

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CAMPUS DE JABOTICABAL**

**INFLUÊNCIA DO CONDICIONAMENTO TÉRMICO
PRECOCE E DO FOTOPERÍODO DIÁRIO SOBRE O
DESEMPENHO E A TOLERÂNCIA TÉRMICA DE
FRANGOS DE CORTE EM FASE FINAL DE CRIAÇÃO**

Bruno Serpa Vieira

Médico Veterinário

**JABOTICABAL – SÃO PAULO - BRASIL
2008**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CAMPUS DE JABOTICABAL**

**INFLUÊNCIA DO CONDICIONAMENTO TÉRMICO
PRECOCE E DO FOTOPERÍODO DIÁRIO SOBRE O
DESEMPENHO E A TOLERÂNCIA TÉRMICA DE
FRANGOS DE CORTE EM FASE FINAL DE CRIAÇÃO**

Bruno Serpa Vieira

Orientador: Prof. Dr. Renato Luis Furlan

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP, campus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Zootecnia

**Jaboticabal – SP
Julho de 2008**

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

BRUNO SERPA VIEIRA – nascido na cidade de Santo André - SP, aos 19 de setembro de 1981, ingressou na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP, campus de Jaboticabal em fevereiro de 2001, colando grau de Médico Veterinário em Janeiro de 2006. Em março do mesmo ano iniciou o curso de Mestrado pelo Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da mesma instituição, submetendo-se ao Exame Geral de Qualificação em Maio de 2008. Atualmente ocupa o cargo de Médico Veterinário Sanitarista de Perus de Corte pela Perdigão Agroindustrial SA, unidade de Mineiros – GO.

**“Se quiser derrubar a árvore na metade do tempo,
passe o dobro do tempo amolando o machado”**

Provérbio Chinês

Aos meus grandes professores, **José Clóvis e Maria do Carmo**, cujos esforços nunca foram medidos no decorrer desta jornada. Por seu carinho e incentivo constantes,

DEDICO

AGRADECIMENTOS

. Ao professor Renato Luis Furlan, pela valiosa amizade, incentivo e ensinamentos durante todos os anos de convivência

. Aos amigos e “parceiros de viagem” Aiani Maria Vaz, Gustavo Henrique Piva, Karoll Andrea Alfonso Torres, Lílian Francisco Arantes de Souza, Livia Pegoraro Espinha e Miguel Frederico Fernandez Alarcon pelo companheirismo e auxílio em todos os momentos

. Aos grandes companheiros Fabrício Hada e Janaína Della Torre pela preciosa colaboração e amizade

. Aos amigos Euclides Roberto Secato e Orandi Mateus pelo apoio nas horas de precisão e pelos grandes momentos de descontração e entusiasmo

. Aos amigos Daniel Emygdio de Faria Filho, Daniel Mendes Borges Campos e Paulo Sérgio Rosa por todos os ensinamentos e “desensinamentos”

. Aos “meio-irmãos” Deny Munary e Eliana Gazoto por todos os anos de amizade e apoio

. À toda equipe do setor de Agropecuária da Perdigão Agroindustrial SA, unidade de Mineiros / GO, em especial aos membros André Testolin, Humberto Schiffer Cury, Marlon Guzzi de Andrade e Mauro Sérgio Sousa pelo apoio e compreensão nos momentos de ausência

. À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES pela bolsa de estudos concedida.

. À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo - FAPESP pela Bolsa de Estudos e Auxílio à Pesquisa concedidos (processos nºs 06/54905-0 e 06/59792-0).

SUMÁRIO

| | Página |
|---|--------|
| CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS | |
| Introdução | 1 |
| Revisão de literatura | 4 |
| O calor na produção de frangos de corte | 4 |
| O processo de adaptação ao calor | 7 |
| Objetivos gerais e específicos | 13 |
| CAPÍTULO 2 - RESPOSTAS INDUZIDAS PELO CONDICIONAMENTO TÉRMICO PRECOCE E PELO FOTOPERÍODO DIÁRIO EM FRANGOS DE CORTE: DESEMPENHO, COMPOSIÇÃO QUÍMICA DA CARÇAÇA E BALANÇO HÍDRICO DURANTE A SEMANA FINAL DE CRIAÇÃO | |
| Resumo | 14 |
| Introdução | 15 |
| Material e métodos | 17 |
| Resultados e discussão | 20 |
| Conclusões | 27 |
| CAPÍTULO 3 - METABOLISMO ENERGÉTICO E RESPOSTAS FISIOLÓGICAS INDUZIDAS PELO CONDICIONAMENTO TÉRMICO PRECOCE EM FRANGOS DE CORTE CRIADOS SOB DIFERENTES FOTOPERIODOS DIÁRIOS | |
| Resumo | 28 |
| Introdução | 29 |
| Material e métodos | 31 |
| Resultados e discussão | 35 |
| Conclusões | 45 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 46 |

INFLUÊNCIA DO CONDICIONAMENTO TÉRMICO PRECOCE E DO FOTOPERÍODO DIÁRIO SOBRE O DESEMPENHO E A TOLERÂNCIA TÉRMICA DE FRANGOS DE CORTE EM FASE FINAL DE CRIAÇÃO

RESUMO – Com o objetivo de avaliar a real eficácia do condicionamento térmico precoce em condições de campo, bem como elucidar as respostas adaptativas relacionadas à maior tolerância ao calor, 600 pintainhos de corte machos, da linhagem Cobb-500[®], foram distribuídos em um delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 2X2, sendo os fatores processo de adaptação ao calor (controle e condicionamento térmico) e programa de luz (contínuo e intermitente). Aves condicionadas ao calor ou expostas à luminosidade intermitente ingeriram maior quantidade de água durante todo período de desafio térmico; no entanto, somente o programa de fornecimento intermitente de luz foi eficiente em reduzir a mortalidade final das aves. De fato, frangos submetidos à luminosidade intermitente apresentaram menor relação heterófilo: linfócito ao final do período de criação e ainda concentração plasmática de T4 e temperatura interna menores no início do período de estresse térmico. Frangos condicionados ao calor não apresentaram alteração na composição química da carcaça; porém, a deposição protéica das aves submetidas ao programa de fornecimento intermitente de luminosidade foi reduzida. Tais resultados evidenciam aparente ineficácia do processo de condicionamento térmico precoce em reverter os efeitos deletérios da exposição crônica e cíclica ao calor na fase final de criação. Entretanto, a adoção de um programa de fornecimento intermitente de luminosidade mostrou-se benéfica à maximização da tolerância das aves ao calor.

Palavras-Chave: adaptação epigenética, estresse térmico, programa de luz

EFFECTS OF EARLY AGE THERMAL CONDITIONING AND LIGHTENING SCHEDULE ON BROILER PERFORMANCE AND HEAT TOLERANCE

SUMMARY – In order to evaluate the real efficacy of early age thermal conditioning in field conditions and clarify the physiological responses related to greater heat tolerance, 600 male broiler chicks were distributed in a 2X2 factorial design, with the factors - heat adaptation (control and heat conditioning) and light schedule (continuous and intermittent). Heat-conditioned and intermittent-light-exposed broilers drank more water during the final week of experiment; however, only the intermittent light program reduced flock mortality level significantly. In fact, intermittent-light-exposed broilers showed lower T4 plasmatic concentration and body temperature at the beginning of the heat-stress period and reduced heterophil to linfocyte ratio at the end of thermal challenge. Their carcass protein deposition at 42 days was decreased too. These results allow concluding that early age thermal conditioning seems to be inefficient on reducing the impact of chronic and cyclical heat exposure at marketing age. However, intermittent light program improve broiler heat tolerance.

Key words: epigenetic adaptation; heat stress; lightening schedule

CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS

INTRODUÇÃO

A avicultura de corte é um dos ramos da produção animal que mais se destaca no cenário mundial. A grande aceitabilidade da carne de aves, cujo consumo praticamente não enfrenta restrições de ordem ética ou religiosa, tem impulsionado o crescimento quase que constante de sua produção ao longo das últimas décadas. Fenômeno relativamente recente neste contexto é a consolidação da indústria avícola em países de clima tropical e subtropical, locais estes onde a taxa de remuneração da atividade tem se mostrado sensível às médias elevadas de temperatura ambiente. A exposição crônica ao calor reduz significativamente o desempenho das aves, além de elevar abruptamente a taxa de mortalidade final do plantel (ARJONA *et al.*, 1988; LOTT, 1991).

Diante deste panorama, fica evidente a necessidade de se buscar alternativas que efetivamente reduzam o impacto da alta temperatura ambiente sobre o nível de produtividade do frango de corte. Para tanto, diferentes propostas estão sendo estudadas: o desenvolvimento de mecanismos mais eficientes e viáveis para o resfriamento de galpões (ERNST, 1995), a introdução de linhagens mais resistentes nos programas de melhoramento genético (MERAT, 1986), a adequação dos níveis nutricionais da dieta à temperatura de criação (DALE & FULLER, 1979; BRAKE *et al.*, 1998; FARIA FILHO, 2003 e 2006), a restrição alimentar (ZULKIFLI *et al.*, 2000; YALCIN *et al.*, 2001) e a aclimação (SYKES & FATAFTAH, 1986; ARJONA *et al.*, 1988; WANG & EDENS, 1998) são apenas alguns exemplos. No entanto, levando-se em conta a alta demanda por recursos financeiros e o longo período necessário à efetiva implantação de determinadas propostas, despertam cada vez maior interesse no meio científico as medidas relacionadas com a manipulação da dieta e dos processos adaptativos das aves ao calor.

Como todo animal homeotérmico, as aves apresentam uma determinada faixa de temperatura corpórea na qual todo seu metabolismo permanece em equilíbrio. Esta temperatura é regulada de acordo com o “set point” fisiológico, um referencial endógeno para ativação dos mecanismos de perda ou produção de calor, através dos quais a homeostasia interna é mantida mesmo frente a uma temperatura ambiente inóspita. No entanto, sob condições extremas de calor a ativação exclusiva dos mecanismos de perda de calor não é suficiente para manutenção da temperatura corpórea dentro dos limites fisiológicos, sendo o nível de tolerância ao calor nas espécies aviárias aparentemente mais relacionado à sua capacidade de redução na produção endógena de calor (NICHELMANN & TZSCHENTKE, 2002). Frente ao exposto, parece-nos plausível pensar que um maior grau de resistência a temperaturas elevadas pode ser atingido por meio da correta modulação do “set point” fisiológico da ave.

Apesar de ser uma característica herdada geneticamente, o “set point” pode ser influenciado por inúmeros fatores - patológicos ou não, endógenos ou exógenos. Alguns pesquisadores têm demonstrado que a exposição precoce ao calor, durante o período inicial e de crescimento, pode atuar como um destes fatores, promovendo um aumento real na tolerância das aves ao calor na fase final de criação (ARJONA *et al.*, 1988; YAHAV & HURWITZ, 1996; YAHAV & PLAVNIK, 1999; DE BASÍLIO *et al.*, 2001; NICHELMANN, 2004). No entanto, dúvidas ainda persistem no que diz respeito ao exato mecanismo de ação deste procedimento e sua viabilidade em condições de campo.

Na produção de frangos de corte, certamente, a vertente mais conhecida deste procedimento é o que chamamos de processo de aclimação ao calor. Esta técnica consiste na criação das aves sob temperatura pouco acima de sua faixa de termoneutralidade durante todo período inicial e de crescimento, garantindo assim uma maior adaptação do organismo ao calor e, conseqüentemente, menor índice de mortalidade final por estresse térmico. No entanto, frangos aclimatados ao calor apresentam redução significativa no ganho de peso final como resultado direto da diminuição no consumo alimentar e maior gasto energético para

manutenção. Como alternativa para este entrave surgiu a técnica de condicionamento térmico, que consiste em uma exposição única a temperaturas extremas (35 a 38°C) por cerca de 24 horas, entre o terceiro e o quinto dia de vida. Tal exposição atuaria como um fator epigenético (NICHELMANN, 2004), induzindo uma “memória fisiológica” no organismo que passaria então a responder menos intensamente frente a uma nova exposição ao calor. Adicionalmente, por ser uma técnica aplicada numa fase bastante precoce do desenvolvimento da ave, garantiria período suficiente para compensação de seu efeito deletério sobre o desempenho, não exercendo assim influência negativa sobre as variáveis zootécnicas ao abate.

REVISÃO DE LITERATURA

O calor na produção de frangos de corte

A temperatura ambiente influencia de maneira significativa o metabolismo energético do frango de corte, podendo atuar como fator decisivo para o bom desempenho final do lote. Levando-se em conta apenas a temperatura de criação, FURLAN & MACARI (2002) explicam que o mínimo custo energético para manutenção é atingido quando a temperatura ambiente se encontra dentro da faixa de termoneutralidade para o animal, uma vez que fora destes limites o requerimento em energia para produção ou perda de calor se eleva. SAKOMURA *et al.* (2005) ilustrou esta situação de maneira bastante clara ao evidenciar o desvio de parte da energia líquida que seria destinada à produção para os mecanismos de perda de calor.

Segundo o GLOSSARY OF TERMS FOR THERMAL PHYSIOLOGY (2001), podemos definir estresse térmico como qualquer variação na relação entre temperatura de conforto e temperatura ambiente que, caso não seja compensada por mecanismos regulatórios, resulte em hipo ou hipertermia. Na produção de frangos de corte, esse termo normalmente traz embutida a idéia de calor - primeiro por ser este o desafio térmico mais freqüentemente observado nas granjas; segundo por causar, ao menos visualmente, maior desconforto às aves do que o frio.

Durante a exposição ao calor, os mecanismos termorregulatórios dos frangos são ativados em uma seqüência comum a muitas espécies aviárias. Inicialmente há um aumento na freqüência respiratória como tentativa de manter a temperatura interna através da perda de calor evaporativo (NICHELMANN & TZSCHENTKE, 2002). Num segundo momento, alterações no sistema cardiovascular como vasodilatação periférica e diminuição da freqüência cardíaca entram em ação visando reduzir a resistência periférica do sistema circulatório e facilitar a dissipação de calor pelas extremidades corpóreas (DARRE & HARRISON, 1987; FURLAN & MACARI, 2002). Por fim, caso a temperatura

interna da ave continue aumentando de maneira significativa, sua taxa de metabolismo basal é reduzida gradativamente no intuito de minimizar a produção endógena de calor (NICHELMAN & TZSCHENTKE, 2002).

