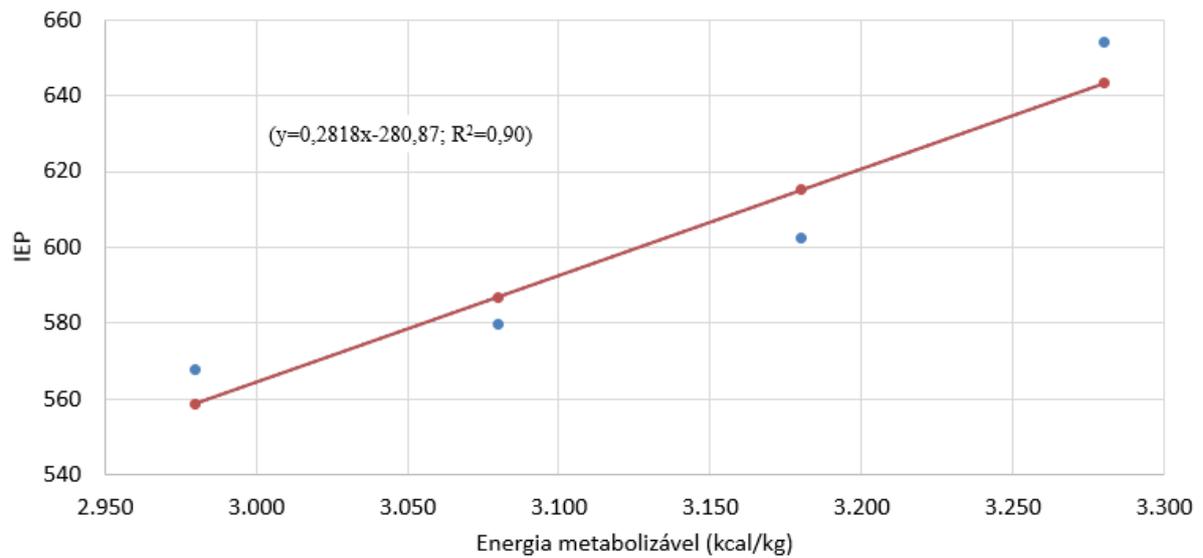


Figura 11. Regressão do índice de eficiência produtiva (IEP) em função do nível de EM na dieta de frangos de corte em crescimento criados em ambiente termoneutro.

4.2. Experimento II: “Efeito de diferentes níveis de energia metabolizável na dieta sobre parâmetros sanguíneos, digestibilidade e desempenho de frangos de corte criados em estresse cíclico por calor”

4.2.1. Temperatura retal

Os dados da temperatura retal dos frangos de corte criados em estresse cíclico por calor estão demonstrados na Tabela 12. Não foi observada interação entre os níveis de EM da dieta e a idade das aves, também não houve efeito da idade, nem da EM sobre a temperatura retal pelo teste de Kruskal-Wallis ($p \geq 0,05$).

Tabela 12. Efeito do nível de energia metabolizável da dieta sobre a temperatura retal de frangos em diferentes idades criados em estresse cíclico por calor

EM (kcal/kg)	Temperatura retal (°C)				Médias
	20 dias	26 dias	33 dias	39 dias	
2980	42,93	42,48	43,18	43,25	42,96 ^A
3080	42,77	42,45	43,11	43,54	42,97 ^A
3180	42,72	42,61	43,21	43,22	42,94 ^A
3280	42,93	42,66	43,13	43,68	43,10 ^A
Médias	42,84 ^a	42,55 ^a	43,16 ^a	43,42 ^a	

Teste de Kruskal Wallis ($p \geq 0,05$);

Todos os valores de temperatura retal verificados para as aves criadas em situação de estresse por calor e alimentadas com rações contendo diferentes níveis de EM estão, aproximadamente 2°C acima da temperatura retal observada em frangos de corte criados na faixa de termoneutralidade. No experimento realizado em situação de termoneutralidade (experimento I) verificou-se uma média de 40,93°C.

Resultados semelhantes foram observados por Sandercock et al. (2001) que encontraram temperatura retal de 41,4 e 43,1 em frangos de corte de 35 dias de idades, antes e depois do estresse térmico agudo (32°C e 75% de umidade relativa, durante duas horas), respectivamente. Cardoso (2013) verificou temperatura retal de 41,0 e 42,5 °C em frangos de corte aos 35 dias de idade em ambiente termoneutro e em estresse cíclico por calor, respectivamente.

Em ambiente termoneutro (21 a 25 °C) Soares et al (dados não publicados) observaram temperatura retal de 41,03°C, em frangos de corte de 37 dias de idade de idade alimentados com rações com diferentes níveis de proteína bruta (16, 18, 20, 22%). Já em ambiente de estresse cíclico por calor (23 a 32 °C) estes autores verificaram 43,0 °C de temperatura retal aos 37 dias de idade, resultados semelhantes ao observado no presente estudo.

4.2.2. Hemogasometria sanguínea

Os resultados de: pH, pO₂, pCO₂, HCO₃⁻, tHB e Hct estão apresentados na Tabela 13. Não houve interação entre os níveis de EM e as idades dos frangos submetidos a estresse cíclico por calor.

Tabela 13. Efeitos do nível de EM da dieta sobre: o pH, pO₂, pCO₂, HCO₃⁻, tHB e Hct no sangue de frangos de corte em diferentes idades criados em estresse cíclico por calor

	Nível EM (kcal/kg)	20 dias	26 dias	33 dias	39 dias	Médias	CV (%)	
pH	2980	7,31	7,32	7,44	7,43	7,38 ^A	1,00	
	3080	7,40	7,33	7,40	7,41	7,39 ^A		
	3180	7,38	7,37	7,43	7,48	7,42 ^A		
	3280	7,35	7,39	7,42	7,47	7,41 ^A		
Médias		7,36 ^b	7,35 ^b	7,42 ^a	7,45 ^a			
CV (%)		0,80						
pO ₂ (mmHg)	2980	43,40	47,40	46,20	44,40	45,35 ^A	14,49	
	3080	50,40	44,20	42,00	44,60	45,30 ^A		
	3180	48,40	44,60	40,00	47,00	45,00 ^A		
	3280	43,60	46,40	46,40	37,00	43,35 ^A		
Médias		46,45 ^a	45,65 ^a	43,65 ^a	43,25 ^a			
CV (%)		9,37						
pCO ₂ (mmHg)	2980	52,60	53,60	42,40	42,20	47,70 ^A	16,21	
	3080	43,40	53,20	47,20	42,80	46,65 ^A		
	3180	46,00	47,40	42,80	36,00	43,05 ^B		
	3280	50,20	50,00	40,00	40,00	45,05 ^{AB}		
Médias		48,05 ^a	51,05 ^a	43,10 ^b	40,25 ^b			
CV (%)		11,79						
HCO ₃ ⁻ (mmol/L)	2980	25,94	26,76	28,24	27,46	27,10 ^A	9,36	
	3080	26,34	27,18	28,96	26,20	27,17 ^A		
	3180	26,50	26,64	27,94	26,40	26,87 ^A		
	3280	26,62	29,68	25,24	28,62	27,54 ^A		
Médias		26,35 ^a	27,57 ^a	27,60 ^a	27,17 ^a			
CV (%)		8,94						

tHB (g/dL)	2980	11,02	11,70	10,98	10,34	11,01 ^A	7,76
	3080	10,20	11,38	11,26	10,48	10,83 ^A	
	3180	10,88	11,28	11,22	10,38	10,94 ^A	
	3280	11,50	10,66	10,54	10,72	10,86 ^A	
Médias		10,90 ^{ab}	11,26 ^a	11,00 ^{ab}	10,48 ^b		
CV (%)		6,49					
Htc (%)	2980	33,20	35,20	33,00	31,00	33,10 ^A	7,79
	3080	30,80	34,00	34,00	31,60	32,60 ^A	
	3180	32,80	34,00	33,80	31,20	32,95 ^A	
	3280	34,80	32,00	31,40	32,20	32,60 ^A	
Médias		32,90 ^{ab}	33,80 ^a	33,05 ^{ab}	31,50 ^b		
CV (%)		6,55					

Médias seguidas de letras minúsculas distintas na linha e maiúsculas distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Newman Keuls ($p \leq 0,05$);

De acordo com os resultados apresentados na Tabela 13, os níveis de EM afetaram apenas a pCO₂, as aves que receberam ração com 3180 kcal/kg de EM apresentaram menor pCO₂ comparado as aves que receberam ração com 2980 e 3080.

O pH e o pCO₂ foram afetados pela idade das aves, diferente do HCO₃⁻ que não sofreu influência da idade. Assim, observou-se que o pH sanguíneo das aves com 20 dias de idade foi semelhante ao pH verificado nas aves com 26 dias de idade, enquanto que os maiores valores foram observados nas aves com 33 e 39 dias de idade. O pCO₂ apresentou comportamento contrário, onde as aves com 33 e 39 dias de idade apresentaram menores valores, justificando os valores verificados no pH sanguíneo. Segundo Borges et al., (2007) a redução da pCO₂, verificado em frangos estressados por calor, acarreta em aumento no pH plasmático, indicando uma alcalose respiratória.

Teeter et al., (1985) trabalhando com frangos de corte com quatro semanas de idade submetidos ao estresse térmico de 32°C, observaram que as aves sofreram elevação do pH sanguíneo (de 7,28 para 7,39). De maneira semelhante, Furlan et al., (1999) observaram em diferentes linhagens de frangos de corte um pH sanguíneo médio de 7,31 e 7,35 em termoneutralidade e estresse térmico, respectivamente.

Resultados semelhantes foram observados por Borges (1997), que avaliou frangos de corte submetidos a estresse cíclico por calor por seis dias e encontrou redução no nível de pCO₂, sugerindo que em estresse por calor, os frangos de corte ativam mecanismos

compensatórios para tentar manter o equilíbrio ácido-base, as concentrações de nutrientes no sangue e estabilizar as variáveis fisiológicas.

Entretanto, os valores encontrados para pH estão dentro da faixa de normalidade, relatadas Thrall et al. (2012), que consideram o pH normal entre 7,33 e 7,45.

Sandercock et al. (2001) avaliaram o equilíbrio ácido-básico em frangos de corte em duas idades (35 e 63 dias de idade), submetidos a duas condições ambientais, termoneutro (21°C e 50% de umidade relativa) e estresse térmico agudo (32°C e 75% de umidade relativa, durante duas horas). Estes pesquisadores observaram distúrbios do equilíbrio ácido-básico nas aves estressadas por calor em ambas as idades. As aves apresentaram redução de pCO₂ e aumento no pH com a elevação da temperatura, sendo que estes efeitos foram mais pronunciados nas aves mais velhas. Eles observaram pH de 7,37 e 7,51 e pCO₂ de 43,5 e 26,4 (mmHg) na idade de 37 dias para as aves no termoneutro e estresse térmico agudo, respectivamente. Com 63 dias as aves apresentaram pH de 7,33 e 7,54 e pCO₂ de 48,2 e 22,2 (mmHg) no termoneutro e estresse térmico agudo, respectivamente.

Lin et al. (2006) não encontraram diferença no pH sanguíneo (7,42; 7,42 e 7,40), mas observaram efeito no pCO₂, que diminuiu e depois aumentou (42,5; 39,4 e 41,2) em frangos de corte com 35 dias de idade expostos a 32 °C durante zero, três e seis horas respectivamente.

O índice de hemoglobina (tHB) observado, encontra-se dentro da faixa de normalidade proposta por Bounous e Stedman (2000) que encontraram variação de 7,0 a 13,0 g/dL para tHB. Entretanto, Borsa, et al. (2009) observaram taxa de tHB entre 8,26 e 10,38 g/dL para frangos de corte de sete a 42 dias de idade.

Para o Htc Cardoso e Tessari (2003) verificaram uma variação de 30,6 a 37% em frangos de corte clinicamente saudáveis. Concordando também com Schmidt et al. (2007) que afirmam que o Htc normal das aves varia de 35 a 55%, desta fora os valores obtidos para esta variável encontrasse dentro da normalidade.

Os dados de Na⁺ e potássio K⁺ estão apresentados nas Tabelas 14. Não houve interação entre os níveis de EM avaliados e as idades de coleta.

Tabela 14. Efeitos do nível de EM da dieta sobre os níveis de Na⁺ e K⁺ no sangue de frangos em diferentes idades criados em estresse cíclico por calor

	Nível EM (kcal/kg)	20 dias	26 dias	33 dias	39 dias	Médias	CV (%)
Na ⁺ (meq/L)	2980	145,60	147,40	145,80	146,20	146,25 ^A	1,25
	3080	145,20	146,00	146,20	145,80	145,80 ^A	
	3180	145,00	145,20	146,60	146,60	145,85 ^A	
	3280	145,20	145,00	145,80	145,60	145,40 ^A	
Médias		145,25 ^a	145,90 ^a	146,10 ^a	146,05 ^a		
CV (%)		1,12					
K ⁺ (mEq/L)	2980	5,20	5,18	4,58	4,86	4,96 ^A	12,04
	3080	4,54	5,06	5,34	4,82	4,94 ^A	
	3180	4,94	4,68	5,26	4,70	4,90 ^A	
	3280	5,28	4,84	4,76	5,42	5,08 ^A	
Médias		4,99 ^a	4,94 ^a	4,99 ^a	4,95 ^a		
CV (%)		10,94					

Médias seguidas de letras minúsculas distintas na linha e maiúsculas distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Newman Keuls ($p \leq 0,05$);

Conforme a Tabela 14, em relação ao nível plasmático de sódio e potássio não houve efeito dos níveis de EM avaliados nas dietas e nem das idades de coleta. Estando o sódio e o potássio dentro da faixa de normalidade, que segundo Olanrewaju et al. (2007), o potássio gira em torno de 5,08 mEq/L e para Thrall et al. (2012) a faixa de normalidade para o sódio é de 130,0 a 160,0 mEq/L.

Azad et al. (2010) também avaliando o efeito da temperatura ambiente, submeteram frangos de corte a ambiente de estresse cíclico por calor (32 a 24°C, 32°C durante 8h/d). Estes pesquisadores verificaram que os frangos de corte expostos ao calor apresentaram concentrações plasmáticas de potássio (6,33 mEq/L) superiores aos verificados no presente estudo.

4.2.3. Bioquímica sanguínea

Os parâmetros bioquímicos do sangue (GLIC, COL, TRIG, LAC, PROT e albumina - ALB) estão apresentados na Tabela 15. Não foi verificada interação entre os níveis de EM avaliados e a idade de coleta sobre os parâmetros bioquímicos do sangue, estes parâmetros também não foram afetados pelas dietas.

Tabela 15. Efeito do nível de energia metabolizável da dieta sobre os níveis de GLIC, COL, TRIG, LAC, PROT e ALB no sangue de frangos em diferentes idades criados em estresse cíclico por calor

	Nível EM (kcal/kg)	20 dias	26 dias	33 dias	39 dias	Médias	CV (%)
GLIC (mg/dL)	2980	243,67	232,40	237,57	233,60	236,81 ^A	8,61
	3080	253,55	225,82	231,20	253,47	241,01 ^A	
	3180	267,12	224,92	232,87	247,35	243,07 ^A	
	3280	260,93	233,18	244,72	244,22	245,76 ^A	
Médias		256,32 ^a	229,08 ^c	236,59 ^{bc}	244,66 ^{ab}		
CV (%)		8,41					
COL (mg/dL)	2980	148,20	174,80	143,60	150,80	154,35 ^A	15,32
	3080	164,00	175,40	146,80	167,20	163,35 ^A	
	3180	149,20	165,80	144,60	152,00	152,90 ^A	
	3280	142,60	172,00	151,00	148,80	153,60 ^A	
Médias		151,00 ^b	172,00 ^a	146,50 ^b	154,07 ^b		
CV (%)		17,34					
TRIG (mg/dL)	2980	156,81	107,55	121,09	106,88	123,08 ^A	31,21
	3080	142,57	105,07	126,59	110,07	121,08 ^A	
	3180	162,18	105,07	116,80	94,04	119,52 ^A	
	3280	183,54	92,47	115,37	122,10	128,37 ^A	
Médias		161,28 ^a	102,54 ^b	119,96 ^b	108,27 ^b		
CV (%)		27,31					
LAC (mg/dL)	2980	49,83	27,81	40,53	45,50	40,92 ^A	29,47
	3080	45,88	30,23	38,73	41,90	39,19 ^A	
	3180	43,96	33,96	49,40	43,14	42,62 ^A	
	3280	42,06	25,85	37,68	41,94	36,88 ^A	

Médias		45,43 ^a	29,46 ^b	41,59 ^a	43,12 ^a		
		28,02					
	2980	2,73	2,78	2,89	2,99	2,85 ^A	
PROT	3080	2,74	2,87	2,97	3,43	3,00 ^A	14,17
(g/dL)	3180	2,52	2,93	2,88	3,36	2,92 ^A	
	3280	2,57	3,06	3,05	3,41	3,02 ^A	
Médias		2,64 ^c	2,91 ^b	2,95 ^b	3,30 ^a		
CV (%)		13,92					
	2980	1,00	1,00	0,91	1,03	0,99 ^A	
ALB	3080	0,96	1,01	1,01	1,10	1,02 ^A	12,87
(g/dL)	3180	0,82	0,96	1,01	1,08	0,97 ^A	
	3280	0,94	1,00	1,04	1,15	1,03 ^A	
Médias		0,93 ^b	0,99 ^b	0,99 ^b	1,09 ^a		
		14,05					

Médias seguidas de letras minúsculas distintas na linha e maiúsculas distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Os níveis de GLIC no sangue sofreram influência da idade das aves, em função do período de exposição ao estresse ($p < 0,05$). De 20 para 26 dias de idade houve uma redução da concentração de GLIC, seguida de uma posterior elevação. Concordando com González e Silva (2003), que afirmam que a concentração de GLIC pode aumentar com estresse crônico. Lin et al. (2006) não encontraram diferença nas concentrações plasmáticas de GLIC (243,25; 241,44 e 219,82 mg/dL) em frangos de corte com 35 dias de idade expostos a 32 °C durante zero, três e seis horas, respectivamente. Laganá et al. (2007), trabalhando com frangos de corte submetidos a duas situações ambientais, ambiente termoneutro (21-25°C e UR 73%) e estresse por calor cíclico (25-32°C e UR 65%), também não verificaram diferenças significativas no conteúdo de glicose plasmática (222,88 vs 220,72) em frangos consumindo ração à vontade.

Apesar da idade das aves ter afetado os níveis de GLIC no sangue, os valores obtidos estão dentro da normalidade proposta por Schimidt et al. (2007), que segundo estes autores, a concentração sanguínea de glicose de aves sadias varia de 200 a 500 mg/dL.

A concentração plasmática de COL de frangos de corte criados em estresse térmico foi afetada pela idade das aves (tabela 15), sendo que a maior concentração de COL foi observada nas aves com 26 dias de idade, estando todos os valores encontrados dentro da

normalidade, pois de acordo com Swenson e Reece, (1996), Lumeij (1997) e Kaneko et al. (2008), os níveis normais de COL em galinhas variam de 125 a 200 mg/dL de sangue.

Os níveis de TRIG também foram influenciados pela idade das aves ($p < 0,05$), com 20 dias de idade as aves apresentaram maior concentração de TRIG plasmático. Os resultados mostraram impacto do calor sobre os níveis de TRIG, uma vez que foi observado redução na concentração em comparação ao primeiro dia de coleta, já que na primeira coleta as aves ainda não tinham passado pelo estresse por calor. Isso, possivelmente se deve a maior demanda energética provocado no estresse por calor, degradando TRIG com consequente liberação de ácidos graxos na corrente sanguínea, para sustentar os mecanismos de dissipação de calor (Marzzoco e Torres, 1999). Avaliando o efeito da temperatura ambiente Azad et al. (2010), submetem frangos de corte a ambiente termoneutro (24°C) e estresse cíclico por calor (32 a 24°C , 32°C durante 8h/d). Estes pesquisadores também verificaram que os níveis de TRIG plasmáticos foram reduzidos em resposta ao estresse cíclico por calor.

Os níveis de LAC no sangue foram influenciados pelas diferentes idades. Aos 26 dias de idade, verificou-se uma menor concentração do LAC em comparação com as demais idades.

Os níveis de PROT no sangue foram influenciados pela idade das aves, as aves mais novas (20 dias de idade, que não sofreram efeito do estresse) apresentaram teor de proteína total no sangue inferior às demais idades já com 26 e 33 dias de idade observaram-se números intermediários e com 39 dias de idade verificou-se a maior concentração de PROT no sangue ($p \leq 0,05$). Este efeito pode estar relacionado à maior demanda metabólica imposta pelo maior crescimento com o avançar da idade nas aves.

Os níveis de ALB no sangue, demonstrados na tabela 15, também foram influenciados pelas diferentes idades ($p \leq 0,05$). Para os frangos com 39 dias de idade e com mais tempo de exposição ao estresse causado pelo calor, verificou-se um maior teor de ALB em relação às aves com 20, 26 e 33 dias de idade.

4.2.4. Leucócitos, heterófilos e linfócitos

A tabela 16 apresenta o número total de LEUC, HET, LINF e HET/LINF. Verifica-se que não foi observada interação significativa entre os níveis de EM e a idade das aves sobre estes parâmetros hematológicos ($p \geq 0,05$).

Tabela 16. Efeitos dos níveis de EM da dieta sobre os níveis de LEUC, HET, LINF e HET/LINF no sangue de frangos em diferentes idades criados em estresse cíclico por calor

	Nível EM (kcal/kg)	20 dias	26 dias	33 dias	39 dias	Médias	CV (%)
LEUC (cél/ μ L)	2980	11250	14708	15583	21167	15677 ^A	33,31
	3080	14167	16583	15042	17667	15865 ^A	
	3180	14250	17417	14875	19458	16500 ^A	
	3280	15375	16375	22208	20250	18552 ^A	
Médias		13760 ^b	16271 ^{ab}	16927 ^{ab}	19635 ^a		
CV (%)		32,66					
HET (%)	2980	31,67	25,83	29,50	42,00	32,25 ^A	49,94
	3080	30,67	25,67	33,50	44,67	33,63 ^A	
	3180	14,50	28,33	32,00	45,67	30,13 ^A	
	3280	15,33	33,00	38,67	42,33	32,33 ^A	
Médias		23,04 ^b	28,21 ^b	33,42 ^{ab}	43,67 ^a		
CV (%)		32,66					
LINF (%)	2980	63,00	63,67	60,50	51,50	59,67 ^A	29,34
	3080	61,50	61,83	58,00	48,83	57,54 ^A	
	3180	80,83	59,83	55,17	46,83	60,67 ^A	
	3280	80,67	54,67	53,67	49,67	59,67 ^A	
Médias		71,50 ^a	60,00 ^{ab}	56,84 ^b	49,21 ^b		
CV (%)		19,52					
HET/LINF*	2980	0,32	0,43	0,63	0,97	0,59 ^A	81,53
	3080	0,67	0,43	0,61	1,04	0,69 ^A	
	3180	0,19	0,50	0,60	1,10	0,60 ^A	
	3280	0,20	0,69	0,93	0,91	0,68 ^A	
Médias		0,34 ^c	0,51 ^b	0,69 ^b	1,00 ^a		
CV (%)		66,55					

Médias seguidas de letras minúsculas distintas na linha e maiúsculas distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$); * dados ajustados pela função Log.

De acordo com os resultados, a EM da dieta não foi capaz de influenciar os LEUC, os HET e os LINF, conseqüentemente a relação HET/LINF também não foi afetada. Entretanto, estes parâmetros foram influenciados pela idade das aves.

Para a contagem de LEUC, observou-se um maior número com o avançar da idade, pois as aves com 20 dias apresentaram um menor número de LEUC quando comparados com as aves com 39 dias de idade. Com 26 e 33 dias de idade observou-se números intermediários. Comportamento semelhante observou-se para os HET que apresentaram uma maior quantidade destas células nas aves com 33 e 39 dias de idade. O contrário ocorreu com os LINF que apresentaram uma maior concentração nas aves mais novas (20 e 26 dias de idade).