De acordo com o conceito de fracionamento da energia bruta do alimento podemos definir a produção endógena de calor como a somatória do gasto energético para manutenção com o incremento calórico da dieta. Desta forma, reduzir a ingestão de alimento em ambientes quentes é uma resposta imediata e extremamente eficiente do organismo, pois diminui de maneira direta a produção de calor endógeno relacionado ao metabolismo da ingesta. Embora fisiologicamente este comportamento seja interessante para manutenção da homeostasia do animal, sob o aspecto zootécnico o menor consumo alimentar é extremamente prejudicial à ave. Como consequência direta da restrição alimentar menor quantidade de nutrientes encontra-se disponível para o organismo, que responde reduzindo sua taxa de crescimento e nível de produtividade. Quantificando esta redução de consumo em frangos criados dentro do intervalo de 22 a 32°C, BONNET *et al.* (1997) observaram uma queda média de três pontos percentuais a cada grau de elevação na temperatura ambiente.

Trabalhando com frangos de corte machos distribuídos em esquema de alimentação equivalente ou “pair feeding”, FARIA FILHO (2006) observou que aves expostas a 32°C, dos 21 aos 42 dias de idade, reduzem o ganho de peso em cerca de 28% quando comparadas às criadas em ambiente termoneutro. Particionando este efeito total da exposição ao calor o autor concluiu que aproximadamente 60% do pior ganho de peso ocorreu por consequência direta da redução no consumo de ração. Em trabalho semelhante, porém iniciando o período de estresse térmico aos 28 dias, AIN BAZIZ *et al.* (1996) atribuíram 53% da redução no ganho de peso ao efeito da restrição alimentar.

Embora seja evidente a maior participação da restrição alimentar na redução do ganho de peso em frangos estressados pelo calor, o efeito direto da temperatura ambiente sobre a fisiologia da ave também afeta de maneira significativa suas variáveis produtivas. BONNET *et al.* (1997) descreveram piora

na digestibilidade da matéria seca, proteína bruta, amido e extrato etéreo dietéticos por efeito direto da exposição a 32°C. Explicação para tais achados foi proposta por HAR *et al.* (2000), cujos resultados indicaram menor atividade de enzimas digestivas, como a tripsina e a α -amilase, em frangos estressados pelo calor. A abordagem em “pair feeding” deste experimento permitiu aos autores outra conclusão bastante interessante: embora em pequena intensidade, a restrição alimentar imposta pela exposição ao calor melhora a digestibilidade de todos os nutrientes da dieta. A ocorrência de efeitos antagônicos como estes é uma das justificativas para a dificuldade que encontramos em prever com exatidão a resposta das aves frente ao desafio térmico, além de ser a causa de muitos dos resultados discrepantes apresentados na literatura.

Outro problema importante relacionado à criação de frangos em temperatura elevada é a alteração da composição química de suas carcaças. Frangos expostos ao calor durante o período de 21 a 49 dias de idade tendem a depositar mais gordura e menos proteína (CHENG *et al.*, 1997a, b), resultado direto da associação entre baixo metabolismo basal e pouca atividade física (AIN BAZIZ *et al.*, 1996). Reduzir a movimentação durante períodos quentes é uma forma interessante de se diminuir a produção de calor endógeno relacionada ao trabalho muscular, no entanto, diminui também o gasto energético do animal que passa então a depositar mais gordura. Além disto, a exposição ao calor também promove menores níveis plasmáticos de triiodotironina (GERAERT *et al.*, 1996; URBANO, 2005) e maiores de corticosterona (EDENS & SIEGEL, 1975), ambos hormônios reguladores do metabolismo energético animal.

Sumarizando o que vimos até este ponto, podemos dizer que a exposição crônica ao calor induz uma série de respostas orgânicas, específicas ou não. De uma maneira geral estas respostas levam à completa ativação dos mecanismos de perda de calor e, posteriormente, à expressão de comportamentos que proporcionem redução na produção endógena de calor. Esta situação, embora garanta a manutenção da homeostase orgânica por algum tempo, acaba por prejudicar as características zootécnicas da ave, gerando grandes prejuízos à

cadeia produtiva. Sabemos, porém, que a adaptação prévia do organismo ao fator estressante muitas vezes reduz sua intensidade de resposta frente ao desafio (BUCHANAN, 2000), proporcionando um balanço mais adequado na relação entre integridade orgânica e nível de produtividade. Foi baseado neste conceito que se desenvolveram as técnicas de adaptação ao calor e é com o foco nesta direção que prosseguiremos nossa discussão.

O processo de adaptação ao calor

O período pós-eclosão do pintainho é definido por muitos como uma fase de transição, na qual a maturação da maioria dos sistemas orgânicos o prepara para enfrentar o ambiente externo ao ovo de maneira efetiva. O aprimoramento das estruturas responsáveis pela digestão e absorção dos nutrientes dietéticos, o desenvolvimento de um sistema imune competente e o refinamento dos mecanismos termorregulatórios são alguns exemplos de acontecimentos importantes e essenciais desta fase, os quais só ocorrem de maneira eficiente após a apresentação do organismo a estímulos específicos. Assim, melhor do que uma fase de transição podemos denominar os primeiros dias de vida do pintainho como um período crítico (TZSCHENTKE & PLAGEMANN, 2006), no qual determinados fatores externos e internos precisam entrar em sintonia para a adaptação do organismo às condições de vida fora do ovo.

Três diferentes níveis de adaptação orgânica foram propostos por NICHELMANN & TZSCHENTKE (2002): genético, fenotípico e epigenético. Adaptação genética refere-se a todas as características morfológicas, fisiológicas e bioquímicas do organismo que se incorporam ao genótipo do animal, sendo assim transmissíveis a seus descendentes. De uma maneira geral, tais características representam o potencial de adaptação do organismo ao ambiente. Adaptação fenotípica, por outro lado, pode ser definida como a somatória das alterações orgânicas induzidas pela interação entre o genótipo do animal e o meio externo, caracterizando uma espécie de ajuste fino da adaptação genotípica por

meio da modulação das frequências de expressão gênica. Este tipo de adaptação acontece durante toda a vida da ave e apresenta a função primária de capacitá-la a sobreviver frente às condições momentâneas do meio que a circunda. Por outro lado, quando o processo adaptativo envolve alterações orgânicas relacionadas ao preparo do organismo para um ambiente futuramente esperado estamos falando do mecanismo epigenético de adaptação. Assim como a adaptação fenotípica, a adaptação epigenética não é fixada geneticamente, sendo caracterizada principalmente por alterações na taxa de expressão gênica (NICHELMANN & TZSCHENTKE, 2002). No entanto, diferentemente da fenotípica - que acontece durante toda a vida do animal - a adaptação epigenética limita-se a períodos específicos de seu ciclo de vida. Desta forma, a ausência de um estímulo epigenético no momento adequado bloqueia o desenvolvimento deste tipo de adaptação.

A criação de frangos em temperatura superior ao limite de termoneutralidade proporciona maior resistência ao calor (REECE *et al.*, 1972; MAY *et al.*, 1986; MAY *et al.*, 1987; ARJONA *et al.*, 1988). Tal fenômeno, denominado na literatura de aclimatação, nada mais é do que um processo adaptativo relacionado às respostas orgânicas despendidas pela ave para manter a homeostase corpórea durante a exposição crônica ao calor (WIERNUSZ & TEETER, 1996). No entanto, concomitantemente com a maior tolerância a temperaturas elevadas, a aclimatação induz significativa redução no ganho de peso das aves, consequência direta da maior demanda energética imposta pelos mecanismos de perda de calor e do menor consumo de ração durante todo seu ciclo de vida (YAHAV & McMURTRY, 2001).

Assim, como alternativa para este entrave, surgiu a técnica de condicionamento térmico precoce. Esta consiste em uma exposição única de 24 horas a temperaturas entre 35 e 38°C, durante a primeira semana de vida do pintainho. Neste período, embora o sistema termorregulatório da ave ainda não esteja completamente desenvolvido (NICHELMANN & TZSCHENTKE, 2002), seu organismo apresenta a capacidade de adquirir uma espécie de “memória

fisiológica” que lhe assegurará a expressão futura de uma maior tolerância ao calor. Desta forma, como vantagem em relação ao processo de aclimação, o condicionamento térmico disponibiliza à ave, até o momento do abate, período suficiente para compensação do menor ganho de peso imposto pela exposição precoce ao calor (GERAERT *et al.* 1996), havendo relatos inclusive de peso corpóreo superior no grupo condicionado em relação ao não-condicionado a partir dos 35 dias de vida (YAHAV & PLAVNIK, 1999). Por este motivo EMMANS & KYRIAZAKIS (2000), citados por YAHAV & McMURTRY (2001), postularam que o condicionamento térmico é o único fenômeno que possibilita o incremento de duas características de relação inversa: ganho de peso e tolerância térmica.

Neste ponto podemos fazer uma diferenciação importante entre condicionamento térmico precoce e aclimação. Enquanto o primeiro se caracteriza unicamente como um processo epigenético de adaptação, o segundo se enquadra basicamente no conceito fenotípico de adaptação. Sendo assim, não é admirável que aves aclimatadas apresentem maior grau de resistência ao calor que as condicionadas (YAHAV & McMURTRY, 2001); porém, para tanto pagam o alto preço do pior desempenho zootécnico.

Comprovando o aumento na tolerância térmica em frangos condicionados ao calor, ARJONA *et al.* (1988) obtiveram redução de até 93% na mortalidade de lotes submetidos a estresse por calor durante 8 horas diárias, aos 44 e 45 dias, quando as aves foram previamente expostas às mesmas temperaturas durante o quinto dia de vida. Em trabalho semelhante, porém submetendo os frangos a estresse crônico por calor aos 43 e 44 dias de idade, ARJONA *et al.* (1990) relataram redução de 78% na mortalidade de aves condicionadas durante o quinto dia de idade. Resultados semelhantes, porém menos impactantes, foram encontrados por YAHAV & PLAVNIK (1999), com redução de 28% na taxa de mortalidade.

É sabido que frangos aclimatados a altas temperaturas apresentam menores valores de produção de calor, frequência cardíaca e temperatura corporal quando comparados a frangos não aclimatados. Expressam ainda frequência

respiratória superior às aves não-aclimatadas quando desafiadas, porém tais achados são inconsistentes em trabalhos com condicionamento térmico. ZHOU *et al.* (1997) relataram menor temperatura abdominal durante o período de re-exposição ao calor em frangos condicionados no quinto dia. No entanto, ARJONA *et al.* (1990) não encontraram diferença nas temperaturas corporal e superficial de frangos condicionados ou não-condicionados no período de re-exposição e sugeriram que os mecanismos fisiológicos envolvidos no condicionamento térmico parecem ser diferentes daqueles relacionados ao processo de aclimação, uma vez que aparentemente não envolvem alteração do “set point” fisiológico da ave.

RUDAS & PETHES (1984) concluíram que o ritmo de conversão de tiroxina (T_4) em triiodotironina (T_3) é essencial na fase inicial de aclimação, uma vez que os hormônios tireoideanos aumentam o consumo de oxigênio e a produção de calor endógeno (TAKAHASHI *et al.*, 2005). Por outro lado, MAY *et al.* (1986) sugeriram que a aclimação não altera os níveis circulantes de hormônios tireoideanos e que possíveis mudanças poderiam ocorrer somente em nível tecidual. De fato, YAHAV & PLAVNIK (1999) relataram redução no nível plasmático de T_3 logo após o período de condicionamento e aos 42 dias, imediatamente após exposição a 35°C por 6 horas. BOWEN *et al.* (1984), ajustando seus resultados em função do peso da ave, corroboraram os achados anteriores ao reduzirem o tempo de sobrevivência de frangas expostas a 50°C pela injeção de T_4 imediatamente antes do desafio térmico.

Buscando ainda elucidar os mecanismos envolvidos no aprimoramento da tolerância ao calor, LOTT (1991) propôs que a elevação na capacidade de consumo de água parece ser o principal componente envolvido no processo de aclimação a temperaturas elevadas. Frangos em ambiente quente perdem acentuada quantidade de água através dos mecanismos evaporativos de perda de calor, característica que além de provocar um descontrole no balanço hídrico do animal, pode interferir de maneira direta sobre seu hematócrito, um dos fatores que mais afetam a viscosidade sanguínea e a capacidade de perda de calor sensível para o ambiente (FURLAN & MACARI, 2002). É certo que este

incremento na perda de água em situações de estresse térmico muitas vezes não é acompanhado por aumento proporcional no consumo da mesma, no entanto, ainda assim são comuns os relatos de redução na viscosidade sanguínea de frangos expostos a altas temperaturas. Segundo ZHOU *et al.* (1997), a amplitude desta variação é significativamente maior nas aves adaptadas ao calor.

Outra variável comumente avaliada nos trabalhos envolvendo condicionamento térmico é o consumo de ração das aves. YAHAV & HURWITZ (1996) relataram redução no consumo de ração e piora na conversão alimentar durante a primeira semana de vida em pintainhos condicionados, porém, seu consumo de ração durante todo período experimental foi significativamente maior do que o do grupo não-condicionado. Ao obterem resultados semelhantes em lote de frangos condicionado ao calor durante o terceiro dia de vida, UNI *et al.* (2001) concluíram que alterações na dinâmica das células da mucosa intestinal possivelmente são responsáveis por tais achados, sendo que o ganho de peso compensatório observado a partir da segunda semana de vida é acompanhado de desenvolvimento acentuado da mucosa intestinal e aumento proporcional no consumo de ração.

Diante deste panorama, não é raro encontrar na literatura indicações da técnica de condicionamento térmico precoce como uma das possíveis alternativas para minimizar os efeitos adversos do grande entrave relacionado à produção de frangos de corte em países de clima quente: a exposição crônica ao calor moderado durante a fase final de criação. Entretanto, levando-se em conta as altas temperaturas (35-38°C) e o curto período de tempo utilizado por grande parte dos autores no momento de re-exposição das aves ao calor (ARJONA *et al.*, 1988; YAHAV & HURWITZ, 1996; YAHAV & PLAVNIK, 1999; ZHOU *et al.*, 1997; BASILIO *et al.*, 2001; YAHAV & MCMURTRY, 2001), parece-nos plausível pensar que o condicionamento térmico precoce é mais eficiente em preparar a ave para suportar melhor a exposição aguda ao calor extremo. Em termos práticos, somente em situações emergenciais tais temperaturas são encontradas em condições de campo.

De outra maneira, a maior parte dos estudos de condicionamento térmico precoce ou não citam o programa de luz utilizado (MAY, 1995; YAHAV & HURWITZ, 1996; YAHAV *et al.*, 1997; YAHAV & McMURTRY, 2001) ou foram desenvolvidos com fornecimento contínuo de luz (ARJONA *et al.*, 1988; ARJONA *et al.*, 1990; YAHAV & PLAVNIK, 1999; UNI *et al.*, 2001). Atualmente, devido sua relação com altas taxas de mortalidade final e maior incidência de problemas locomotores, os programas de fornecimento contínuo de luz têm sido substituídos pelos intermitentes, já a partir do terceiro ou quarto dia de idade. Outrossim, especula-se que aves criadas em programa intermitente de luz sejam capazes de regular melhor seu ritmo diário de consumo de ração, reduzindo-o nos horários mais quentes e maximizando-o nos períodos mais frescos, diminuindo a produção de calor durante os horários críticos e melhorando, assim, seu desempenho final (DAGHIR, 1995).

No geral, os autores relatam redução no ganho de peso nos primeiros dias após a imposição do programa intermitente de luz, seguida de um período de ganho de peso compensatório e aumento no consumo de ração, com peso final aos 42 dias igual (BUYSE *et al.*, 1996) ou superior ao grupo criado sob luminosidade contínua (OHTANI & LEESON, 2000). KETELAARS *et al.* (1986) relataram melhor conversão alimentar dos 7 aos 21 dias de idade em frangos criados em programa intermitente de luz e ainda menor produção de calor por quilo de peso metabólico. Tais constatações são coerentes com BUYSE *et al.* (1996), cujos resultados demonstraram ainda maior eficiência de retenção de nitrogênio e menor deposição de gordura abdominal em frangos submetidos ao programa intermitente.

Entretanto, os estudos que relacionam o fornecimento intermitente de luz com o desempenho e a tolerância térmica de frangos foram desenvolvidos de forma a fornecer intervalos regulares de claridade e escuridão às aves durante as 24 horas do dia, o que não condiz com a realidade atual do sistema de criação de frangos no Brasil. Embora venha crescendo, em algumas regiões do país, o interesse pelos aviários “dark house”, em sua maioria nossos galpões ainda

apresentam o sistema positivo de pressão de ventilação. Mesmo nos casos em que um sistema de pressão negativa é adotado, cortinas laterais translúcidas são as mais comumente utilizadas, sendo assim aproveitada a luminosidade natural do dia e adotado um programa de fornecimento intermitente de luz somente durante o período noturno.

Objetivos gerais e específicos

Frente ao exposto, o objetivo deste trabalho foi estudar os efeitos do condicionamento térmico precoce e do programa de fornecimento de luz sobre variáveis produtivas e fisiológicas de frangos expostos ao calor no período final de criação. Para tanto, suas possíveis relações com o desempenho, características de carcaça, níveis plasmáticos dos hormônios tireoideanos, temperatura corpórea, perda de calor sensível e características físico-químicas do sangue foram avaliadas durante todo período de criação.

CAPÍTULO 2 – RESPOSTAS INDUZIDAS PELO CONDICIONAMENTO TÉRMICO PRECOCE E PELO FOTOPERÍODO DIÁRIO EM FRANGOS DE CORTE: DESEMPENHO, COMPOSIÇÃO QUÍMICA DA CARÇAÇA E BALANÇO HÍDRICO DURANTE A SEMANA FINAL DE CRIAÇÃO

RESUMO – Com o objetivo de avaliar o desempenho, as características de carcaça e o balanço hídrico de frangos de corte submetidos ao processo de condicionamento térmico precoce e alojados sob dois diferentes programas de fornecimento de luz, 600 pintainhos de corte machos da linhagem Cobb-500[®] foram distribuídos em um delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 2X2, sendo os fatores adaptação ao calor (controle e condicionamento térmico) e programa de luz (contínuo e intermitente). Frangos condicionados ao calor não apresentaram melhora no ganho de peso, consumo de ração, conversão alimentar, viabilidade de criação e fator de produção após exposição crônica e cíclica a 31,5°C durante a última semana de criação. Entretanto, o programa de fornecimento intermitente de luminosidade proporcionou redução significativa na mortalidade final do lote. A deposição de proteína e gordura na carcaça não foi afetada pelo processo de adaptação ao calor; porém, aves criadas sob luminosidade contínua depositaram maior quantidade de proteína bruta aos 42 dias de idade. Aves condicionadas ao calor ou expostas à luminosidade intermitente ingeriram maior quantidade de água durante todo período de desafio térmico. Tais achados permitem concluir que o processo de condicionamento térmico não é eficaz para reduzir os efeitos adversos da exposição crônica e cíclica ao calor moderado sobre as características zootécnicas do frango de corte; no entanto, a imposição de um programa de luminosidade intermitente aumenta a tolerância das aves à exposição aguda ao calor.

Palavras-Chave: balanço hídrico, estresse térmico, tolerância ao calor

INTRODUÇÃO

Reduzir o impacto negativo da exposição crônica ao calor sobre as características zootécnicas do frango de corte é um dos grandes desafios da avicultura moderna. Frente ao desconforto térmico, o organismo lança mão de mecanismos regulatórios que, embora sejam eficientes em garantir sua integridade por certo período, acabam por prejudicar os índices produtivos do plantel. Segundo BONNET *et al.* (1997), frangos submetidos a estresse por calor reduzem o consumo de ração em aproximadamente três pontos percentuais a cada grau de elevação na temperatura ambiente a partir de 22°C. Como consequência direta da menor ingestão de alimento, menor quantidade de nutrientes encontra-se disponível para a ave, que responde reduzindo sua taxa de crescimento e ganho de peso (ABU-DIEYEH, 2006 a,b; FARIA FILHO, 2006). Além disto, frangos estressados pelo calor passam a depositar quantidade excessiva de gordura na carcaça como resultado da associação entre baixo metabolismo basal e pouca atividade física (AIN BAZIZ *et al.*, 1996; CHENG *et al.*, 1997a, b), respostas adaptativas importantes relacionadas à redução na produção endógena de calor.

Desta forma, diminuir o impacto negativo da exposição ao calor sobre o frango de corte implica necessariamente em minimizar a intensidade de resposta de seu organismo frente ao desafio térmico, objetivo este que pode ser atingido por meio de um processo prévio de adaptação ao calor (BUCHANAN, 2000). Dentre as técnicas de adaptação ao calor relatadas na literatura, o condicionamento térmico precoce tem se destacado por promover, simultaneamente, melhores níveis de tolerância ao calor e de produtividade (YAHAV & PLAVNIK, 1999). Esta técnica proporciona ao organismo uma “memória fisiológica” ao calor (YAHAV & PLAVNIK, 1999; YAHAV & McMURTRY, 2001), obtida mediante a exposição única, por 24 horas ininterruptas, a temperaturas extremas. No entanto, por se enquadrar no conceito de adaptação epigenética (TZSCHENTKE & PLAGEMANN, 2006), a indução deste processo

adaptativo só é possível durante os primeiros dias de vida da ave, período no qual seu aparato termorregulatório encontra-se ainda em fase de modulação (FURLAN & MACARI, 2002).

A grande vantagem do condicionamento térmico precoce sobre as outras técnicas de adaptação ao calor reside na disponibilização de período suficiente para compensação da queda de desempenho imposta pela exposição precoce ao calor. De fato pesos corpóreos semelhantes (GERAERT *et al.* 1996) e até mesmo superiores ao grupo controle (YAHAV & PLAVNIK, 1999) têm sido descritos aos 42 dias em aves condicionadas durante o 3º ou 5º di a e re-expostas ao calor na fase final de criação. No entanto, a falta de padronização dos procedimentos experimentais entre os trabalhos disponíveis na literatura e as altas temperaturas utilizadas pelos pesquisadores durante o período de re-exposição ao calor dificultam a comparação efetiva de seus resultados e impedem a formulação de uma conclusão precisa quanto à real eficácia do condicionamento térmico precoce em condições de campo.

LOTT (1991) propôs que a elevação na capacidade de consumo de água parece ser o principal componente envolvido no processo de adaptação ao calor, uma vez que frangos em ambiente quente perdem acentuada quantidade de água através dos mecanismos evaporativos de perda de calor, característica que pode provocar grave descontrole no balanço hídrico do animal. Maior consumo de água realmente tem sido descrito em aves adaptadas ao calor (ARJONA *et al.*, 1990), porém, estudos relacionando especificamente o condicionamento térmico precoce com o consumo de água são escassos na literatura.

De outra forma, diferentes programas de fornecimento de luz são observados nos trabalhos envolvendo condicionamento térmico precoce em frangos de corte, o que pode interferir de maneira significativa sobre os resultados obtidos. Especula-se que aves criadas em programa intermitente de luz sejam capazes de regular melhor seu ritmo diário de consumo de ração, reduzindo-o nos horários mais quentes e maximizando-o nos períodos mais frescos, diminuindo

assim a produção de calor endógeno durante os horários críticos e melhorando seu desempenho final (DAGHIR, 1995).

Frente ao exposto, objetivou-se com este estudo avaliar o efeito do condicionamento térmico precoce e do fotoperíodo diário sobre o desempenho, balanço hídrico e composição da carcaça de frangos de corte submetidos a estresse crônico por calor na fase final de criação.

MATERIAL E MÉTODOS

Período pré-experimental

O experimento foi desenvolvido no setor de Avicultura da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP, campus de Jaboticabal. Para tanto, 600 pintainhos machos Cobb-500[®], de um dia de idade, foram pesados e distribuídos em dois grupos homogêneos (controle e condicionamento térmico). Os grupos foram alojados em duas diferentes câmaras climatizadas, mantidas dentro da zona de termoneutralidade recomendada pelo manual de criação da linhagem ($31 \pm 0,64 \text{ }^{\circ}\text{C}$ e $31 \pm 0,83 \text{ }^{\circ}\text{C}$, respectivamente). Durante esta etapa inicial as aves receberam ração e água de maneira irrestrita e foram submetidas a um programa de fornecimento contínuo de luz (23 horas de claridade/dia).

No início do terceiro dia, a temperatura da câmara climatizada do grupo “condicionamento térmico” foi gradativamente elevada a $35,5 \pm 1,0^{\circ}\text{C}$, condição em que se manteve por 24 horas e que consistiu no processo de condicionamento térmico. O tempo necessário para se atingir a temperatura desejada dentro da câmara foi de aproximadamente 45 minutos.

Decorridas as 24 horas, as aves passaram por uma seleção visual, sendo eliminadas aquelas com desenvolvimento tardio e problemas locomotores. Cada um dos grupos foi então subdividido em oito parcelas de 32 aves, distribuídas homogênea e aleatoriamente em duas diferentes câmaras climatizadas, mantidas em condição de termoneutralidade de acordo com a idade do lote (Figura 1).

Deste momento até o final do experimento cada câmara foi ajustada com um diferente programa de fornecimento de luz, sendo eles: contínuo (23 horas ininterruptas de claridade/dia) e intermitente (luz contínua das 5h15min até às 18h e, em seguida, períodos alternados de 45 minutos de escuro e uma hora de claridade até às 5h15min). Diante destas condições foram disponibilizadas às aves mais 72 horas como período de adaptação, iniciando-se assim o período experimental a partir do 7º dia de vida.

Período experimental

Durante todo período experimental, ao final de cada semana, todas as aves e comedouros foram pesados, determinando-se assim os índices zootécnicos médios de cada parcela experimental. Diariamente a mortalidade de cada repetição foi anotada e proporcionalmente descontada dos cálculos para obtenção da conversão alimentar.

No decorrer da semana final de experimento (35 a 42 dias), diariamente ambas as câmaras tiveram sua temperatura ambiente elevada a $31,5 \pm 1,0^{\circ}\text{C}$, condição em que se mantiveram por seis horas. Novamente, o intervalo até o estabelecimento da temperatura desejada dentro de cada câmara foi de aproximadamente 45 minutos, sendo que durante o restante do dia as aves foram mantidas dentro de sua zona de termoneutralidade. Impreterivelmente, todo o processo de adequação da temperatura interna das câmaras e exposição das aves ao calor foi ajustado para ocorrer dentro do período em que ambas se encontravam com as luzes acesas. Imediatamente antes do início e após o término do período de estresse térmico, aos 35 e 42 dias, uma ave por parcela experimental foi selecionada de acordo com seu peso médio e, após 24 horas de jejum alimentar, abatida e congelada inteira para posterior análise química.

Após serem descongeladas, moídas e pré-secas em estufa de ventilação forçada de ar (55°C por 72h), as carcaças foram trituradas em moinho de bola. Em seguida foram analisadas quanto ao teor de matéria seca (105°C por 12h), extrato etéreo (lavagem sucessiva com éter de petróleo em extrator Soxhlet) e proteína

bruta (método de micro-Kjeldahl). Todos os procedimentos foram realizados de acordo com SILVA & QUEIROZ (2002).

Ainda durante esta semana final, galões plásticos acoplados a bebedouros pendulares foram utilizados em todas as parcelas experimentais para se avaliar seu consumo de água. Desta forma foi possível determinar o balanço hídrico das aves, sendo a retenção de água obtida pela diferença em gramas entre a quantidade de água nas carcaças antes do início e após o término do período de desafio e a excreção de água, pela diferença entre o valor ingerido e o retido. A eficiência de retenção foi considerada como o quociente entre o valor retido e o ingerido.

Análise estatística

Todos os resultados obtidos foram analisados sob um delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 2X2, totalizando 4 tratamentos com 4 repetições de 32 aves cada. Os fatores analisados foram processo de adaptação ao calor (controle e condicionamento térmico) e programa de luz (contínuo e intermitente).

Os dados inicialmente foram verificados quanto à presença de valores discrepantes e testados quanto ao atendimento das pressuposições de homogeneidade das variâncias e normalidade dos erros studentizados. Uma vez atendidas tais pressuposições os mesmos foram submetidos à análise de variância pelo procedimento “General Linear Models” do pacote estatístico SAS®.