Os valores de LEUC encontrados estão dentro da faixa de normalidade proposta por Macari e Luquetti (2002), que afirmam que a contagem de LEUC em frangos varia de 12000 a 30000 céls/ μ L de sangue.

Os resultados obtidos assemelham-se aos sugeridos por Cardoso e Tessari (2003) para frangos de corte entre um e 52 dias de idade. Segundo estes autores os valores de leucócitos totais variam de 13920 a 28720 céls/ μ L de sangue, com 56,8 a 69,5% de linfócitos e 25,5 a 38,0% de heterofilos.

Ribeiro et al. (2008) não observaram influência do ambiente sobre o número de LINF em frangos de corte de um a 35 dias de idade submetidos a estresse cíclico por calor (25 a 32°C).

A relação HET/LINF foi influenciada pela idade das aves. As aves mais novas (20 dias de idade) apresentaram relação HET/LINF inferior às demais idades. Com 26 e 33 dias de idade observou-se valores intermediários, enquanto que com 39 dias de idade observou-se a maior relação HET/LINF. Comportamento semelhante foi observado em situação de termoneutralidade (experimento I), quando foram encontrados valores de 0,31; 0,38; 0,78; 1,07 para 20, 26, 33 e 39 dias de idade, respectivamente.

4.2.5. Peso relativo de órgãos

O peso relativo do peito, gordura abdominal, baço, bursa, coração, pulmão, proventrículo, moela, intestinos e fígado com vesícula dos frangos de corte machos aos 41 dias de idade, mantidos em estresse por calor de acordo com os níveis de EM estão apresentados na Tabela 17.

Os níveis de EM utilizados não influenciaram ($P>0,05$) o peso relativo do peito, gordura abdominal, baço, bursa, coração, pulmão, proventrículo, moela e fígado com vesícula, porém influenciaram de forma quadrática o peso relativo dos intestinos, segundo as equações: $\hat{y} = - 134,49 + 0,0869 x - 0,00001377 x^2$ ($R^2 = 0,99$), que aumentaram até o nível estimado de 3155,41 de EM na ração (Figura 12).

Tabela 17. Peso relativo do peito, gordura abdominal, baço, bursa, coração, pulmão, proventrículo, moela, intestinos e fígado com vesícula dos frangos de corte machos aos 42 dias de idade, mantidos em estresse de calor de acordo com os níveis de EM

Variáveis (%)	Níveis de Energia Metabolizável				CV ¹ (%)
	2980	3080	3180	3280	
Peito	27,08	25,86	26,25	25,76	5,07
Gordura abdominal	0,960	1,345	1,343	1,538	37,37
Baço	0,081	0,085	0,100	0,085	34,49
Bursa	0,155	0,150	0,168	0,112	49,66
Coração	0,512	0,565	0,524	0,516	12,86
Pulmão	0,640	0,575	0,546	0,488	25,30
Moela	1,477	1,425	1,586	1,506	10,39
Proventrículo	0,284	0,286	0,313	0,290	14,08
Intestinos ²	2,355	2,715	2,777	2,586	9,85
Fígado+vesícula	1,717	1,801	1,748	1,760	13,54

¹ CV: coeficiente de variação; ² Efeito quadrático ($P<0,05$).

Avaliando os efeitos do nível de EM na ração de frangos estressados por calor, Oliveira Neto et al. (1999), também não verificaram influência sobre o peso relativo do peito, gordura abdominal, coração, moela, fígado, proventrículo e intestinos. Entretanto, os níveis de energia (3000, 3075, 3150, 3225 e 3300 kcal de energia metabolizável/kg de ração) estudados pelos autores aumentaram de forma linear o peso relativo dos pulmões.

De forma semelhante Barbosa et al. (2008) também não observaram influência da EM sobre os rendimentos de moela, coração, fígado, proventrículo e intestino. Entretanto,

verificaram que a gordura abdominal aumentou e o rendimento de peito diminuiu proporcionalmente à elevação da energia da dieta (2800, 2900, 3000, 3100 e 3200 kcal/kg) em ambiente de altas temperaturas.

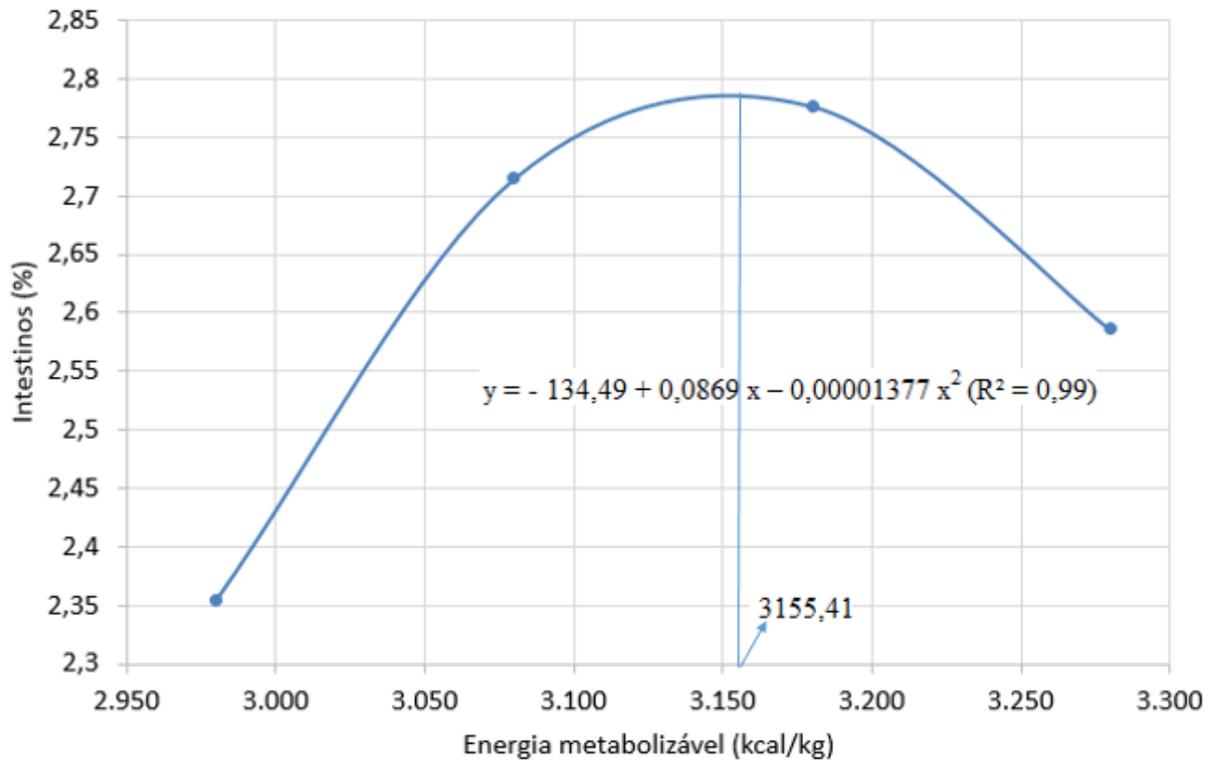


Figura 12. Peso relativo dos intestinos de frangos de corte machos aos 42 dias de idade, mantidos em estresse cíclico por calor de acordo com os níveis de EM.

4.2.6. Digestibilidade

Os CDMS, CDPB e CDEE das rações estão apresentados na Tabela 18. Não houve efeito dos tratamentos sobre a CDMS ($P > 0,05$). Podemos observar nas Figuras 13 e 14 que o CDPB e o CDEE aumentaram de forma linear com o aumento a EM da ração ($y = 0,0182x + 2,645$, $R^2 = 0,81$; $y = 0,0647x - 129,24$, $R^2 = 0,89$, respectivamente).

Tabela 18. CDMS, CDPB e CDEE das rações de acordo com o nível de EM da dieta de frangos de corte em crescimento criados em estresse por calor

Variáveis	Níveis de Energia Metabolizável				CV (%)
	2980	3080	3180	3280	
CDMS	71,16	73,28	72,61	73,74	3,73
CDPB ¹	56,18	60,60	60,18	62,40	6,59
CDEE ¹	61,41	72,98	77,62	81,44	5,19

¹ Efeito linear($p < 0,05$).

Trabalhando com diferentes quantidades de inclusão de óleo (zero; 2,5; 5,0 e 7,5%), porém sem alterar o nível de EM das rações, Pucci et al. (2003) também não encontraram efeito significativo da inclusão de óleo na ração de frangos de corte na fase de crescimento sobre o CDMS. Estes autores verificaram ainda que a inclusão de óleo de 2,33% permitiu máxima digestibilidade do extrato etéreo.

Avaliando frangos de corte de 19 a 41 dias de idade submetidos a estresse cíclico por calor consumindo duas rações (controle: 19,48% de PB e 3150 kcal/kg; adensada: 21,03 de PB e 3250 kcal/kg), Cardoso (2013) também não encontrou diferença na digestibilidade da matéria seca.

Os resultados obtidos para o CDPB e do CDEE, corroboram com a ideia de que o aumento da EM obtido pela inclusão de óleo melhora a disponibilidade dos nutrientes da ração (Sakomura et al., 2004).

O aumento do CDEE pode ser explicado pela maior produção e secreção de bile, que segundo Lindsay et al (1969), citado por Honda et al (2009), a inclusão de óleo aumenta a concentração de ácidos biliares na excreta de aves. Além disso, Hulan e Bird (1972), citado por Honda et al (2009), afirmam que a maior inclusão de gordura eleva a atividade da lípase pancreática. De acordo com Furlan e Macari (2002) a adição de lipídeos na dieta reduz a taxa de passagem e pode aumentar a digestibilidade dos nutrientes.

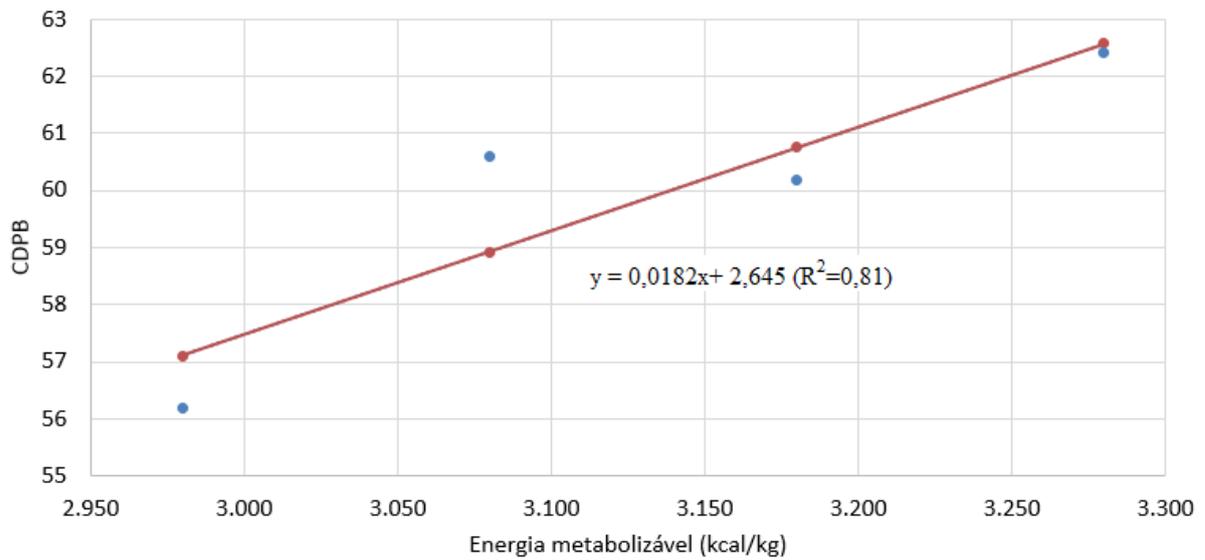


Figura 13. Coeficiente de digestibilidade da proteína bruta das rações de acordo com o nível de energia metabolizável da dieta de frangos de corte em crescimento criados em estresse cíclico por calor.