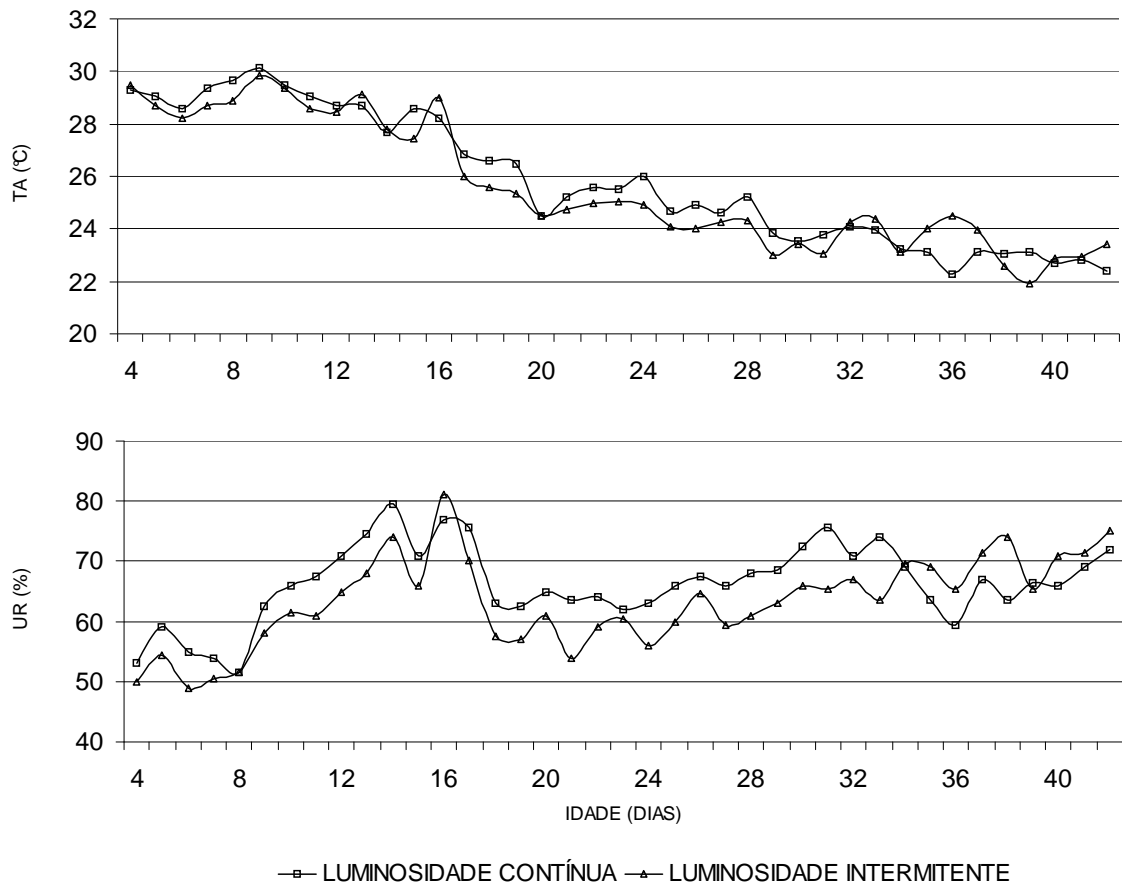


Figura 1 – Médias diárias de temperatura ambiente (TA) e umidade relativa (UR), dos 4 aos 42 dias de idade, aferidas às 7 e às 17 horas, em câmaras climatizadas sob programa contínuo ou intermitente de luminosidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não houve interação significativa entre processo de adaptação ao calor e programa de luz para nenhuma das variáveis analisadas. Assim, todos os resultados foram apresentados de maneira a demonstrar o efeito principal de cada fator sobre as variáveis avaliadas.

As variáveis de desempenho obtidas aos 35 e 42 dias de idade encontram-se, respectivamente, nas Tabelas 1 e 2. Não houve influência significativa do

processo de adaptação ao calor sobre o peso médio, ganho de peso, consumo de ração, viabilidade de criação e fator de produção aos 35 dias de vida; no entanto, pior conversão alimentar foi observada no grupo condicionado. Provavelmente esta resposta é reflexo ainda do aumento na demanda energética imposta pelos mecanismos adaptativos de controle da homeostase durante as 24 horas de exposição primária ao calor (SAKOMURA *et al.*, 2005) e demonstra ausência de período suficiente às aves para completa diluição dos efeitos adversos do condicionamento térmico precoce até este momento. De maneira contrária aos nossos resultados, YAHAV & PLAVNIK (1999) relataram peso corpóreo superior, a partir dos 35 dias de idade, em aves condicionadas durante o 5º dia; no entanto, nenhuma diferença na eficiência alimentar das aves foi detectada. BASILIO *et al.*, 2001 também descreveram peso corpóreo aos 33 dias superior no grupo condicionado, no entanto, as aves já vinham sendo submetidas a estresse cíclico por calor desde os 11 dias de vida.

Tabela 1 – Peso médio final (PMF), ganho de peso (GP), consumo de ração (CR), conversão alimentar (CA), viabilidade de criação (VC) e fator de produção (FP) de frangos de corte submetidos a processo de adaptação ao calor e alojados sob dois diferentes programas de luz, dos 7 aos 35 dias de idade.

| FATORES | VARIÁVEIS | | | | | |
|-------------------------------|-----------|---------|---------|--------|--------|------|
| Adaptação ao calor | PMF (kg) | GP (kg) | CR (kg) | CA | VC (%) | FP |
| Controle | 2,408 | 2,229 | 3,141 | 1,41 a | 97,8 | 552 |
| Condicionamento térmico | 2,363 | 2,186 | 3,140 | 1,44 b | 97,4 | 528 |
| Programa de luz | | | | | | |
| Contínuo | 2,397 | 2,219 | 3,164 | 1,42 | 98,2 | 548 |
| Intermitente | 2,373 | 2,196 | 3,118 | 1,42 | 97,1 | 536 |
| Valor da probabilidade | | | | | | |
| Adaptação ao calor (AC) | 0,07 | 0,08 | 0,96 | 0,01 | 0,79 | 0,06 |
| Programa de luz (PL) | 0,31 | 0,32 | 0,17 | 0,51 | 0,42 | 0,37 |
| AC X PL | 0,45 | 0,45 | 0,22 | 0,41 | 0,78 | 0,95 |
| CV (%) | 1,91 | 2,04 | 2,02 | 1,27 | 2,71 | 3,93 |

Médias seguidas de letra diferente dentro de cada coluna diferem estatisticamente entre si pelo Teste F (5%).

Ainda aos 35 dias de idade, nenhuma influência do programa de luz foi observada para as variáveis analisadas. Em desacordo com nossos resultados,

BUYSE *et al.* (1996) relataram menor consumo de ração em frangos submetidos a programa intermitente de luz dos 14 aos 28 e dos 29 aos 41 dias de idade, além de melhor conversão alimentar no período final de avaliação. KETELAARS *et al.* (1986) também descreveram melhor conversão alimentar em frangos de corte após duas semanas sob programa intermitente de luminosidade, porém, nenhuma diferença foi detectada entre os grupos a partir deste momento. Como o grau de atividade física durante os momentos de escuridão é extremamente baixo, frangos alojados sobre programa intermitente de luminosidade tendem a melhorar sua eficiência alimentar, uma vez que o gasto energético com a atividade física é considerável (WENK & VAN ES, 1976, citados por BUYSE *et al.*, 1996). De fato, nossos achados revelaram uma tendência de redução ($p=0,17$) no consumo de ração das aves submetidas à luminosidade intermitente; no entanto, sua intensidade de variação não foi suficiente para proporcionar alterações significativas na conversão alimentar. Desta forma, a análise em conjunto dos resultados de desempenho obtidos aos 35 dias de vida evidencia o alto grau de similaridade entre os tratamentos experimentais no momento do início do período de re-exposição das aves ao calor.

Aos 42 dias de idade, após o final do período de desafio térmico, nenhum efeito significativo do processo de adaptação ao calor foi detectado para as variáveis produtivas avaliados (Tabela 2), resultado que corrobora com o de outros autores ao demonstrar total compensação da queda de desempenho inicial imposta pelo processo de condicionamento térmico precoce (GERAERT *et al.* 1996; BASILIO *et al.*, 2002). No entanto, em termos práticos, nenhum benefício sobre as características de desempenho foi proporcionado pelo procedimento de adaptação ao calor. MAY (1995) e ARJONA *et al.* (1990) também não encontraram diferença significativa no ganho de peso, consumo de ração e conversão alimentar de frangos condicionados ao calor durante o 6º dia e re-expostos à mesma temperatura de condicionamento após os 42 dias. Porém, diferentemente de nossos resultados, redução significativa na taxa de mortalidade do grupo condicionado foi observada.

Efeito direto do programa de luz foi detectado, aos 42 dias, somente sobre a viabilidade de criação das aves (Tabela 2), sendo o grupo criado em regime intermitente de luminosidade aparentemente mais tolerante à exposição ao calor. Em média, este efeito resultou em aumento de aproximadamente 5,5% em sua viabilidade final. A tendência de menor consumo alimentar destas aves, observada aos 35 dias de idade, provavelmente contribuiu para tais achados uma vez que menores níveis de produção de calor endógeno relacionado ao metabolismo do alimento são esperados nestas condições. Certamente as aves submetidas à luminosidade contínua também apresentaram redução no consumo alimentar frente à exposição ao calor; no entanto, possivelmente o tempo necessário até a manifestação de tal resposta foi maior. Segundo NICHELMANN & TZSCHENTKE (2002), a redução na produção endógena de calor é o fator crucial para a amplificação do nível de tolerância ao calor nas espécies aviárias, uma vez que sob condições extremas de temperatura a perda de calor pelas extremidades corpóreas é bastante reduzida (FURLAN & MACARI, 2002).

Tabela 2 – Peso médio final (PMF), ganho de peso (GP), consumo de ração (CR), conversão alimentar (CA), viabilidade de criação (VC) e fator de produção (FP) de frangos de corte submetidos a processo de adaptação ao calor e alojados sob dois diferentes programas de luz, dos 7 aos 42 dias de idade.

| FATORES | VARIÁVEIS | | | | | |
|-------------------------|-----------|---------|---------|------|---------------|-------|
| Adaptação ao calor | PMF (kg) | GP (kg) | CR (kg) | CA | VC (%) | FP |
| Controle | 2,922 | 2,742 | 5,082 | 1,85 | 90,4 | 383 |
| Condicionamento térmico | 2,886 | 2,709 | 5,072 | 1,87 | 92,3 | 382 |
| Programa de luz | | | | | | |
| Contínuo | 2,915 | 2,737 | 5,057 | 1,85 | 88,6 b | 375 |
| Intermitente | 2,893 | 2,715 | 5,097 | 1,88 | 94,1 a | 389 |
| Valor da probabilidade | | | | | | |
| Adaptação ao calor (AC) | 0,20 | 0,23 | 0,86 | 0,53 | 0,66 | 0,83 |
| Programa de luz (PL) | 0,41 | 0,43 | 0,50 | 0,32 | 0,04 | 0,49 |
| AC X PL | 0,68 | 0,69 | 0,97 | 0,84 | 0,66 | 0,61 |
| CV (%) | 1,82 | 1,92 | 2,26 | 3,18 | 8,99 | 10,08 |

Médias seguidas de letra diferente dentro de cada coluna diferem estatisticamente entre si pelo Teste F (5%).

De outra maneira, LOTT (1991) propôs que o aumento no potencial de consumo de água é o principal componente envolvido com a tolerância ao calor nas espécies aviárias. De fato, tanto o procedimento de condicionamento térmico precoce quanto a submissão ao programa intermitente de luminosidade proporcionaram aumento significativo na ingestão de água durante a semana final de experimento (Tabela 3); no entanto, ao menos nas aves condicionadas ao calor, este efeito não foi traduzido em maior resistência à exposição crônica ao calor.

Tabela 3 – Balanço hídrico dos 35 aos 42 dias de idade para frangos de corte submetidos a processo de adaptação ao calor e alojados sob dois diferentes programas de luz.

| FATORES | VARIÁVEIS | | | |
|---------------------------|-------------------------------|-----------------------|-----------------------|-------|
| | Ingestão Hídrica (kg) | Retenção Hídrica (kg) | Excreção Hídrica (kg) | E.R.* |
| Adaptação ao calor | | | | |
| Controle | 3,059 b | 0,332 | 2,728 | 10,85 |
| Condicionamento térmico | 3,228 a | 0,385 | 2,843 | 11,93 |
| Programa de Luz | | | | |
| Contínuo | 3,117 b | 0,363 | 2,754 | 11,64 |
| Intermitente | 3,164 a | 0,355 | 2,809 | 11,22 |
| | Valor da probabilidade | | | |
| Adaptação ao calor (AC) | <0,01 | 0,23 | 0,11 | 0,47 |
| Programa de luz (PL) | 0,02 | 0,85 | 0,43 | 0,79 |
| AC X PL | 0,91 | 0,91 | 0,99 | 0,91 |
| CV (%) | 2,15 | 21,92 | 4,39 | 23,08 |

Médias seguidas de letra diferente dentro de cada coluna diferem estatisticamente entre si pelo Teste F (5%). * Eficiência de Retenção, considerada como o quociente entre o valor retido e o ingerido.

ARJONA *et al.* (1990) descreveram menor mortalidade em aves condicionadas ao calor durante o 5º dia e re-expostas à mesma temperatura de condicionamento durante a sexta semana de vida; porém, como nenhuma diferença no consumo de água entre o grupo condicionado e controle foi descrita, os autores propuseram que aparentemente esta não é uma variável de grande importância no processo de adaptação ao calor. A ausência de efeito significativo do processo de adaptação ao calor sobre a viabilidade final das aves confirma, ao

menos em parte, esta afirmação, uma vez que o aumento relativo na ingestão de água induzido pelo processo de adaptação ao calor foi aproximadamente 4% superior ao proporcionado pelo programa intermitente de luminosidade (5,5% versus 1,5%). Nenhuma das outras variáveis relacionadas ao balanço hídrico dos animais foi afetada pelos fatores analisados.

Não houve influência significativa do processo de adaptação ao calor sobre a deposição de proteína bruta e de extrato etéreo na carcaça de frangos em nenhuma das idades avaliadas (Figura 2); entretanto, alterações significativas em ambas as variáveis foram induzidas pelo programa de luz. Aos 35 dias de idade, aves criadas em programa intermitente de luminosidade depositaram menor quantidade de extrato etéreo e maior de proteína bruta na carcaça quando comparadas às submetidas à luminosidade contínua. Após o período de re-exposição ao calor, no entanto, frangos criados em programa intermitente de luminosidade apresentaram menores percentuais de proteína bruta na carcaça.

Sabe-se que a exposição crônica ao calor altera o metabolismo energético do animal de maneira significativa, que passa então a depositar maior quantidade de gordura e menor de proteína (HOWLIDER & ROSE, 1987; CHENG *et al.*, 1997a, b). Desta forma, o que se espera de qualquer medida que vise à redução do impacto negativo da exposição crônica ao calor sobre as características de carcaça são menores níveis de alteração na relação entre proteína e gordura depositadas. Neste sentido, a criação de frangos em programa de luminosidade intermitente mostrou-se prejudicial às características de carcaça, agravando os efeitos adversos da exposição crônica ao calor por diminuir ainda mais a deposição protéica das aves. De maneira semelhante, o procedimento de adaptação ao calor não resultou em melhora nas características de carcaça de frangos após a exposição crônica e cíclica a temperaturas elevadas.