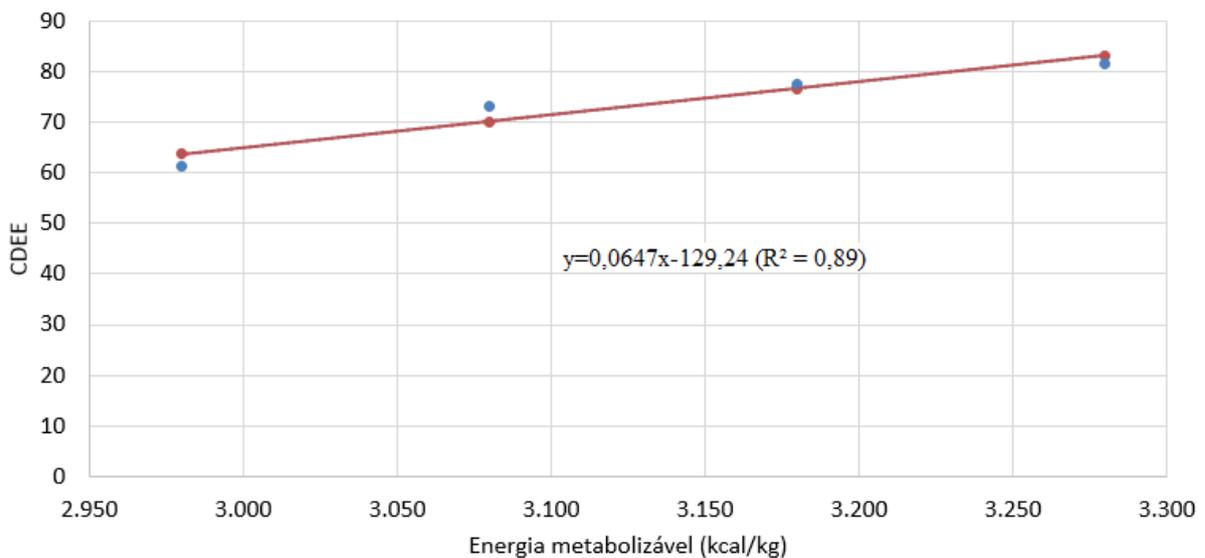


Figura 14. Coeficiente de digestibilidade do extrato etéreo das rações de acordo com o nível de energia metabolizável da dieta de frangos de corte em crescimento criados em estresse cíclico por calor.

4.2.7. Balanço energético

Os dados do balanço energético de frangos de corte alimentados com dietas contendo diferentes teores de energia metabolizável e criados em estresse térmico encontram-se na Tabela 19.

Tabela 19. Efeito do nível de energia metabolizável na ração de frangos de corte criados em estresse por calor sobre o balanço de energia, na matéria seca¹

Variáveis	Níveis de Energia Metabolizável				CV ² (%)
	2980	3080	3180	3280	
Balanço energético (kcal/kg ^{0,70} /dia)					
EMAn cons	322,38	278,22	338,01	329,13	15,77
ER	97,72	83,54	122,64	126,36	43,81
PCT	224,65	194,68	215,37	202,78	8,09
PCj	128,10	128,78	141,33	121,03	12,32
IC ³	96,57	65,89	74,03	81,74	17,81
Valor energético das rações (kcal/kg MS)					
EMAn ⁴	3181,26	3329,66	3302,39	3459,89	4,71
EMAn/EB	71,05	71,97	70,70	72,35	4,64
EL ⁴	2203,29	2545,49	2566,74	2596,32	10,89
EL/EMAn	68,88	76,48	77,67	74,98	8,15

1 – EMn cons – consumo de energia metabolizável aparente corrigida pelo balanço de nitrogênio; PC – produção de calor; IC – incremento calórico; EMA – energia metabolizável aparente; EMAn – energia metabolizável aparente corrigida pelo balanço de nitrogênio; EL – energia líquida;

2 – Coeficiente de variação

3 – Efeito quadrático (p<0,05)

4 – Efeito linear (P≤0,01).

O consumo de EMAn não foi afetado pelos diferentes níveis de EM utilizados nas rações, porém observou-se efeito quadrático (p<0,05) do nível de energia na ração sobre o IC, de acordo com a equação: $y = 9584,91 - 6,045x + 0,000959x^2$ ($R^2 = 0,85$), que reduziu até o nível estimado de 3151,72 de EM na ração e, a partir deste nível o IC aumentou (Figura 15). Confirmando a hipótese de que o uso de lipídeos como fonte de energia, ao invés de

carboidratos, diminui o incremento calórico das dietas e favorece a criação de aves durante épocas de altas temperaturas ambientais (Sakomura et al., 2004; Rostagno et al., 2006).

Verificou-se efeito linear para a EMAn e EL, onde estas variáveis aumentaram com o aumento da energia da ração ($y = 787,33 + 0,808x$; $R^2 = 0,83$ e $y = -1279,16 + 1,2x$; $R^2 = 0,71$, Figuras 16 e 17, respectivamente). Porém a eficiência de utilização da EMAn para EL, não sofreu influência do aumento da EM das rações.

Resultados semelhantes aos obtidos no presente estudo foram verificados por Noblet et al. (2009), que avaliaram através da calorimetria indireta a eficiência de utilização da EM para EL em duas rações produzidas com trigo, farelo de soja, proteína isolada de soja, amido de milho e óleo de colza, de forma a obter-se uma ração com baixo teor de gordura bruta (2,7 % de gordura bruta e 3042,54 kcal/kg de EM) e outra com alto teor de gordura bruta (9,6% de gordura bruta e 3389,1 kcal/kg de EM). Estes autores não observaram efeito dos níveis de gordura sobre o consumo de energia metabolizável (447,84 kcal/kg^{0,70}/d), PCT (215,68 kcal/kg^{0,70}/d), PCj (105,21 kcal/kg^{0,70}/d) e IC (110,35 kcal/kg^{0,70}/d), conseqüentemente o K (75,3%) foram equivalentes.

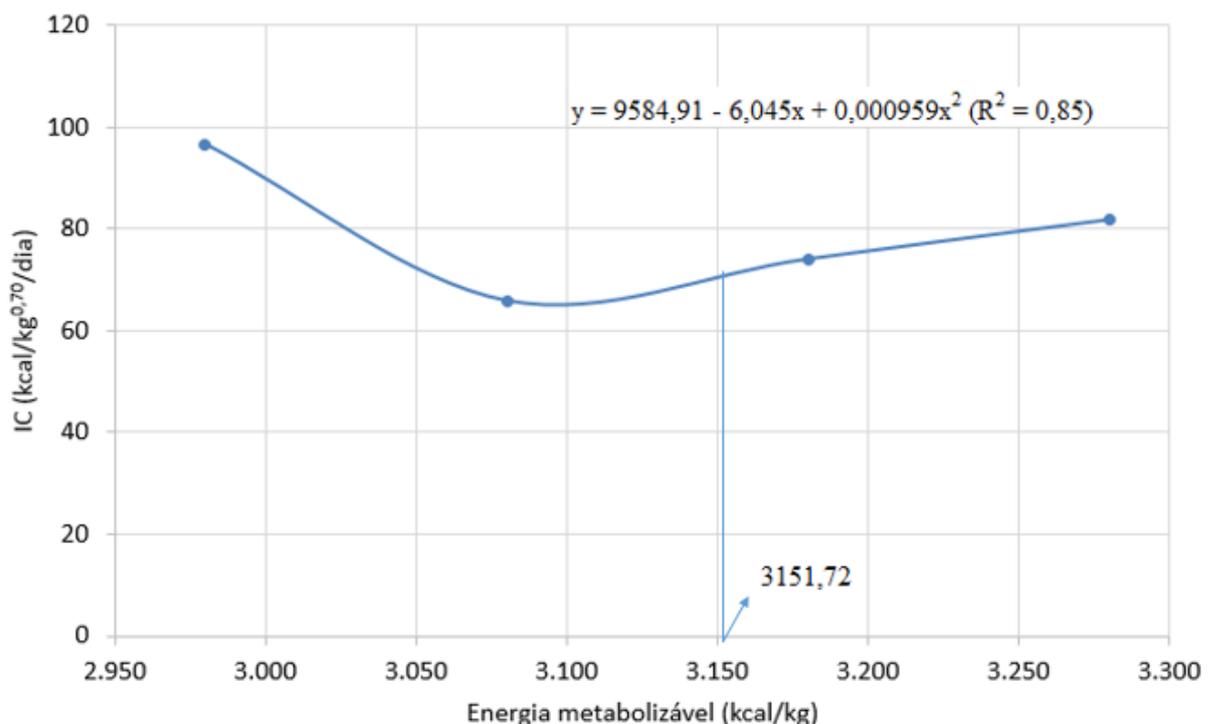


Figura 15. Efeito do nível de EM na ração sobre o incremento calórico de frangos de corte em crescimento criados em estresse cíclico por calor.

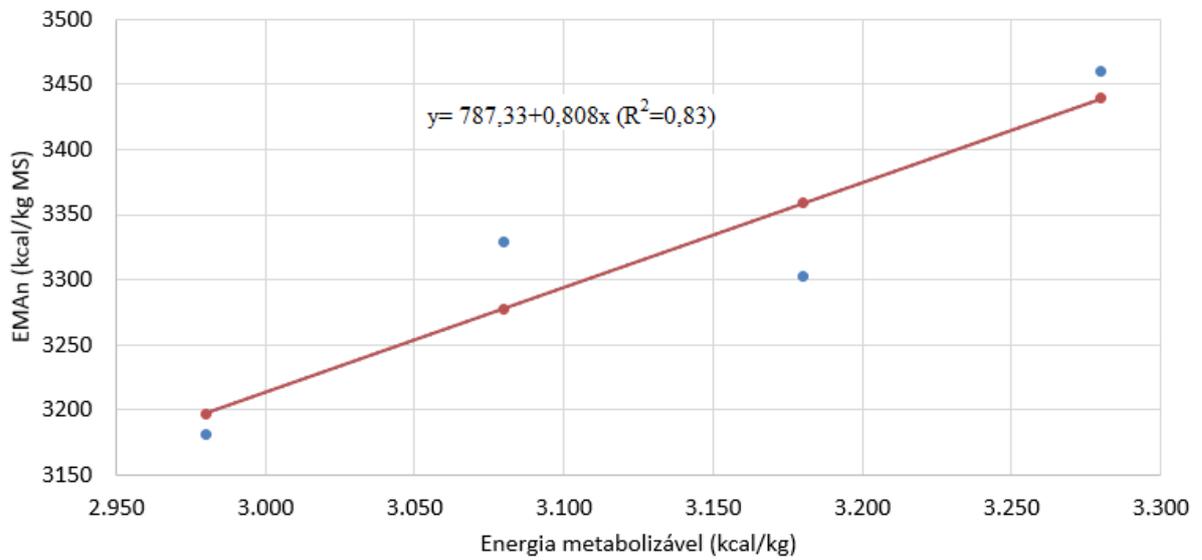


Figura 16. Efeito do nível de EM na ração sobre a EMAn de frangos de corte em crescimento criados em estresse cíclico por calor.

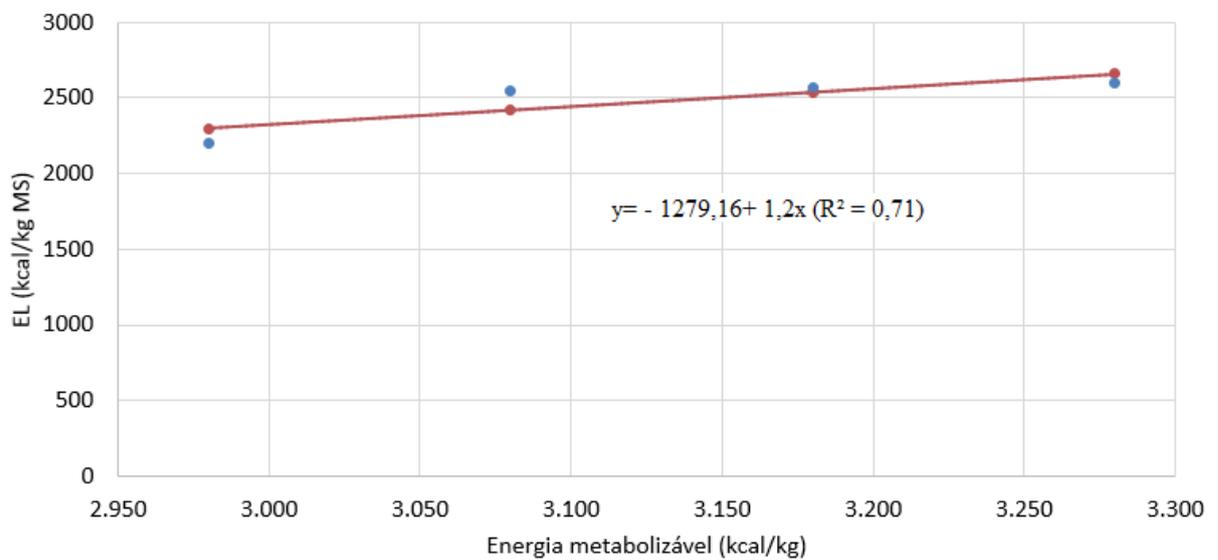


Figura 17. Efeito do nível de EM na ração sobre a EMAn de frangos de corte em crescimento criados em estresse cíclico por calor.

4.2.8. Desempenho das aves

De acordo com os dados apresentados na tabela 20, o GP, o CR, o consumo diário de energia metabolizável (Con EMAn) a VIAB e o IEP não foram influenciados ($P>0,05$) pelo nível de EM da ração de frangos de corte de 19 a 41 criados em estresse por calor. Porém, nas Figuras 18 e 19 pode-se observar que a CA melhorou de forma linear com o aumento a EM da ração ($y = -0,000395x + 2,888$, $R^2=0,88$) e o custo da ração por kg de frango (CuR) aumentou com a elevação da EM ($y = 0,000259x + 0,7135$; $R^2 = 0,79$), respectivamente.

Tabela 20. Desempenho dos frangos de corte machos de 19 a 41 dias mantidos em estresse por calor e alimentados com rações com níveis crescentes de EM

Variáveis	Níveis de Energia Metabolizável				CV ¹ (%)
	2980	3080	3180	3280	
GP (kg)	1,816	1,767	1,738	1,905	6,11
CR (kg)	3,072	2,984	2,853	3,004	4,44
CA (kg/kg) ²	1,69	1,69	1,64	1,58	3,19
Con EMAn (kcal/dia)	446,16	454,70	436,58	473,52	6,99
VIAB (%)	96,43	94,05	96,43	94,27	5,96
IEP	471,25	449,97	464,05	519,53	12,26
CuR (R\$/kg) ²	1,47	1,53	1,55	1,55	3,13

¹ CV: coeficiente de variação; ² Efeito linear ($P<0,05$);

Oliveira Neto et al. (1999) encontraram resposta diferente para o ganho de peso de frangos de corte machos Hubbard mantidos de 22 a 42 dias de idade, em condições de estresse de calor (31,9 °C) e alimentados com rações contendo diferentes teores de EM (3000, 3075, 3150, 3225 e 3300 kcal de energia metabolizável/kg de ração), estes autores verificaram melhora linear crescente para esta variável em razão do aumento do nível de energia da ração. Porém a CA se comportou de forma semelhante ao presente estudo, pois os autores observaram melhora da CA com o aumento da EM da ração. Essa melhora na CA pode ser justificada pela melhora na disponibilidade dos nutrientes da ração, verificados pela melhora no CDPB e do CDEE verificados na tabela 18.

Segundo Vieira et al. (2002), a superioridade da maior inclusão do óleo na conversão alimentar pode ser explicada pelas propriedades inerentes às gorduras, que, além de

fornecerem energia, melhoram a absorção de vitaminas e a palatabilidade das rações, diminuem a pulverulência das rações, aumentam a digestibilidade de aminoácidos, melhoram a eficiência de utilização da energia consumida devido ao menor incremento calórico do metabolismo dos lipídios e atuam, também, diminuindo a taxa de passagem do alimento pelo trato intestinal, o que possibilita melhor absorção de todos os nutrientes da dieta.

Pesquisa semelhante foi desenvolvida por Barbosa et al., (2008), que tiveram como objetivo avaliar os efeitos dos níveis de EM na ração (2800, 2900, 3000, 3100 e 3200 kcal/kg) sobre o desempenho de frangos de corte de 22 a 49 dias de idade criados em condições de estresse cíclico por calor (23,5 a 36,6 °C). Esses autores não encontraram efeito dos níveis de energia da dieta sobre o ganho de peso, conversão alimentar e sobre o consumo de energia metabolizável, porém o consumo de ração reduziu de forma linear com o aumento da EM na ração.

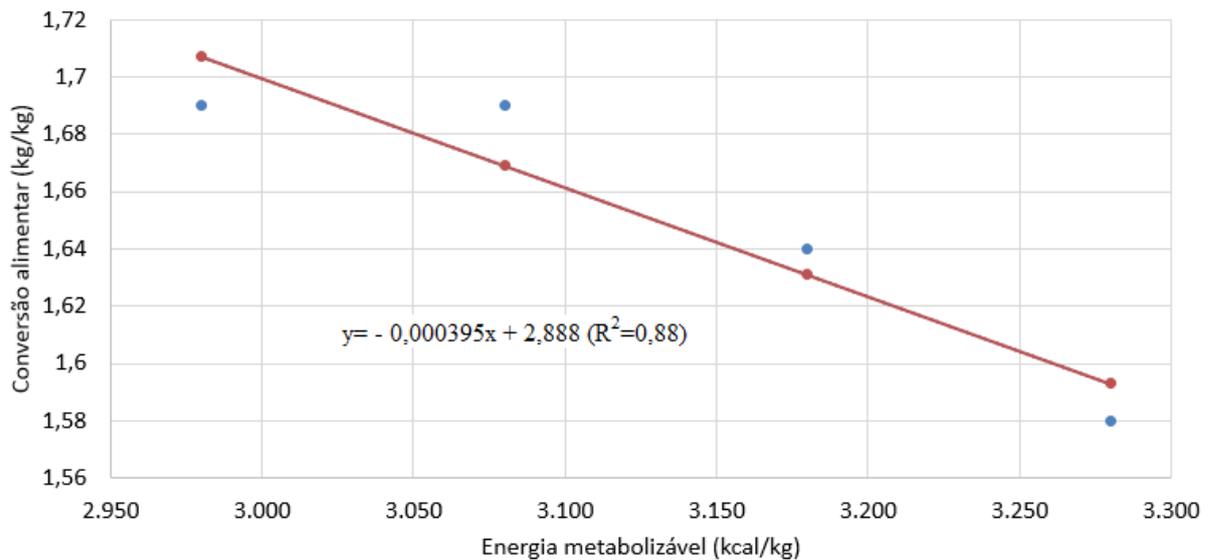


Figura 18. Efeito do nível de EM da ração sobre a conversão alimentar de frangos de corte mantidos em ambiente de estresse cíclico por calor.

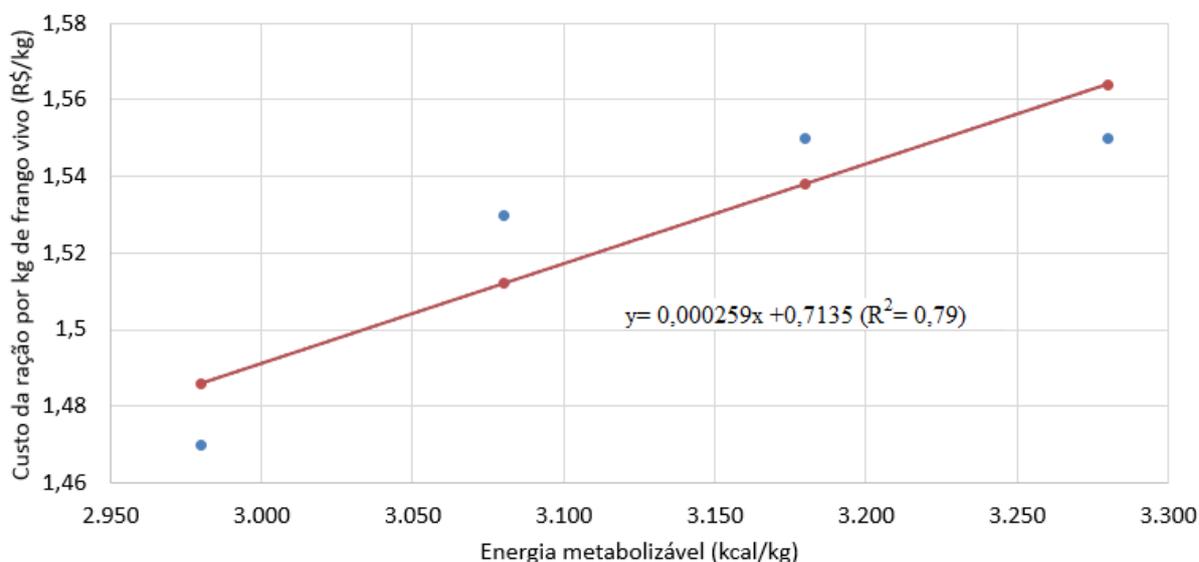


Figura 19. Efeito do nível de EM da ração sobre o custo da ração por kg de frango criado em ambiente de estresse cíclico por calor.

5 CONCLUSÕES

5.1. Experimento I

O potássio e a contagem relativa de linfócitos sofreram influência dos níveis de EM, o grupo de frangos que recebeu ração com 3080 (kcal/kg) de EM apresentou menor concentração de potássio plasmático, quando comparado aos grupos que receberam 2980 e 3280 (kcal/kg). As aves que receberam rações com 3080 kcal/kg de EM apresentaram menores concentrações de LINF, comparados com os demais tratamentos, entretanto os demais parâmetros fisiológicos, bioquímicos e hematológicos dos frangos de corte criados em termoneutralidade não foram influenciados.

As alterações nos parâmetros sanguíneos (pH, HCO_3^- , tHB, Htc, Na^+ , K^+ , GLIC, COL, TRIG, LAC, PROT, LEUC, HET, LINF e HET/LINF) relacionadas à idade dos frangos de corte em condições de termoneutralidade encontraram-se dentro da faixa de normalidade proposta pela literatura.

O aumento da EM na ração reduziu o peso relativo da moela, fígado+vesícula e baço, o último até o nível estimado de 3130,43 kcal/kg de EM. Os níveis de EM utilizados nas rações não afetaram o peso relativo do peito, gordura abdominal, bursa, coração, pulmão, proventrículo e intestinos de frangos de corte criados em termoneutralidade.

Os diferentes níveis de EM apresentam efeitos sobre a digestibilidade do extrato etéreo, que melhorou até o nível estimado de 3287,33 de EM na ração de frangos de corte criados em termoneutralidade.

O aumento de EM obtido pela inclusão de óleo nas rações não apresentou efeito sobre o consumo de EMAn, energia retida, produção de calor total, produção de calor em jejum, incremento calórico, eficiência de utilização da EB para EMAn e EMAn para EL em frangos de corte na fase de crescimento criados em termoneutralidade.

O consumo de ração e o custo da ração por kg de frango vivo, no período de 19 a 41 dias de idade, não apresentou diferença entre os tratamentos. O aumento do nível de EM aumentou o GP, o consumo diário de EM e o IEP e reduziu a CA e a VIAB em frangos de corte criados em termoneutralidade.

5.2. Experimento II

O nível de EM da ração afetou a $p\text{CO}_2$, as aves que receberam ração com 3180 kcal/kg de EM apresentaram menor $p\text{CO}_2$ comparado as aves que receberam ração com 2980 e 3080. Os demais parâmetros fisiológicos, bioquímicos e hematológicos dos frangos de corte criados em estresse cíclico por calor não foram influenciados pela EM da ração.

As alterações nos parâmetros sanguíneos (pH, $p\text{CO}_2$, tHB, Htc, GLIC, COL, TRIG, LAC, PROT, ALB, LEUC, HET, LINF e HET/LINF) relacionadas à idade dos frangos de corte em condições de estresse cíclico por calor encontraram-se dentro da faixa de normalidade proposta pela literatura.

Os níveis de EM influenciaram apenas no peso relativo dos intestinos, que aumentou até o nível estimado de 3155,41 de EM na ração para frangos de corte estressados por calor, e não alteraram o peso relativo do peito, gordura abdominal, baço, bursa, coração, pulmão, proventrículo, moela e fígado com vesícula.