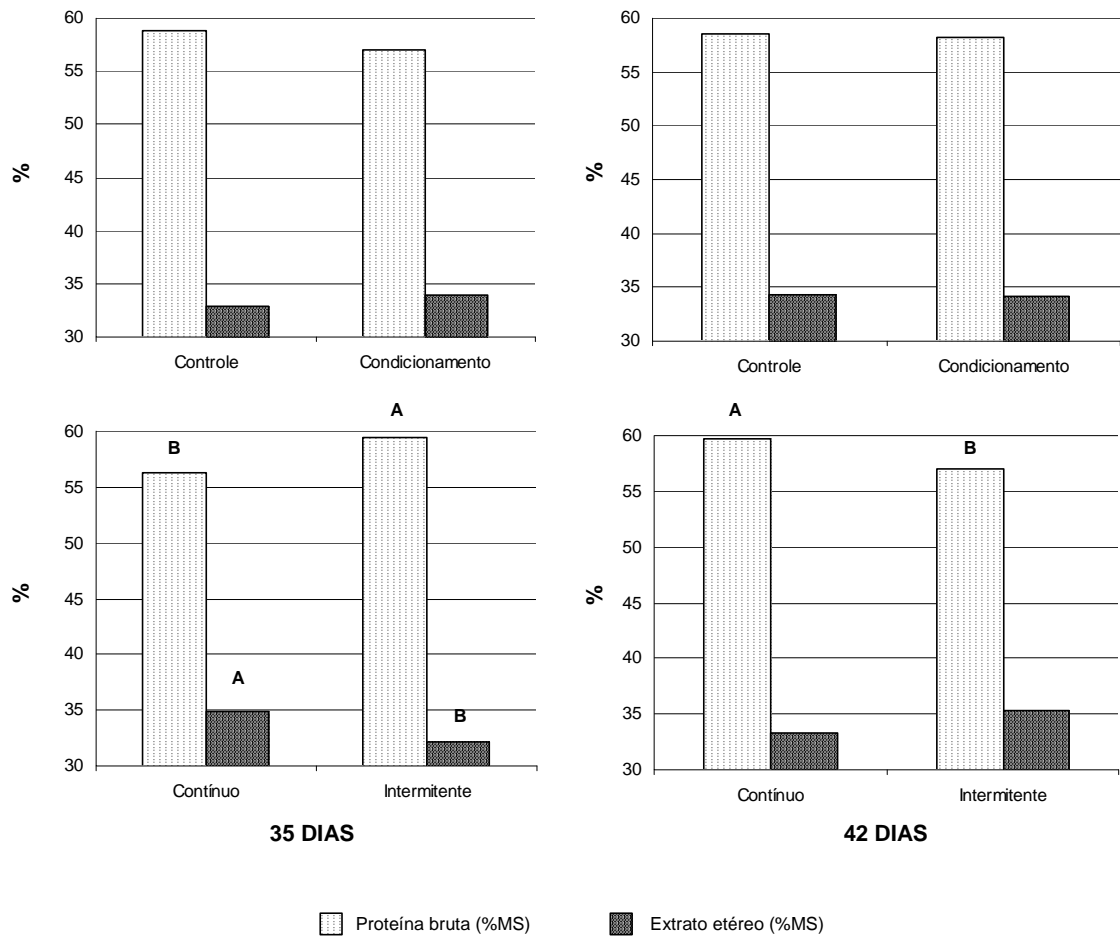


Figura 2 – Percentuais de proteína bruta e extrato etéreo na carcaça de frangos de corte submetidos a processo de adaptação ao calor e alojados sob dois diferentes programas de luz, aos 35 e 42 dias. Médias de uma mesma variável seguidas de letras diferentes, dentro de cada gráfico, diferem estatisticamente entre si pelo teste F (5%).

Frente aos resultados apresentados na literatura, parece-nos plausível pensar que o condicionamento térmico precoce é mais eficiente em preparar a ave para suportar melhor a exposição aguda ao calor extremo do que a exposição crônica a temperaturas mais moderadas. De fato, levando-se em conta as altas temperaturas (35-38°C) e o curto período de tempo utilizado por grande parte dos autores no momento de re-exposição ao calor (ARJONA *et al.*, 1988; YAHAV & HURWITZ, 1996; YAHAV & PLAVNIK, 1999; ZHOU *et al.*, 1997; BASILIO *et al.*,

2001; YAHAV & MCMURTRY, 2001), esta parece ser a resposta mais freqüentemente almejada por meio desta técnica. No entanto, em termos práticos, somente em situações emergenciais tais temperaturas são encontradas em condições de campo.

Ainda de acordo com nossos achados, a observação de que quase a totalidade da mortalidade ocorrida durante o período de re-exposição ao calor aconteceu nas horas iniciais do primeiro dia de desafio térmico (dados não apresentados) comprova a ineficiência do processo de condicionamento térmico precoce adotado neste estudo mesmo na indução de uma maior tolerância à exposição aguda ao calor. De outra forma, aparentemente, a maior resistência ao calor induzida pelo programa intermitente de luminosidade está mais relacionada à contraposição dos efeitos deletérios do estresse agudo sobre o organismo.

CONCLUSÕES

O condicionamento térmico precoce não é capaz de induzir um grau de adaptação ao calor suficiente para melhorar as características produtivas e de carcaça de frangos submetidos a estresse crônico e cíclico por calor durante a fase final de criação. Entretanto, a criação de aves sob regime intermitente de luminosidade é eficaz na redução dos níveis finais de mortalidade do plantel.

CAPÍTULO 3 – METABOLISMO ENERGÉTICO E RESPOSTAS FISIOLÓGICAS INDUZIDAS PELO CONDICIONAMENTO TÉRMICO PRECOCE EM FRANGOS DE CORTE CRIADOS SOB DIFERENTES FOTOPERIODOS DIÁRIOS

RESUMO – Medidas paliativas que visam minimizar a intensidade de resposta do organismo frente à exposição ao calor têm ganhado cada vez mais espaço na produção de frangos de corte; no entanto, as bases fisiológicas desta maior tolerância ao calor muitas vezes são desconhecidas. Desta forma, 600 pintainhos machos Cobb 500[®] foram alojados em diferentes câmaras climatizadas e submetidos a dois programas distintos de fornecimento de luz, logo após passarem por um procedimento de condicionamento térmico precoce. Na semana final de experimento as aves foram expostas a $31,5 \pm 1,0$ °C durante seis horas diárias, tendo a relação heterófilo: linfócito, hematócrito, viscosidade sanguínea, temperaturas interna e superficial e os níveis plasmáticos de T3 e T4 determinados. Não houve interação entre processo de condicionamento térmico e programa de luz para nenhuma das variáveis analisadas. Frangos condicionados apresentaram menor viscosidade sanguínea aos 38 dias e maior temperatura superficial média antes do início do período de re-exposição ao calor. Frangos submetidos à luminosidade intermitente apresentaram menor relação heterófilo: linfócito ao final do período de criação e ainda menores valores de T4 e temperatura interna no início do período de estresse térmico. Não houve influência de nenhum dos fatores sobre a perda de calor por radiação. Tais resultados permitem concluir que o programa intermitente de luminosidade é mais efetivo em induzir ajustes fisiológicos relacionados à maior tolerância ao calor.

Palavras-Chave: condicionamento térmico, programa de luz, respostas adaptativas

INTRODUÇÃO

O elevado adensamento dos plantéis industriais de frangos de corte e o significativo crescimento da atividade avícola em regiões de clima tropical e subtropical trouxeram à tona, já há algum tempo, a fragilidade das linhagens disponíveis no mercado frente à exposição ao calor. No entanto, devido à dificuldade em se conseguir maiores níveis de tolerância ao calor sem prejudicar as características zootécnicas do frango atual (MERAT, 1986), altos índices de mortalidade final por estresse térmico e significativa queda de desempenho durante os meses mais quentes do ano ainda são relativamente comuns na avicultura moderna. Assim, alternativas paliativas que visam reduzir a intensidade de resposta do organismo frente ao desafio térmico, como as técnicas de adaptação ao calor (BUCHANAN, 2000), têm ganhado cada vez mais espaço no campo e no meio científico. Todavia, as bases fisiológicas envolvidas neste processo muitas vezes ainda são desconhecidas.

Pesquisadores relatam que a exposição precoce ao calor, de maneira crônica (aclimatação) ou aguda (condicionamento), promove certo grau de adaptação do organismo a altas temperaturas (REECE *et al.*, 1972; MAY *et al.*, 1986; MAY *et al.*, 1987; ARJONA *et al.*, 1988; WIERNUSZ & TEETER, 1996; YAHAV & McMURTRY, 2001). Em nível prático, porém, ainda não há um consenso definitivo sobre a real eficácia destes procedimentos.

Durante a exposição ao calor, inicialmente a ave aumenta sua frequência respiratória numa tentativa de manter a temperatura interna através da perda de calor evaporativo (NICHELMANN & TZSCHENTKE, 2002). Num segundo momento, alterações no sistema cardiovascular como vasodilatação periférica e diminuição da frequência cardíaca entram em ação visando reduzir a resistência periférica do sistema circulatório e facilitar a dissipação de calor pelas extremidades corpóreas (DARRE & HARRISON, 1987; FURLAN & MACARI, 2002). Por fim, caso a temperatura interna da ave continue aumentando de maneira significativa, sua taxa de metabolismo basal é reduzida gradativamente

no intuito de minimizar a produção endógena de calor (NICHELMAN & TZSCHENTKE, 2002). Sabe-se que frangos adaptados ao calor pelo processo de aclimatação apresentam menores níveis de produção de calor, frequência cardíaca e temperatura corporal. Expressam ainda frequência respiratória superior às aves não-aclimatadas quando desafiadas, porém tais achados são inconsistentes em trabalhos com condicionamento térmico. ZHOU *et al.* (1997) encontraram menores valores de temperatura abdominal, durante o período de re-exposição ao calor, em frangos condicionados no quinto dia. No entanto, ARJONA *et al.* (1990) não encontraram diferença nas temperaturas corporal e superficial entre frangos condicionados e não-condicionados no período de re-exposição e sugeriram que os mecanismos fisiológicos envolvidos no condicionamento térmico parecem ser diferentes daqueles relacionados ao processo de aclimatação, uma vez que aparentemente não envolvem alteração do “set point” fisiológico da ave.

Frente ao exposto o objetivo deste trabalho foi investigar as respostas induzidas pelo processo de condicionamento térmico precoce e pelo programa de fornecimento de luz em frangos de corte e sua persistência durante todo ciclo de vida da ave. Para tanto foram analisados a viscosidade sanguínea total, o hematócrito, a relação heterófilo:linfócito e os níveis plasmáticos de T3 e T4 durante todo período de criação, bem como determinadas algumas variáveis relacionadas à perda de calor sensível durante a exposição crônica e cíclica ao calor moderado.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido no setor de Avicultura da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP, campus de Jaboticabal. Para tanto, 600 pintainhos machos Cobb-500[®], de um dia de idade, foram pesados e distribuídos em dois grupos homogêneos (controle e condicionamento térmico). Os grupos foram alojados em duas diferentes câmaras climatizadas, mantidas dentro da zona de termoneutralidade recomendada pelo manual de criação da linhagem ($31 \pm 0,64$ °C e $31 \pm 0,83$ °C, respectivamente). Durante esta etapa inicial as aves receberam ração e água de maneira irrestrita e foram submetidas a um programa de fornecimento contínuo de luz (23 horas de claridade/dia).

No início do terceiro dia, em cada grupo, 3 pintainhos tiveram aproximadamente 2 mL de sangue coletado para análise do hematócrito, viscosidade sanguínea, relação heterófilo/linfócito e concentração plasmática de T3 e T4. A partir deste momento a temperatura da câmara climatizada do grupo “condicionamento térmico” foi gradativamente elevada a $35,5 \pm 1,0$ °C, condição em que se manteve por 24 horas e que consistiu no processo de condicionamento térmico. O tempo necessário para se atingir a temperatura desejada dentro da câmara foi de aproximadamente 45 minutos.

Decorridas as 24 horas, os procedimentos de amostragem e coleta sanguínea adotados antes da exposição ao calor foram repetidos. Cada um dos grupos foi então subdividido em oito parcelas de 32 aves, distribuídas homogênea e aleatoriamente em duas diferentes câmaras climatizadas, mantidas em condição de termoneutralidade de acordo com a idade do lote. Deste momento até o final do experimento cada câmara foi ajustada com um diferente programa de fornecimento de luz, sendo eles: contínuo (23 horas ininterruptas de claridade/dia) e intermitente (luz contínua das 5h15min até às 18h e, em seguida, períodos alternados de 45 minutos de escuro e uma hora de claridade até às 5h15min).

Durante todo período experimental, ao final de cada semana de vida, as aves foram pesadas e uma ave por repetição teve aproximadamente 2 mL de sangue coletado para análise quanto às variáveis já citadas.

No decorrer da semana final de experimento (35 a 42 dias), diariamente, ambas as câmaras tiveram sua temperatura ambiente elevada a $31,5 \pm 1,0^{\circ}\text{C}$, condição em que se mantiveram pelas próximas seis horas. Novamente, o intervalo até o estabelecimento da temperatura desejada dentro de cada câmara foi de aproximadamente 45 minutos, sendo que durante o restante do dia as aves foram mantidas dentro de sua zona de termoneutralidade. Impreterivelmente, todo o processo de adequação da temperatura interna das câmaras e exposição das aves ao calor foi ajustado para ocorrer dentro do período em que ambas as câmaras encontravam-se com as luzes acesas. Durante o período de desafio térmico, aos 35, 38 e 42 dias, todos os procedimentos de amostragem e coleta sanguínea foram repetidos, bem como aferidas as temperaturas interna e superficial de uma ave por parcela experimental.

Procedimentos experimentais

1. Coleta e análises sanguíneas

Todas as coletas de sangue foram realizadas mediante punção da veia jugular, com a utilização de seringas heparinizadas. Imediatamente após sua obtenção, as amostras foram divididas em duas alíquotas, uma destinada às dosagens hormonais e outra às determinações do hematócrito, da viscosidade sanguínea e da relação heterófilo/linfócito.

Em cada amostra, a primeira alíquota, após centrifugação a 3000rpm por 10min, teve seu plasma armazenado à -20°C para análise posterior. Após seu descongelamento, os níveis plasmáticos de triiodotironina e tiroxina foram determinados por radioimunoensaio (RIE) de fase sólida, mediante a utilização de

kits comerciais¹ com anticorpos marcados por iodo radioativo (I^{125}), segundo os procedimentos preconizados pelo fabricante.

A segunda alíquota foi mantida em banho-maria (41°C) até o final de seu processamento. O hematócrito foi determinado pela centrifugação do sangue a 12000 rpm, por 5 minutos, em tubos capilares de microhematócrito. A viscosidade sanguínea total foi determinada em viscosímetro rotacional², sob velocidade aproximada de 250 rpm. A contagem diferencial de heterófilos e linfócitos foi feita sob microscopia óptica em objetiva de imersão, por meio da análise de esfregaço sanguíneo corado com solução panótico. Para tanto foram identificados 100 leucócitos por esfregaço, sendo o número de heterófilos (H) e de linfócitos (L) expressos na forma da relação H:L.