O CDPB e o CDEE aumentaram com o aumento a EM da ração para frangos de corte em estresse por calor.

O aumento de EM obtido pela inclusão de óleo nas rações apresentaram efeito sobre o IC, que reduziu até o nível estimado de 3151,72 de EM na ração. A EMAn e a EL das rações de frangos de corte estressados por calor aumentaram com o aumento da EM das rações para frangos de corte estressados por calor.

Os níveis de EM das rações influenciaram o desempenho zootécnico de frangos de corte estressados por calor, uma vez que a elevação da EM melhorou a CA e aumentou o custo da ração por kg de frango vivo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABU-DIEYEH, Z.H.M. Effect of high temperature per se on growth performance of broilers. *International Journal of Poultry Science*, v.5, p.19-21, 2006.
- AENGEWANICH, W; SIMARAKS. S. Pathology of heart, lung, liver and kidney of broiler under chronic heat stress. *The Songklanakarin Journal of Science and Technology*, v.26, p. 417-424, 2004.
- AIT-BOULAHSEN, A.; GARLICH, J.D.; EDENS, F. W. Potassium chloride improves the thermotolerance of chickens exposed to acute heat stress. *Poultry Science*, v.74, p.75-87, 1995.
- ALLEN, S.H.; HOLM, J.L. Lactate: physiology and clinical utility. *Journal of Veterinary Emergency and Critical Care*, v. 18, n. 2, p. 123-132, 2008.
- ALTAN, O.; ALTAN, A.; ÇABUK, M.; BAYRAKTAR, H. Effect of heat stress on some blood parameter in broilers. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, v. 24, p. 145-148, 2000.
- ALTAN, Ö; 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, p.545-550, 2003.
- ASSOCIATION OF THE OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC. *Official methods of analysis of the association of Official Analytical Chemists*. 16ed. Washington DC, 1995.
- AZAD, M. A. K.; KIKUSATO, M.; MAEKAWA, T.; SHIRAKAWA, H.; TOYOMIZU, M. Metabolic characteristics and oxidative damage to skeletal muscle in broiler chickens exposed to chronic heat stress. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular and Integrative Physiology*, v.155, p.401-406, 2010.
- BARBOSA, F. J. V.; LOPES, J. B.; FIGUEIRÊDO, A. V.; ABREU, M. L. T; DOURADO, L. R. B.; FARIAS, L. A.; PIRES, J. E. P. Níveis de energia metabolizável em rações para frangos de corte mantidos em ambiente de alta temperatura. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 37, p. 849-855, 2008.

BELAY, T.; TEETER, R.G. Broiler water balance and thermobalance during thermoneutral and high ambient temperature exposure. *Poultry Science*, v.72, p.116-124, 1993.

BERTECHINI, A. B. *Nutrição de monogástricos*. Lavras: UFLA, 2006.

BERTECHINI, A.G.; ROSTAGNO, H.S.; SILVA, M.A. Efeitos da temperatura ambiente e nível de energia da ração sobre o desempenho e a carcaça de frangos de corte. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.3, p.219-229, 1991.

BERTOLONI, W.; SILVEIRA, E. T. F.; LUDTKE, C. B.; ANDRADE, J. C. Avaliação de diferentes híbridos suínos submetidos à insensibilização elétrica e gasosa (Co₂). Parte 1 – mensuração de indicadores sanguíneos de estresse. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 26, p. 564-570, 2006.

BIRKETT, S.; LANGE, K. Limitations of conventional models and a conceptual framework for a nutrient flow representation of energy utilization by animals. *British Journal of Nutrition*, v. 86, p. 647–659, 2001.

BLAXTER, K. L. *Energy Metabolism in Animals and Man*. Cambridge University Press, New York. 1989.

BOEKHOLT, H. A.; VAN DER GRINTEN, P. H.; SCHREURS, V. V. A. M.; LOS, M. J. N.; LEFFERING, C. P. Effect of dietary energy restrictions on retention of protein, fat and energy in broiler chickens. *British poultry science*, v. 35, p. 603-614, 1994.

BORGES, S. A.; DA SILVA, A. F.; MAIORKA, A. Acid-base balance in broilers. *World's Poultry Science Journal*, v. 63, p. 73-81, 2007.

BORGES, S. A.; DA SILVA, A. F.; MAJORKA, A.; HOOGE, D. M.; CUMMINGS, K. R. Physiological responses of broiler chickens to heat stress and dietary electrolyte balance (sodium plus potassium minus chloride, milliequivalents per kilogram). *Poultry Science*, v. 83, p. 1551-1558, 2004.

BORGES, S. A.; ARIKI, J.; MARTINS, C. L.; MORAES, V. M. B. D. Suplementação de cloreto de potássio para frangos de corte submetido a estresse calórico. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.28, p.313-319, 1999.

BORGES, S. A. *Suplementação de cloreto de potássio e bicarbonato de sódio para frangos de corte durante o verão*. 1997. 84f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia)-Curso de Pós-graduação em Zootecnia, Universidade Estadual Paulista.

BORGES, S. A.; FISCHER DA SILVA, A. V.; MAIORKA, A. Acid-base balance in broilers. *World's Poultry Science Journal*, v. 63, p. 73-81, 2007.

BORGES, S. A.; MAIORKA, A.; SILVA, A.D. Fisiologia do estresse calórico e a utilização de eletrólitos em frangos de corte. *Ciência Rural*, v. 33, p. 975-981, 2003.

BORSA, A. Valores hematológicos em frangos de corte de criação industrial. *Colloquium Agrariae*, v. 5, p. 25-31, 2009.

BOUNOUS, D.I.; STEDMAN, N. Normal avian hematology: chicken and turkey. In: FELDMAN, B.F.; ZINKL, J.G.; JAIN, N.C. *Schalm's Veterinary Hematology*. 5 ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2000, p.1147-1154.

BROOKS, G.A. Current concepts in lactate exchange. *Medicine Science in Sports and Exercise*, Indianapolis, v. 23, n. 8, p. 895-906, 1991.

BROUWER, E. Report of Sub-Committee on Constants and Factors. In: Blaxter K.L. (editor), *Energy Metabolism*. London: Academic Press, p. 441-443, 1965.

BUYSE, J.; MICHELS, H.; VLOEBERGHES, J.; SAEVELS, P.; AERTS, J. M.; DUCRO, B.; BERCKMANS, D.; DECUYPERE, E. Energy and protein metabolism between 3 and 6 weeks of age of male broiler chickens selected for growth rate or for improved food efficiency. *British poultry Science*, v. 39, p. 264-272, 1998.

CAMPBELL, T. W. Hematology In: RITCHIE, B. W.; HARRISON, G. J.; HARRISON L. R. *Avian medicine: principles and application*. Lake Worth: Wingers Publishing, 1994. p. 176-198.

CAMPBELL, T. W.; DEIN, F. J. Avian hematology. The basics. *The Veterinary clinics of North America. Small animal practice*, v. 14, p. 223-248, 1984.

CAMPOS, S.S. Efeito do nível de energia da dieta sobre a perda de calor por radiação de frangos de corte. In: CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS, 1995, Curitiba, PR. *Anais...*, Curitiba, PR: FACTA, 1995. p.249-258.

CARDOSO, A. L. S. P.; TESSARI, E. N. C. Estudo dos parâmetros hematológicos em frangos de corte. *Arquivos do Instituto Biológico*, v. 70, p. 419-424, 2003.

CARDOSO, D.M. 2013. *Alternativas nutricionais para frangos de corte submetidos ao estresse por calor*. 2013. 73f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

CHEN, C. L.; SANGIAH, S.; CHEN, H.; RODER, J. D.; SHEN, Y. Effects of heat stress on Na⁺, K⁺-ATPase, Mg²⁺-activated ATPase, and Na⁺-ATPase activities of broiler chickens vital organs. *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A Current Issues*, v. 41, p. 345-356, 1994.

CIFONE, M. G.; MIGLIORATI, G.; PARRONI, R.; MARCHETTI, C.; MILLIMAGGI, D.; SANTONI, A.; RICCARDI, C. Dexamethasone-induced thymocyte apoptosis: apoptotic signal involves the sequential activation of phosphoinositide-specific phospholipase C, acidic sphingomyelinase, and caspases. *Blood*, v. 93, p. 2282-2296, 1999.

CLARK, P.; BOARDMAN, W.; RAIDAL, S. *Atlas of clinical avian hematology*. Oxford: Blackwell Publishing, 2009. 184 p.

CURTIS, S.E. *Environmental management in animal agriculture*. Ames: Iowa State University Press, 1983. 409p.

DALLA COSTA, O. A.; LUDKE, J. V.; DA COSTA, M. J. R. P.; FAUCITANO, L., COLDEBELLA, A.; KICH, J. D.; PELOSO, J.V.; DALLA ROZA, D. Tempo de jejum na granja sobre o perfil hormonal e os parâmetros fisiológicos em suínos de abate pesados. *Ciência Rural*, v.38, n.8, p.2300-2306, 2008.

DAVISON, F.; KASPERS, B.; SCHAT, K. A.; KAISER, P. (Eds.). *Avian immunology*. Academic Press, 2008.

DE LANGE, C. F. M; BIRKETT, S. H. Characterization of useful energy content in swine and poultry feed ingredients. *Canadian Journal of Animal Science*, v. 85, p. 269-280. 2005.

DEYHIM, F.; STOECKER, B. S.; ADELEYE, B. G.; TEETER, R. G. The effects of heat distress environment, vitamin, and trace mineral supplementation on performance, blood constituents, and tissue mineral concentrations in broiler chickens. *Nutrition Research*, v. 15, p. 521-526, 1995.

DIBNER, J.J., RICHARDS, J.D. The digestive system: Challenges and opportunities. *Journal Applied Poultry Research*, v.13, p.86-93, 2004.

NETO, J. F.; VIANA, J. M. M. E. S.; MAGALHÃES, L. M. *Patologia clínica veterinária*. Belo Horizonte: Rabelo e Brasil, 1978. 293p.

FRANDSON, R. D.; WILKE, W. L.; FAILS, A. D. *Anatomia e fisiologia dos animais de fazenda*. 6.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2005. p.188.

FURLAN, R. L.; MACARI, M.; MORAES, V. M. B.; MALHEIROS, R. D.; MALHEIROS, E. B.; SECATO, E. R. Alterações hematológicas e gasométricas em diferentes linhagens de frangos de corte submetidos ao estresse calórico agudo. *Revista Brasileira de Ciência Avícola*, v. 1, p. 77-84, 1999.

FURLAN, R. L.; SILVA, A. V. F.; BORGES, S.; MACARI, M.; FURLAN, R.; GONZALES, E. Equilíbrio Ácido-básico. In: MACARI, M.; FURLAN, R. L.; GONZALES, E. *Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte*. 2. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2002, p. 209-230.

FURLAN, R. L. Influência da temperatura na produção de frangos de corte. *SIMPÓSIO BRASIL SUL DE AVICULTURA*, v. 7, p. 104, 2006.

FURLAN, R. L.; MACARI, M. Termorregulação. In: MACARI, M.; FURLAN, R. L.; GONZALES, E. *Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte*. 2. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2002, p. 209-230.

FURONI, R. M.; NETO, S. M. P.; GIORGI, R. B.; GUERRA, E. M. M. Distúrbios do equilíbrio ácido-básico/Acid-base disorders. *Revista da Faculdade de Ciências Médicas de Sorocaba*. v.12, p. 5 -12, 2010.

GABARROU, J. F.; GÉRAERT, P. A.; PICARD, M.; BORDAS, A. Diet-induced thermogenesis in cockerels is modulated by genetic selection for high or low residual feed intake. *Journal of Nutrition*. v. 127, p. 2371–2376. 1997.

GABARROU, J. F.; GERAERT, P. A.; FRANCOIS, N.; GUILLAUMIN, S.; PICARD, M.; BORDAS, A. Energy balance of laying hens selected on residual food consumption. *British Poultry Science*. v. 39, p. 79–89, 1998.

GEORGIEVSKII, V.I., ANNENCOV, B.N., SAMOKHIN, V.T. *Mineral nutrition of animals*. London: Butterworths, 1982. 475p.

GERAERT, P. A., M. G. MacLeod, and B. Leclercq. Energy metabolism in genetically fat and lean chickens: Diet- and cold-induced thermogenesis. *Journal of Nutrition*. v. 118, p.1232– 1239, 1988.

GERAERT, P. A.; PADILHA, J. C. F.; GUILLAUMIN, S. Metabolic and endocrine changes induced by chronic heat exposure in broiler chickens: growth performance, body composition and energy retention. *British Journal of Nutrition*, v. 75, p. 195-204, 1996.

GHAZALAH, A. A.; ABD-ELSAMEE, M. O.; ALI, A. M. Influence of dietary energy and poultry fat on the response of broiler chicks to heat therm. *International Journal of Poultry Science*, v. 7, p. 355-359, 2008.

GONZÁLEZ, F.H.D.; SILVA, S.C. *Introdução à bioquímica clínica veterinária*. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2003. 220p.

GUIMARÃES, E. B.; VASCONCELOS, A. C.; MARTINS, N. R.; OLIVEIRA, R. F.; MORO, L.; NUNES, J. E.; SANTOS, F. G. Porcentagem de parênquima e índice apoptótico da bolsa cloacal em frangos de corte em ambiente de conforto e estresse térmico. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v. 55, p. 178-186, 2003.

HAI, L.; RONG, D.; ZHANG, D.Z.Y. The effect of thermal environment on the digestion of broilers. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, v.83, p.57-64, 2000.

HILL, F. W.; ANDERSON, D. L. Comparison of metabolizable energy and productive energy determinations with growing chicks. *Journal of Nutrition*, v. 64. p. 587-603, 1958.

HONDA, K.; KAMISOYAMA, H.; ISSHIKI, Y.; HASEGAWA, S. Effects of dietary fat levels on nutrients digestibility at different sites of chicken intestines. *The Journal of Poultry Science*. v. 46, p. 291-295, 2009.

JONIER, W.P.; HUSTON, T. M. The influence of high environmental temperature on immature domestic fowl. *Poultry Science*, v.36, p.973-978, 1957.

KANEKO, J. J.; HARVEY, J. W.; BRUSS, M. L. *Clinical Biochemistry of Domestic Animals*, 6. ed. Elsevier Inc., 2008, 918p.

KAPAKIN, K. A. T.; IMIK, H.; GUMUS, R.; KAPAKIN, S.; SAGLAM, Y. S. Effect of Vit E on Secretion of HSP-70 in Testes of Broilers Exposed to Heat Stress. *Kafkas Universitesi Veteriner Fakultesi Dergisi*, v. 19, p. 305-310, 2013.

KLEIBER, M. *The Fire of Life: an introduction to animal energetics*. Rev. Ed. New York: Robert E. Krieger Publishing CO, 1975. 453p.

LAGANÁ, C.; RIBEIRO, A. M. L.; DIAZ GONZALEZ, F. H.; LACERDA, L. D. A.; KRATZ, L. R.; BARBOSA, P. R. Níveis dietéticos de proteína e gordura e parâmetros

bioquímicos, hematológicos e empenamento em frangos de corte estressados pelo calor. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.36, p.1783-1790, 2007.

LAGANÁ, C.; RIBEIRO, A. M. L.; GONZALEZ, F. H. D.; LACERDA, L. A.; TERRA, S. R.; BARBOSA, P. R. Suplementação de vitaminas e minerais orgânicos nos parâmetros bioquímicos e hematológicos de frangos de corte em estresse por calor. *Boletim da Indústria animal*, v.62, p.157-165, 2005.

LANA, G. R. Q.; ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; LANA, A. M. Q. Efeito da temperatura ambiente e restrição alimentar sobre o desempenho e composição de corporal de frangos de corte. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.29, p.1117-1123, 2000.

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. C.; BAIÃO, N. C. Estresse calórico em aves. In: Pereira, J. C. C. *Fundamentos de bioclimatologia aplicados à produção animal*. Belo Horizonte: FEPMVZ, cap 15, p.165180, 2005.

LATOUR, M. A.; PEEBLES, E. D.; BOYLE, C. R.; BRAKE, J. D. The effects of dietary on growth performance, carcass composition, and feed efficiency in the broiler chick. *Poultry Science*, v.73, p.1362-1369, 1994.

LEESON, S.; SUMMERS, J.D. *Scott's nutrition of the chicken*. 4.ed. Guelph: University Books, 2001. p.591.

LIMA, A. C. F.; MACARI, M.; PIZAURO JÚNIOR, J. M.; MALHEIROS, E. B. Atividade enzimática pancreática de frangos de corte alimentados com dietas contendo enzima ou probiótico. *Revista Brasileira de Ciência Avícola*. v.4, n.3, p. 187-194, 2002.

LIN, H.; DECUYPERE, E.; BUYSE, J. Acute heat stress induces oxidative stress in broiler chickens. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology*, v. 144, p. 11-17, 2006.

LOFGREEN, G.P.; GARRETT, W.N. A system for expressing net energy requirements and feed values for growing and finishing beef cattle. *Journal of Animal Science*, v. 27, n. 3, p.793-806, 1968.

LOPEZ, G.; LEESON, S. Review: energy partitioning in broiler chickens. *Canadian Journal of Animal Science*, v. 88, n. 2, p. 205-212, 2008.

- LOPEZ, G.; S. LEESON. Utilization of metabolizable energy by young broilers and birds of intermediate growth rate. *Poultry Science*, v.84, p. 1069-1076, 2005.
- LUMEIJ, J.T. Avian Clinical Biochemistry. In: KANEKO, J.J.; HARVEY, J.W.; BRUSS, M.L. *Clinical biochemistry of domestic animals 5 th edition*. San Diego, Academic Press, 1997. 932p.
- MACARI, M.; LUQUETTI, B.C. Fisiologia cardiovascular. In: MACARI, M.; FURLAN, R.L.; GONZALES, E. *Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte*. 2.ed. Jaboticabal: FUNEP, 2002. p.17-36.
- MACARI, M. 1996. *Água na avicultura industrial*. Jaboticabal: FUNEP. 128p.
- MACLEOD, M. G. Energy and nitrogen intake, expenditure and retention at 208 in rowing fowl given diets with a wide range of energy and protein contents. *British Journal of Nutrition*. v.64, p. 625-637, 1990.
- MACLEOD, M. G. Energy utilization: measurement and prediction. *Poultry feedstuffs [electronic resource]: supply, composition, and nutritive value*, 2002. p. 1191.
- MANNO, M.C. *Efeito da temperatura ambiente sobre o desempenho de suínos em crescimento*. 2004. 40f. Dissertação (Mestrado em Bioclimatologia Animal) Universidade Federal de Viçosa, 2004.
- MARCHINI, C. F. P.; NASCIMENTO, M. R. B. M.; SILVA, P. L.; GUIMARÃES, E. C. Parâmetros hematológicos de frangos de corte submetidos à temperatura ambiente cíclica elevada. In XXII Latin American Poultry Congress. Buenos Aires, *Anais...* Buenos Aires, 2011.
- MARZZOCO, A.; TORRES, B.B. *Bioquímica básica*. Rio de Janeiro: Guanabara, 1999, 360p.
- MAXWELL, M.H. Avian blood leucocyte responses to stress. *World`s Poultry Science*. v. 49, p. 34-43, 1993.
- MCFARLANE, J. M.; CURTIS, S. E.; SIMON, J.; IZQUIERDO, O. A. Multiple concurrent stressors in chicks. 2. Effects on hematologic, body composition, and pathologic traits. *Poultry Science*, v. 68, p. 510-521, 1989.

MELLO, M. A.; LUCIANO, E. Efeitos Bioquímicos da Ingestão de Carboidrato Líquido durante o Exercício Aeróbio em Ratos Recuperados de Desnutrição. *Revista Paranaense de Educação Física*, v.1, p.7-14, 2000.

MENDES, A. A.; MOREIRA, J.; OLIVEIRA, E. D.; GARCIA, E. A.; ALMEIDA, M. D.; GARCIA, R. G. Efeitos da energia da dieta sobre desempenho, rendimento de carcaça e gordura abdominal de frangos de corte. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.33, p. 2300-2307, 2004.

MINAFRA, C.S.; MARQUES, S. F. F.; STRINGHINI, J. H.; ULHOA, C. J.; REZENDE, C. S. M.; SANTOS, J. S.; MORAES, G. H. K. Biochemical serum profile of broilers fed diets supplemented with alfa-amylase from *Cryptococcus flavus* and *Aspergillus niger* HM2003. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 39, p. 2691-2696, 2010.

MITCHELL, E. B.; JOHNS, J. Avian hematology and related disorders. *Veterinary Clinics of North America: Exotic Animal Practice*, v. 11, p. 501-522, 2008.

MUJAHID, A.; YOSHIKI, Y.; AKIBA, Y.; TOYOMIZU, M. Superoxide radical production in chicken skeletal muscle induced by acute heat stress. *Poultry Science*, v. 84, p. 307-314, 2005.

NAZIROGLU, M.; SAHIN, K.; SIMSEK, H.; AYDILEK, N.; ERTAS, O. N. The effects of food withdrawal and darkening on lipid peroxidation of laying hens in high ambient temperatures. *German Veterinary Journal*, v.107, p.199-202, 2000.

NOBLET, J.; KAREGE, C.; DUBOIS, S.; VAN MILGEN, J. Metabolic utilization of energy and maintenance requirements in growing pigs: effect of sex and genotype. *Journal of Animal Science*, v. 77, p.1208-1216, 1999.

NOBLET, J.; VAN MILGEN, J.; CARRÉ, B.; DIMON, P.; DUBOIS, S.; RADEMACHER, M.; VAN CAUWENBERGHE, S. Effect of body weight and dietary crude protein on energy utilisation in growing pigs and broilers. *PUBLICATION-EUROPEAN ASSOCIATION FOR ANIMAL PRODUCTION*, v. 109, p. 205-208, 2003.

NOBLET, J.; DUBOIS, S.; LASNIER, J.; WARPECHOWSKI, M.; DIMON, P.; CARRÉ, B.; VAN MILGEN, J.; LABUSSIÈRE, E. Fasting heat production and metabolic BW in group-housed broilers. *animal*, p. 1-7, 2015.

NOBLET, J.; DUBOIS, S.; VAN MILGEN, J.; WARPECHOWSKI, M.; CARRÉ, B. Heat production in broilers is not affected by dietary crude protein. *Publication-european association for animal production*, v. 124, p. 479, 2007.

NOBLET, J.; WARPECHOWSKI, M. B.; DUBOIS, S.; VAN MILGEN J.; CARRÉ, B. Influence de la teneur en matieres grasses de l'aliment sur l'utilisation metabolique de l'energie chez le poulet. *Huitièmes Journées de la Recherche Avicole*, p. 177-181, 2009.

NOBLET, J.; FORTUNE, H.; SHI, X. S.; DUBOIS, S. Prediction of net energy value of feeds for growing pigs. *Journal of Animal Science*, v.72, p.344-354, 1994.

NOBLET, J. Net energy evaluation of feeds and determination of net energy requirements for pigs. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 36, p. 277-284, 2007.

NOBLET, J.; VAN MILGEN, J.; DUBOIS, S. Utilisation of metabolisable energy of feeds in pigs and poultry: interest of net energy systems? In: *Proceedings of the 21st annual Australian poultry science symposium*. (Ed. P Selle) pp. 2010. p. 26-35.

OLANREWAJU, H. A.; WONGPICHET, S.; THAXTON, J. P.; DOZIER, W. A.; BRANTON, S. L. Stress and acid-base balance in chickens. *Poultry science*, v. 85, p.1266-1274, 2006.

OLANREWAJU, H. A.; THAXTON, J. P.; DOZIER, W. A.; BRANTON, S. L. Electrolyte diets, stress, and acid-base balance in broiler chickens. *Poultry science*, v.86, p.1363-1371, 2007.

OLIVEIRA NETO, A. D.; OLIVEIRA, R. F. M.; DONZELE, J. L.; ALBINO, L. F. T., VALERIO, S. R.; CARMO, H. M. Níveis de energia metabolizável de frangos de corte no período de 22 a 42 dias de idade mantidos em condições de estresse de calor. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.28, n.5, p.1054-1062, 1999.