2. Aferição de temperatura corpórea

Para aferição da temperatura corpórea as aves foram gentilmente manuseadas, contidas e dispostas sobre bancada plástica. A temperatura interna foi aferida com utilização de sonda acoplada a termômetro analógico³. Uma vez introduzida no cólon, a mesma permaneceu em contato com a mucosa intestinal até que a leitura se estabilizasse. A temperatura superficial média (TSM) foi obtida segundo RICHARDS (1971), citado por MALHEIROS *et al.* (2000), de acordo com a equação:

$$TSM_{(K)} = \left(0,12T_{ASA} \right) + \left(0,03T_{CAB} \right) + \left(0,15T_{PER} \right) + \left(0,70T_{DSO} \right), \text{ onde:}$$

T_{ASA} = temperatura superficial da asa

T_{CAB} = temperatura superficial da cabeça

T_{PER} = temperatura superficial da perna

T_{DSO} = temperatura superficial do dorso

¹ Coat-A-Count® Total T₃ and Total T₄, DPC® - Los Angeles/ CA, USA.

² Brookfield DV-III

³ Yellow Spring Instruments, Model 46 TUC, Yellow Spring, USA

Para tanto foi utilizado um termômetro digital infravermelho⁴ a uma distância de aproximadamente 10cm da ave.

A perda de calor por radiação (PCR) foi calculada segundo HARDY (1949), citado por MALHEIROS *et al.* (2000), de acordo com a equação:

$$PCR = E_1 \cdot E_2 \cdot C_{SB} \cdot A_{AVE} (TSM_{(K)}^4 - TMR_{(K)}^4), \text{ onde:}$$

E_1 = emissividade da superfície da ave (penas = 0,94)

E_2 = emissividade do ar (1)

C_{SB} = constante de Stefan-Boltzman ($5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-4}$)

$A_{AVE(m^2)}$ = área superficial da ave (m^2)

TSM = temperatura superficial média

TMR = temperatura média radiante do ambiente (K)

O cálculo da $A_{AVE(cm^2)}$ seguiu a seguinte equação: $A_{AVE(cm^2)} = 9,85P^{0,67}$ (ESMAY, 1978, citado por MALHEIROS *et al.*, 2000), onde “P” corresponde ao peso corporal da ave em gramas. Para obtenção da $TMR_{(K)}$ foram utilizados dois termômetros de globo negro em cada câmara climatizada.

3. Análise estatística

No período de condicionamento térmico as variáveis foram analisadas sob um delineamento inteiramente casualizado, composto por dois tratamentos (controle e condicionamento térmico) com três repetições cada. A partir do quarto dia de idade o delineamento experimental foi o inteiramente casualizado em esquema fatorial 2X2, sendo os fatores processo de adaptação ao calor (controle e condicionamento térmico) e programa de luz (contínuo e intermitente), totalizando quatro tratamentos com 4 repetições de 32 aves cada.

Os dados inicialmente foram verificados quanto à presença de valores discrepantes e testados quanto ao atendimento das pressuposições de homogeneidade das variâncias e normalidade dos erros estudentizados. Uma vez

⁴ Horiba 330T, Japão

atendidas tais pressuposições os mesmos foram submetidos à análise de variância pelo procedimento “General Linear Models” do pacote estatístico SAS[®].

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não houve interação significativa entre processo de adaptação ao calor e programa de luz para nenhuma das variáveis analisadas. Assim, todos os resultados foram apresentados de maneira a demonstrar o efeito principal de cada fator sobre as variáveis avaliadas.

Foi observada influência significativa do processo de adaptação ao calor sobre a relação heterófilo:linfócito dos frangos somente aos 14 dias de vida (Figura 1), sendo o valor mais alto encontrado nas aves condicionadas ao calor. Entretanto, embora diferenças significativas não tenham sido encontradas em nenhuma das outras idades, o fato de valores inferiores serem sempre observados imediatamente após os momentos de desafio térmico no grupo condicionado sugere menor intensidade de estresse nestas aves durante todo período de re-exposição ao calor. Possivelmente a grande variação ao acaso observada entre os tratamentos dificultou a detecção de diferenças estatisticamente significativas.

Já há algum tempo a relação heterófilo:linfócito vem sendo utilizada como um confiável indicador de estresse nas aves (GROSS & SIEGEL, 1983), uma vez que durante momentos de desafio o número de heterófilos circulantes tende a aumentar, enquanto o de linfócitos, diminuir. No entanto, PUVADOLPIROD & THAXTON (2000) sugeriram que com o advento de novos e mais precisos métodos de determinação da concentração plasmática de corticosterona, este provavelmente é o melhor e mais sensível indicador de estresse nas espécies aviárias. Outros autores têm sugerido ainda maior importância da relação heterófilo:linfócito como indicador de estresse agudo e intenso (MAXWELL, 1993); no entanto, sabe-se que sob estresse moderado este parâmetro também pode sofrer alterações, embora seja necessário um período maior para sua detecção.

Possivelmente as 6 horas de estresse induzidas neste experimento não foram suficientes para produzir uma amplitude significativa de variação.

ARJONA *et al* (1990) descreveram menores valores de relação heterófilo:linfócito em frangos condicionados ao calor após o período de re-exposição e relacionaram seus achados a menores índices de mortalidade final. No entanto, ZULKIFLI *et al.* (2003), comparando o condicionamento térmico e a restrição alimentar como formas de amenizar os efeitos deletérios da exposição ao calor, também não encontraram diferença significativa na relação heterófilo:linfócito entre os tratamentos após 6 horas de exposição à 39°C aos 35 dias de idade.

Efeito significativo do programa de luz sobre a relação heterófilo:linfócito foi detectado aos 14 e aos 42 dias de idade, sendo que em ambos os momentos menores valores foram observados nas aves criadas em programa de luminosidade intermitente. Achados semelhantes foram descritos por BLOKHUIS (1983) e relacionados à melhor possibilidade de descanso e sono durante os momentos de escuridão. Neste ponto, novamente merece destaque a tendência de menores valores de relação heterófilo: linfócito dos frangos criados em regime de luminosidade intermitente durante o período de re-exposição ao calor.

A Figura 2 mostra o comportamento do hematócrito dos frangos durante todo o período experimental. Efeito significativo do processo de adaptação ao calor só foi detectado aos 7 e 42 dias; imediatamente antes do período de re-exposição ao calor. No entanto, novamente chama nossa atenção a tendência de redução no hematócrito do grupo condicionado ao calor imediatamente após os momentos de estresse por calor. Aos 7, 35 e 42 dias também se observou efeito significativo do programa de luz sobre o hematócrito das aves; no entanto, somente aos 35 dias o valor observado para o grupo criado sob luminosidade intermitente foi inferior.

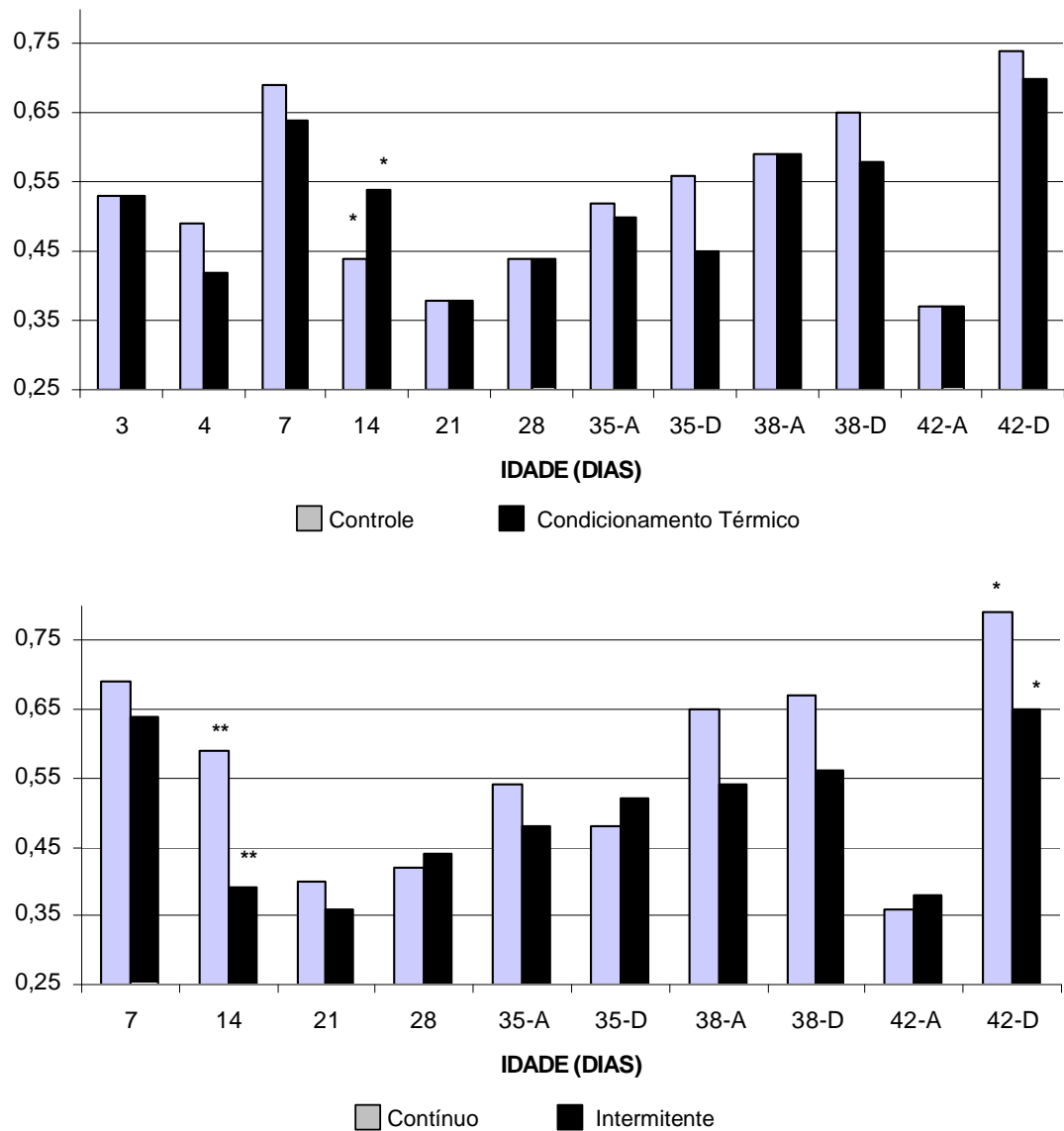


Figura 1. Efeito do condicionamento térmico precoce e do programa de fornecimento de luz sobre a relação heterófilo:linfócito de frangos de corte submetidos a estresse crônico e cíclico por calor durante a semana final de criação. * Diferença estatisticamente significativa entre as médias pelo teste F ($p < 0,05$). ** Diferença estatisticamente significativa entre as médias pelo teste F ($p < 0,01$). Letras "A" e "D" após as idades de 35, 38 e 42 dias representam os momentos imediatamente antes e após o período de exposição ao calor, respectivamente.

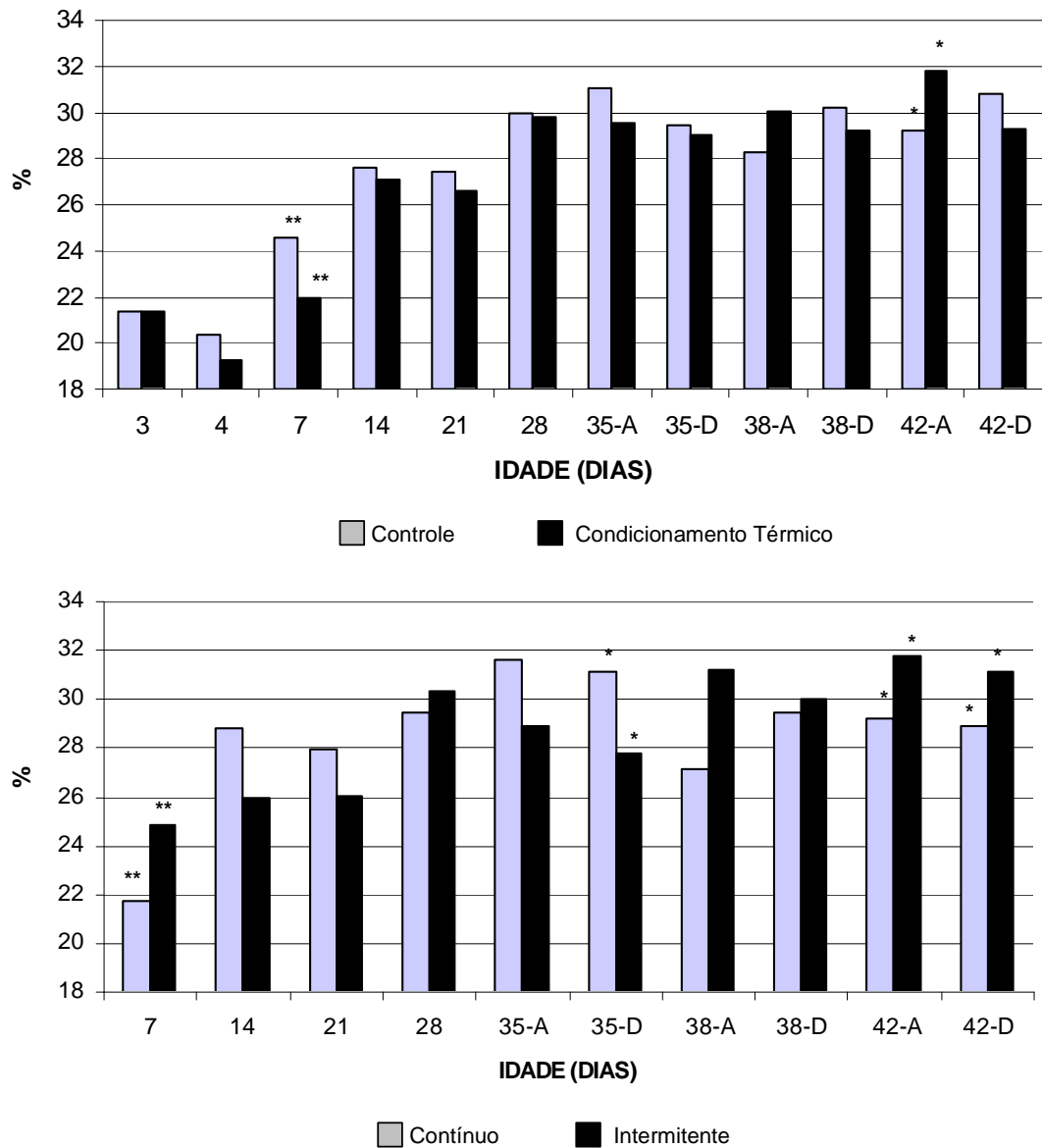


Figura 2. Efeito do condicionamento térmico precoce e do programa de fornecimento de luz sobre o hematócrito de frangos de corte submetidos a estresse por calor durante a semana final de criação. * Diferença estatisticamente significativa entre as médias pelo teste F ($p < 0,05$). ** Diferença estatisticamente significativa entre as médias pelo teste F ($p < 0,01$). Letras "A" e "D" após as idades de 35, 38 e 42 dias representam os momentos imediatamente antes e após o período de re-exposição ao calor, respectivamente.