OLIVEIRA NETO, A. R. D.; OLIVEIRA, R. F. M. D.; DONZELE, J. L.; ROSTAGNO, H. S.; FERREIRA, R. A.; MAXIMIANO, H. D. 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, p. 183-190, 2000.

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 frangos de corte de 1 a 49 dias de idade. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.35, p.797-803, 2006.

OLIVEIRA, W. P. D.; OLIVEIRA, R. F. M. D.; DONZELE, J. L.; GOMES, P. C.; MARTINS, M. D. S.; ASSIS, A. P. D. Redução do nível de proteína bruta em rações para frangos de corte em ambiente de estresse por calor. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.39, p.1092-1098, 2010.

PIRGOZLIEV, V.; ROSE, S.P. Net systems for poultry feeds: a quantitative review. *World's Poultry Science Journal*, v.55, p.1-36, 1999.

PUCCI, L. E. A.; RODRIGUES, P. B.; FREITAS, R. D.; BERTECHINI, A. G.; CARVALHO, E. M. Níveis de óleo e adição de complexo enzimático na ração de frangos de corte. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.32, p.909-917, 2003.

PUVADOLPIROD, S.; THAXTON, J.P. Model of physiological stress in chicken. 1. Response parameters. *Poultry Science*, v.79, p. 363-369, 2000.

RAJU, M. V. L. N.; SHYAM SUNDER, G.; CHAWAK, M. M.; RAMA RAO, S. V.; SADAGOPAN, V. R. Response of naked neck (Nana) and normal (nana) broiler chickens to dietary energy levels in a subtropical climate. *British Poultry Science*, v. 45, p. 186-193, 2004.

REVIDATTI, F. A.; FERNANDEZ, R. J.; TERRAES, J. C.; SANDOVAL, G. L.; LUCHI, P. E. Modificaciones del peso corporal y indicadores de estrés en pollos parrilleros sometidos a inmovilización y volteo. *Revista Veterinaria Argentina*, v.12, p. 11-14, 2002.

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, p. 636-644, 2008.

RIELLA, M.C.; PACHALY, M.A. *Metabolismo ácido-básico*. In: Riella MC. Princípios de nefrologia e distúrbios hidroeletrólíticos. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2003.

ROMIJN C, LOKHORST W. Some aspects of energy metabolism in birds. Proceedings of the 2nd Symposium of Energy Metabolism. No. 10. Italy: *The European Association for, Animal Production*; 1961. p. 49-58.

ROSA, A. P.; BORIN JR, H.; THIER, J.; VIEIRA, N. S. Desempenho e composição de carcaça de frangos submetidos a dietas com diferentes teores energéticos e níveis de gordura.

In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 37, 2000, Viçosa, MG. *Anais...* Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2000. p.228.

ROSALES, A. G.; VILLEGAS, P.; LUKERT, P. D.; FLETCHER, O. J.; MOHAMED, M. A.; BROWN, J. Isolation, identification and pathogenicity of two field strains of infectious Bursal Virus. *Avian Disease*, v.33, p.35-41, 1989.

ROSS, J. G.; CHRISTIE, G.; HALLIDAY, W. G.; JONES, R. M. *Hematological and blood chemistry "comparison values" for clinical pathology in poultry*. *Veterinary Record* 1978, 102: 29-31.

ROSTAGNO, H.S. *Tabelas Brasileiras para aves e suínos. Composição de alimentos e exigências nutricionais*. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2011. 186p.

ROSTAGNO, H.S.; BÜNZEN, S.; ALBINO, L.F.T. Estratégias nutricionais para não-ruminantes em condições de estresse por calor. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 2006, João Pessoa, PB. *Anais...*, João Pessoa, PB: SBZ, 2006,(CD Rom).

ROTAVA, R.; ZANELLA, I.; KARKOW, A. K.; DULLIUS, A. P.; DA SILVA, L. P. D.; DENARDIN, C. C. Bioquímica sanguínea de frangos de corte alimentados com subprodutos da uva. *Agrarian*, v. 1, p. 91-104, 2008.

ROUTMAN, K. S.; YOSHIDA, L.; FRIZZAS DE LIMA, A. C.; MACARI, M.; PIZAURO JR, J. M. Intestinal and pâncreas enzyme activity of broilers exposed to thermal stress. *Brazilian Journal of Poultry Science*, v. 5, n. 1, p. 23-27, 2003.

SAHIN, K.; KUCUK, O.; SAHIN, N.; SARI, M. Effects of Vitamin C and Vitamin E on Lipid Peroxidation Status, Serum Hormone, Metabolite, and Mineral Concentrations of Japanese Quails Reared under Heat Stress (34° C). *International journal for vitamin and nutrition research*, v. 72, p. 91-100, 2002.

SAHIN, K.; KUCUK, O. Effects of vitamin C and vitamin E on performance, digestion of nutrients and carcass characteristics of Japanese quails reared under chronic heat stress (34 C). *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, v. 85, p. 335-341, 2001.

SAKOMURA, N. K.; LONGO, F. A.; BÔA-VIAGEM, C.; WATANABE, K.; PELÍCIA, K.; FREITAS, 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, p. 1758-1767, 2004.

SAKOMURA, N. K. Modeling energy utilization in broiler breeders, laying hens and broilers. *Revista Brasileira de Ciencia Avicola*, v. 6, p. 1-11, 2004.

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

SANDERCOCK, D. A.; HUNTER, R. R.; NUTE, G. R.; MITCHELL, M. A.; HOCKING, P. M. Acute heat stress-induced alterations in blood acid–base status and skeletal muscle membrane integrity in broiler chickens at two ages: implications for meat quality. *Poultry Sciences*, v.80, p. 418–425, 2001.

SCHMIDT, E.; LOCATELLI-DITTRICH, R.; SANTIN, E.; PAULILLO, A. C. Patologia clínica em aves de produção – uma ferramenta para monitorar a sanidade avícola. *Archives of Veterinary Science*.v. 12, p. 9-20, 2007.

SIBBALD, I.R. A bioassay for true metabolizable energy in feedstuffs. *Poultry Science*, v.55, p.303-308, 1976.

SIBBALD, I.R. Measurement of bioavailable energy in poultry feedingstuffs: a review. *Canadian Journal of Animal Science*, v.62, p.983-1048, 1982.

SIBBALD, I.R.; MOORSE, P.M. Provision of supplemental feed and the application of nitrogen correction in bioassays for true metabolisable energy. *Poultry Science*, v.62, p.1587-1605, 1983.

SOUZA, M. G. D.; OLIVEIRA, R. F. M. D.; DONZELE, J. L.; MAIA, A. P. D. A.; BALBINO, E. M.; OLIVEIRA, W. P. D. Use of vitamins C and E on ration for broilers kept in high temperature environment. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 40, p. 2192-2198, 2011.

SWENNEN, Q.; JANSSENS, G. P. J.; DECUYPERE, E.; BUYSE, J. Effects of substitution between fat and protein on feed intake and its regulatory mechanisms in broiler chickens: energy and protein metabolism and diet-induced thermogenesis. *Poultry Science*, v. 83, p. 1997-2004, 2004.

SWENNEN, Q.; VERHULST, P. J.; COLLIN, A.; BORDAS, A.; VERBEKE, K.; VANSANT, G.; DECUYPERE, E.; BUYSE, J. Further investigations on the role of diet-induced thermogenesis in the regulation of feed intake in chickens: Comparison of adult

cockerels of lines selected for high or low residual feed intake. *Poultry Science*. v. 86, p. 1960–1971. 2007.

SWENSON, M; REECE, W. O. *Dukes Fisiologia dos animais domésticos*. Cornell University Press. 1996.

TACHIBANA, T.; MORIYAMA, S.; KHAN, M. S. I.; SAKAMOTO, T. Central administration of prolactin-releasing peptide shifts the utilities of metabolic fuels from carbohydrate to lipids in chicks. *Physiology and Behavior*, v. 120, p. 40–45, 2013.

TACHIBANA, T.; OIKAWA, D.; ADACHI, N.; BOSWELL, T.; FURUSE, M. Central administration of alpha-melanocyte-stimulating hormone changes lipid metabolism in chicks. *Comparative Biochemistry and Physiology*. v. 148, 408–412. 2007.

TEETER, R. G.; SMITH, M. O.; OWENS, F. N.; ARP, S. C.; SANGIAH, S.; BREAZILE, J. E. Chronic heat stress and respiratory alkalosis: occurrence and treatment in broiler chicks. *Poultry Science*, v. 64, p.1060-1064, 1985.

TESSARI, E. N. C.; OLIVEIRA, C. A. F.; CARDOSO, A. L. S. P.; LEDOUX, D. R.; ROTTINGHAUS, G. Parâmetros hematológicos de frangos de corte alimentados com ração contendo aflatoxina B1 e fumonisina B1. *Ciência rural*, v. 36, p. 924-929, 2006.

THRALL, M. A. Hematologia e bioquímica clinica veterinária. São Paulo: Roca, 2007, 582p.

THRALL, M.A.; WEISER, G.; ALLISON, R.W.; CAMPBELL, T.W. *Veterinary hematology and clinical chemistry*. 2. Ed. Ames: Wiley-Blackwell, 2012. 776p.

TOGHYANI, M.; TOGHYANI, M.; SHIVAZAD, M.; GHEISARI, A.; BAHADORAN, R. Chromium supplementation can alleviate the negative effects of heat stress on growth performance, carcass traits, and meat lipid oxidation of broiler chicks without any adverse impacts on blood constituents. *Biological trace element research*, v. 146, p. 171-180, 2012.

VAN DER KLIS, J.D.; KWAKERNAAK, C. Energy evaluation in poultry: towards a net energy system? In: *Conference sponsors*. 2008. p. 98.

VAN MILGEN, J.; NOBLET, J.; DUBOIS, S. Energetic efficiency of starch, protein and lipid utilization in growing pigs. *The Journal of nutrition*, v. 131, n. 4, p. 1309-1318, 2001.

VASCONCELLOS, C.H.F. *Redução do teor de proteína bruta em dietas suplementares ou não com l-glicina para frangos de corte*. Tese (Doutorado em Zootecnia). Universidade Federal de Minas Gerais, 2009.

VIEIRA, S.L.; RIBEIRO, A.M.L.; KESSLER, A.M., FERNANDES, L.M.; EBERT, A.R.; EICHNER G. Utilização da energia de dietas para frangos de corte formulados com óleo ácido de soja. *Revista Brasileira de Ciência Avícola*, v.4, p.1-13, 2002.

WARPECHOWSKI, M. B.; CARRÉ, B.; DUBOIS, S.; VAN MILGEN, J.; NOBLET, J. Energy utilization and heat production in male broilers fed normal or high fat diets. *Revista Brasileira de Ciência Avícola*, Campinas, v.6, n.1, 2004. (Errata prêmio Lammas).

WINTROBE, M.M. Variations in the size and hemoglobin content of eritrocytes in blood of various vertebrates. *Folia Haematology*, v.51, p.31, 1933.

WOLYNETZ, M.S.; SIBBALD, I.R. Need for comparative slaughter experiments in poultry research. *Poultry Science*, v. 66, p.1961-1972, 1987.

YAHAV, S.; STRASCHNOW, A.; PLAVNIK, I.; HURWITZ, S. Blood system response of chickens to changes in environmental temperature. *Poultry Science*, v. 76, p. 627-633, 1997.

YUNianto, V. D.; HAYASHIT, K.; KAIWDA, S.; OHTSUKA, A.; TOMITA, Y. Effect of environmental temperature on muscle protein turnover and heat production in tube-fed broiler chickens. *British Journal of Nutrition*, v.77, p.897-909, 1997.

ZEMAN, M.; BUYSE, J.; HERICHOVA, I.; DECUYPERE, E. Melatonin decreases heat production in female broiler chickens. *Acta Veterinaria Brno*, v. 70, p. 15–18. 2001.

ZUPRIZAL; LARBIER, M; CHAGNEAU, A. M.; GERAERT, P. A. Influence of ambient temperature on true digestibility of protein and amino acids of rapeseed and soybean meals in broilers. *Poultry Science*, v.72, p.289-295, 1993.