A Figura 3 mostra os valores de viscosidade sanguínea obtidos durante todo o período experimental. Efeito significativo do processo de adaptação ao calor somente foi observado aos 38 dias de idade, sendo o menor valor observado no grupo condicionado. O programa de luz somente influenciou a viscosidade sanguínea das aves aos 7 dias, sendo que o grupo submetido à luminosidade intermitente apresentou o valor mais baixo.

Níveis mais baixos de hematócrito normalmente estão relacionados à maior quantidade de água na circulação, fator que pode ser influenciado pelo comportamento e padrão alimentar da espécie animal (OKAWARA *et al.*, 1985). Além disto, valores menores de hematócrito normalmente são acompanhados de menor viscosidade sanguínea e, conseqüentemente, maior capacidade de perda de calor sensível para o ambiente (ZHOU *et al.*, 1998). Neste aspecto, nossos dados são um tanto quanto inconclusivos, uma vez que a princípio nenhum padrão semelhante de comportamento para as duas variáveis em questão pôde ser identificado.

ZHOU *et al.* (1997) descreveram significativa redução na viscosidade do sangue de frangos de corte após 3 horas de exposição à 33°C, sendo a amplitude desta queda maior em aves condicionadas ao calor. Nossos resultados realmente evidenciaram menor valor de viscosidade sanguínea (1,78 cp) após as 6 horas de exposição ao calor no grupo condicionado, aos 38 dias de idade; no entanto, curiosamente a viscosidade sanguínea do grupo controle aumentou neste mesmo período.

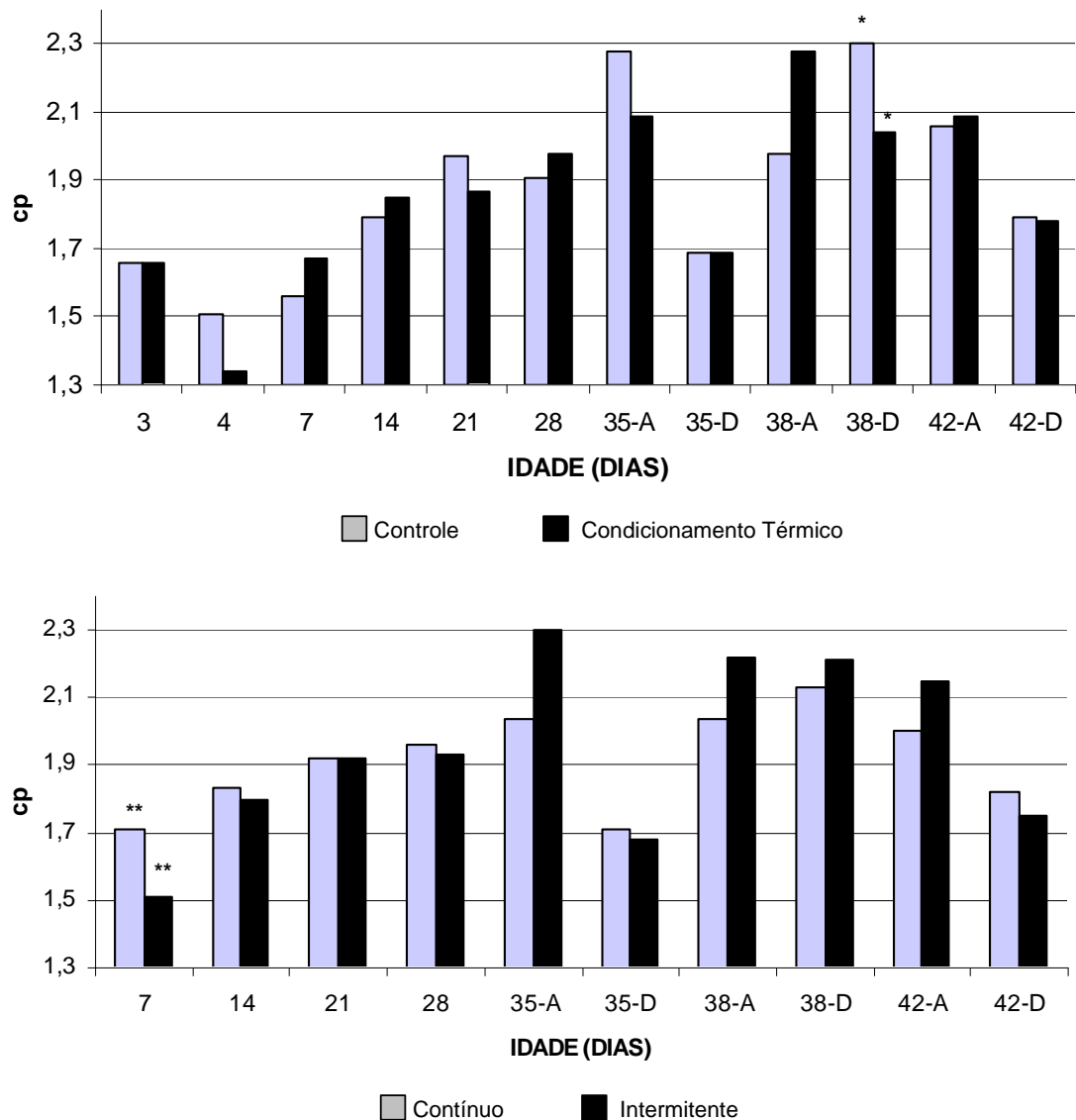


Figura 3. Efeito do condicionamento térmico precoce e do programa de fornecimento de luz sobre a viscosidade sanguínea de frangos de corte submetidos a estresse por calor durante a semana final de criação. * Diferença estatisticamente significativa entre as médias pelo teste F ($p < 0,05$). ** Diferença estatisticamente significativa entre as médias pelo teste F ($p < 0,01$). Letras “A” e “D” após as idades de 35, 38 e 42 dias representam os momentos imediatamente antes e após o período de re-exposição ao calor, respectivamente.

Não houve influência do processo de adaptação ao calor ou do programa de luz ou sobre a concentração plasmática de T3 das aves (Figura 4); no entanto, imediatamente antes do início do período de re-exposição ao calor, aos 35 dias, o grupo criado em luminosidade intermitente manifestou menores valores circulantes de T4 (Figura 5). Sabe-se que os hormônios tireoideanos estão diretamente envolvidos com a capacidade de tolerância ao calor das aves, uma vez que metabolicamente atuam elevando o consumo de oxigênio e a produção de calor endógeno (TAKAHASHI *et al.*, 2005). Neste sentido, ao menos parte da maior tolerância ao calor manifestada pelas aves do grupo submetido à luminosidade intermitente (Capítulo 2) pode ser explicada por sua menor concentração plasmática de T4. De fato, BOWEN *et al.* (1984) reduziram o tempo de sobrevivência de frangas expostas a 50°C por meio de injeção de T4 imediatamente antes do desafio.

YAHAV & PLAVNIK (1999) relataram redução no nível plasmático de T3 logo após o período de condicionamento e aos 42 dias, imediatamente após exposição a 35°C por 6 horas. Nossos achados aparentemente não corroboram com a idéia de que o condicionamento térmico precoce promova alteração significativa nos níveis circulantes dos hormônios tireoideanos, ao menos quando o estresse térmico imposto à ave durante o período re-exposição ao calor é de grau moderado. No entanto, alterações na temperatura corpórea das aves podem estar relacionadas com variações de pequena amplitude não detectadas neste experimento.

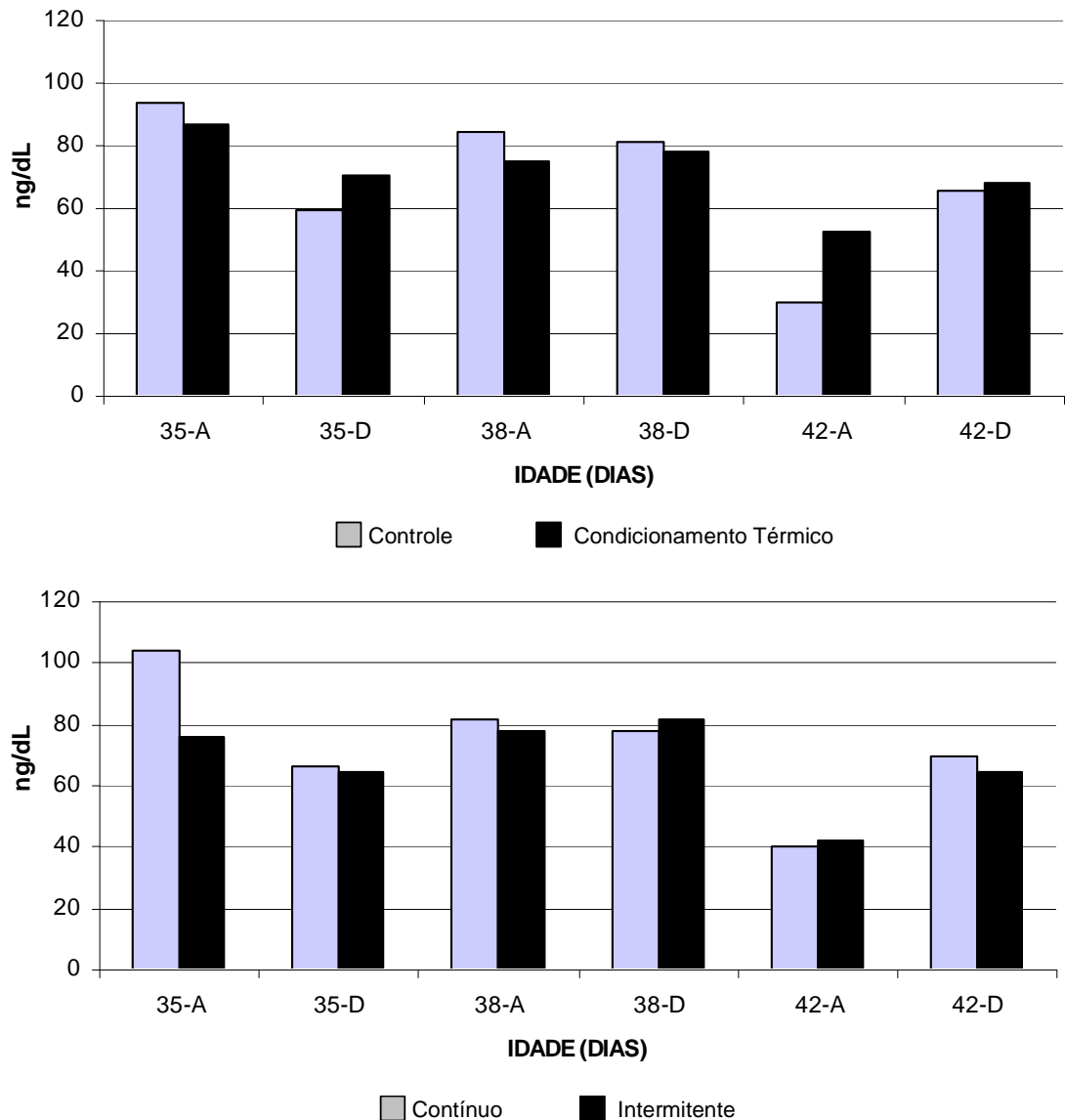


Figura 4. Efeito do condicionamento térmico precoce e do programa de fornecimento de luz sobre a concentração plasmática de triiodotironina de frangos de corte submetidos a estresse por calor durante a semana final de criação. * Diferença estatisticamente significativa entre as médias pelo teste F ($p < 0,05$). ** Diferença estatisticamente significativa entre as médias pelo teste F ($p < 0,01$). Letras “A” e “D” após as idades de 35, 38 e 42 dias representam os momentos imediatamente antes e após o período de re-exposição ao calor, respectivamente.

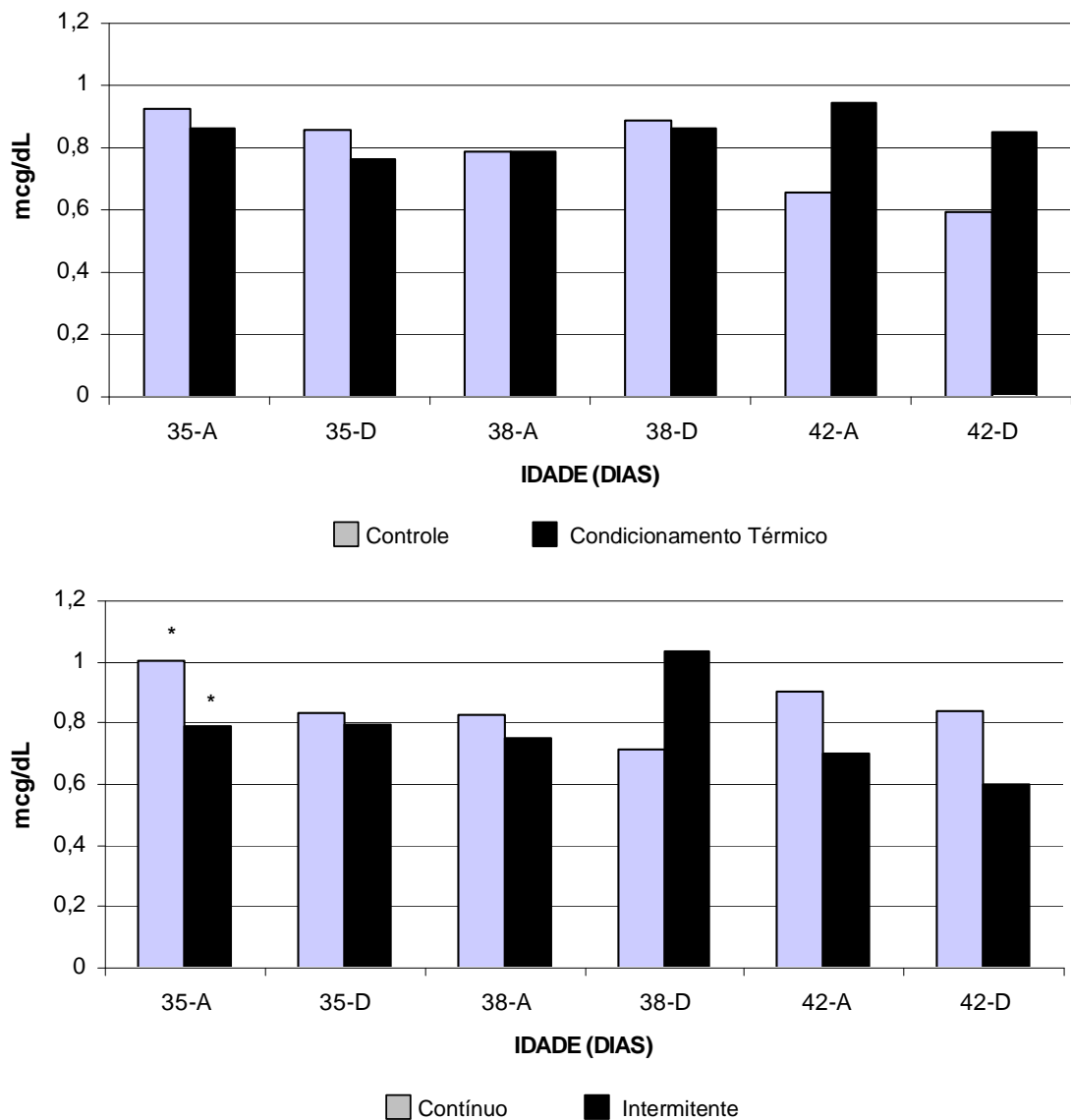


Figura 5. Efeito do condicionamento térmico precoce e do programa de fornecimento de luz sobre a concentração plasmática de tiroxina de frangos de corte submetidos a estresse por calor durante a semana final de criação. * Diferença estatisticamente significativa entre as médias pelo teste F ($p < 0,05$). ** Diferença estatisticamente significativa entre as médias pelo teste F ($p < 0,01$). Letras "A" e "D" após as idades de 35, 38 e 42 dias representam os momentos imediatamente antes e após o período de re-exposição ao calor, respectivamente.

De acordo com a Tabela 1, somente o programa de luz influenciou de maneira significativa a temperatura interna dos animais. Aos 35 dias, antes do início do período de re-exposição ao calor, as aves criadas em programa intermitente de luminosidade apresentavam valores um pouco mais baixos do que o grupo criado em luminosidade contínua, situação que se inverteu aos 42 dias, após os sete dias de exposição crônica e cíclica ao calor moderado. YAHAV & HURWITZ (1996) relataram menor temperatura interna em frangos condicionados durante o 5º dia e re-expostos ao calor aos 42 dias, no entanto, a temperatura de re-exposição foi de 35°C. De qualquer forma, aos 42 dias, nossos dados revelam uma tendência ($p=0,05$) de redução na temperatura interna de frangos condicionados ao calor. ARJONA *et al.* (1990) também não observaram diferença na temperatura interna de frangos aclimatados ou não após o período de re-exposição ao calor aos 44 dias, porém, como mesmo assim menores valores de mortalidade foram descritos, os autores concluíram que, independentemente das respostas induzidas pelo processo de condicionamento térmico, tais aves parecem conseguir lidar melhor com o aumento em sua temperatura interna.

Tabela 1. Temperatura interna (TI, °C), temperatura superficial média (TSM, °C) e perda de calor por radiação (PCR, W) obtidos de frangos de corte aos 35 e 42 dias de idade.

| FATORES | IDADE (DIAS) | | | | | |
|-------------------------|-------------------------------|--------|------|--------|--------|------|
| | 35 | | | 42 | | |
| Adaptação ao calor | TI | TSM | PCR | TI | TSM | PCR |
| Controle | 42,5 | 33,3 B | 7,1 | 42,5 | 34,7 | 8,5 |
| Condicionamento térmico | 42,6 | 35,1 A | 7,2 | 42,2 | 33,7 | 8,4 |
| Programa de luz | | | | | | |
| Contínuo | 42,9 A | 33,9 | 7,2 | 42,2 B | 33,7 B | 8,5 |
| Intermitente | 42,3 B | 34,6 | 7,3 | 42,5 A | 34,8 A | 8,5 |
| | Valor da probabilidade | | | | | |
| Adaptação ao calor (AC) | 0,86 | 0,02 | 0,32 | 0,05 | 0,07 | 0,20 |
| Programa de luz (PL) | 0,02 | 0,34 | 0,42 | 0,02 | 0,04 | 0,48 |
| AC X PL | 0,11 | 0,90 | 0,99 | 0,33 | 0,35 | 0,07 |
| CV (%) | 1,02 | 3,93 | 3,13 | 0,57 | 3,00 | 1,85 |

Médias seguidas de letra diferente dentro de cada coluna diferem estatisticamente entre si pelo Teste F (5%).

O processo de adaptação ao calor somente influenciou a temperatura média superficial das aves aos 35 dias de vida, sendo que o grupo condicionado apresentou em média aumento de aproximadamente 5,4%. De maneira semelhante, aos 42 dias, as aves criadas em regime intermitente de luminosidade também apresentaram maior temperatura superficial. Como a temperatura superficial média influi de maneira direta sobre a perda de calor sensível do animal, podemos supor que tanto o condicionamento térmico precoce quanto a criação das aves em programa intermitente de luminosidade aumentaram seu potencial de perda de calor para o ambiente. No entanto; ao menos no que diz respeito à perda de calor por radiação, tal potencial não pôde ser totalmente aproveitado. Sob temperaturas elevadas a perda de calor por radiação assume pouca importância para manutenção da homeostase corpórea, uma vez que o gradiente para troca de calor que se estabelece entre a ave e o ambiente é bastante reduzido (FURLAN & MACARI, 2002). Possivelmente instalações que favoreçam a perda de calor por convecção através da imposição de um fluxo significativo de vento sobre os animais sejam interessantes nestas condições.

CONCLUSÕES

Nas condições experimentais propostas, o processo de condicionamento térmico precoce aparentemente não é efetivo em amenizar os efeitos deletérios da exposição crônica e cíclica ao calor moderado, uma vez que as respostas fisiológicas induzidas nas aves durante o período de re-exposição ao calor foram bastante brandas. No entanto, os menores níveis de estresse e temperatura interna induzidos pelo programa de luminosidade intermitente aos 42 e 35 dias, respectivamente, podem dar suporte a uma maior capacidade fisiológica de resistência ao calor.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AIN BAZIZ H., GERAERT P.A., PADILHA J.C.F., GUILLAUMIN S. Chronic heat exposure enhances fat deposition and modifies muscle and fat partition in broiler carcasses. **Poultry Science**, v.75, p.505-513, 1996.

ARJONA A.A., DENBOW D.M., WEAVER JR. W.D. Effect of heat early in life on mortality of broilers exposed to high environmental temperatures just prior to marketing. **Poultry Science**, v.67, p.226-231, 1988.

ARJONA A.A., DENBOW D.M., WEAVER JR. W.D. Neonatally-induced thermotolerance: physiological responses. **Comparative Biochemistry Physiology**, v.95A, p.393-399, 1990.

BASILIO V., VILARIÑO M., YAHAV S., PICARD M. Early age thermal conditioning and a dual feeding program for male broilers challenged by heat stress. **Poultry Science**, v.80, p.29-36, 2001.

BELAY T. & TEETER G. Effects of ambient temperature on broiler mineral balance partitioned into urinary and faecal loss. **British Poultry Science**, v.37, p.426-433, 1996.

BLOKHUIS H.J. The relevance of sleep in poultry. **World's Poultry Science Journal**, v. 39, p. 33-37, 1983.

BONNET S., GERAERT P.A., LESSIRE M., CARRE, B., GUILLAUMIN S. Effect of High Ambient Temperature on Feed Digestibility in Broilers. **Poultry Science**, v.76, p.857-863, 1997.

BOWEN S.J., WASHBURN K.W., HUSTON T.M. Involvement of the thyroid gland in the response of young chickens to heat stress. **Poultry Science**, v.63, p.66-69, 1984.

BRAKE J., BALNAVE D., DIBNER J.J. Optimum dietary arginine: lysine ratio for broiler chickens is altered during heat stress in association with changes in intestinal uptake and dietary sodium chloride. **British Poultry Science**, v.39, p.639-47, 1998.

BUCHANAN K.L. Stress and the evolution of condition-dependent signals. **Trends in Ecology & Evolution**, v.15, p.156-160, 2000.

BUYSE J., KUHN E.R., DECUYPERE E. The use of intermittent lighting in broiler raising. 1. Effect on broiler performance and efficiency of nitrogen retention. **Poultry Science**, v.75, p.589-594, 1996.

CAMPO J.L. & DÁVILA S.G. Effect of photoperiod on heterophil to lymphocyte ratio and tonic immobility duration of chickens. **Poultry Science**, v.81, p.1637-1639, 2002.

CHENG T.K., HAMRE M.L., COON C.N. Effect of environmental temperature, dietary protein, and energy levels on broiler performance. **Journal of Applied Poultry Research**, v.6, p.1-17, 1997a.

CHENG T.K., HAMRE M.L., COON C.N. Responses of broilers to dietary protein levels and amino acid supplementation to low protein diets at various environmental temperatures. **Journal of Applied Poultry Research**, v.6, p.18-33, 1997b.

CHURCH D.C., POND W.G. **Bases científicas para la nutrición y alimentación de los animales domésticos.** Zaragoza: Acribia, 1977. 462p.

DAGHIR N.J. Broiler feeding and management in hot climates. In: DAGHIR N.J. (ed.). **Poultry production in hot climates.** CAB International, p.185-218, 1995.

DALE N.M. & FULLER H.L. Effects of diet composition on feed intake and growth of chicks under heat stress. I. Dietary fat levels. **Poultry Science**, v.58, p.1529-1534, 1979.

DARRE M.J. & HARRISON P.C. Heart rate, blood pressure, cardiac output, and total peripheral resistance of single comb white leghorn hens during an acute exposure to 35°C ambient temperature. **Poultry Science**, v.66, p.541-547, 1987.

EDENS F.W. & SIEGEL H.S. Adrenal responses in high and low ACTH response lines of chickens during acute heat stress. **General and Comparative Endocrinology**, v.25, p.64-73, 1975.

ERNST R.A. Housing for improved performance in hot climates. In: DAGHIR N.J. (ed.). **Poultry production in hot climates.** CAB International, p.67-99, 1995.

FARIA FILHO D.E. **Efeito de dietas com baixo teor protéico, formuladas usando o conceito de proteína ideal, para frangos de corte criados em temperaturas fria, termoneutra e quente.** 2003. 85f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2003.

FARIA FILHO D.E. **Aspectos produtivos, metabólicos, econômicos e ambientais da nutrição protéica para frangos expostos ao calor.** 2006. 73f.

Tese (Doutorado em Zootecnia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2006.

FURLAN R.L. & MACARI M. Termorregulação. In: MACARI M., FURLAN R.L., GONZALES E. (ed.). **Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte**. 2 ed. Jaboticabal: FUNEP, p 209-228, 2002.

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.

GLOSSARY OF TERMS FOR THERMAL PHYSIOLOGY. IUPS Thermal Commission. **The Japanese Journal of Physiology**, v.51, p.245–280, 2001.

GROSS W.B. & SIEGEL H.S. Evaluation of the heterophil/lymphocyte ratio as a measure of stress in chickens. **Avian Diseases**, v. 27, p.972-979, 1983.

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

HOWLIDER M.A., ROSE S.P. Temperature and the growth of broilers. **World's Poultry Science Journal**, v. 43, p.228-237, 1987.

KETELAARS E.H., VERBRUGGE M., VAN DER HEL W. Effect of intermittent lighting on performance and energy metabolism of broilers. **Poultry Science**, v.65, p.2208-2213, 1986.

LOTT B.D. The effect of feed intake on body temperature and water consumption of male broilers during heat exposure. **Poultry Science**, v.70, p.756-759, 1991.

MALHEIROS R.D., MORAES V.M.B., BRUNO L.D.G., MALHEIROS E.B., FURLAN R.L., MACARI M. Environmental temperature and cloacal and surface temperatures of broiler chicks in first week post-hatch. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 9, p.111-117, 2000.

MAY J.D. Ability of broilers to resist heat following neonatal exposure to high environmental temperature. **Poultry Science**, v.74, p.1905-1907, 1995.

MAY J.D., DEATON J.W., BRANTON S.L. Body temperature of acclimated broilers during exposure to high temperature. **Poultry Science**, v.66, p.378-380, 1987.

MAY J.D., DEATON J.W., REECE F.N., BRANTON S.L. Effect of acclimation and heat stress on thyroid hormone concentration. **Poultry Science**, v.65, p.1211-1213, 1986.

MAXWELL M.H. Avian blood leucocyte responses to stress. **World's Poultry Science Journal**, v. 49, p.34-43, 1993.

MERAT P. Potential usefulness of the *Na* (Naked Neck) gene in poultry production. **World's Poultry Science Journal**, v.42, p.124-142, 1986.

NICHELMANN M. Perinatal epigenetic temperature adaptation in avian species: comparison of turkey and Muscovy duck. **Journal of Thermal Biology**, v.29, p.613–619, 2004.

NICHELMANN M. & TZSCHENTKE B. Ontogeny of thermoregulation in precocial birds. **Comparative Biochemistry and Physiology**, v.131, p.751–763, 2002.

OHTANI S. & LEESON S. The effect of intermittent lighting on metabolizable energy intake and heat production of male broilers. **Poultry Science**, v.79, p.167-171, 2000.

OKAWARA Y., KARAKIDA T., YAMAGUCHI K., KOBAYASHI H. Diurnal rhythm of water intake and plasma angiotensin II in the Japanese quail. **General and Comparative Endocrinology**, v. 58, p.89-92, 1985.

REECE F.N., DEATON J.W., KUBENA L.F. Effects of high temperature and humidity on heat prostration of broilers chicken. **Poultry Science**, v.51, p.2021-2025, 1972.

RUDAS P. & PETHES G. The importance of peripheral thyroid hormone deiodination in adaption to ambient temperature in the chicken (*Gallus domesticus*). **Comparative Biochemistry Physiology**, v.77, p.567-571, 1984.

SAKOMURA N.K., LONGO F.A., OVIEDO-RANDÓN E., BOA-VIAGEM C., FERRAUDO A. Modeling energy utilization and growth parameter description for broiler chickens. **Poultry Science**, v.84, p.1363-1369, 2005.

SILVA D.J. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. SILVA D.J., QUEIROZ A.C. (ed.). 3rd ed. Viçosa: UFV, 2002, 235p.

SYKES A.H. & FATAFTAH A.R. Acclimatization of the fowl to intermittent acute heat stress. **British Poultry Science**, v.27, p.289-300, 1986.

TAKAHASHI H., IIGO M., ANDO K., TACHIBANA T., DENBOW M., FURUSE M. Regulation of body temperature by thyrotropin-releasing hormone in neonatal chicks. **Developmental Brain Research**, v.157, p.58– 64, 2005.

TZSCHENTKE B. & PLAGEMANN A. imprinting and critical periods in early development. **World's Poultry Science Journal**, v.62, p.626-637, 2006.

UNI Z., GAL-GARBER O., GEYRA A., SKLAN D., YAHAV S. Changes in growth and function of chick small intestine epithelium due to early thermal conditioning. **Poultry Science**, v.80, p.438-445, 2001.

URBANO T. **Níveis de inclusão de óleo de soja na ração de frangos de corte criados em temperaturas termoneutra e quente.** 2006. 60f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, 2005.

VAN DER HEL W., VERSTEGEN M.W.A., HENKEN A.M., BRANDSMA H.A. The upper critical ambient temperature in neonatal chicks. **Poultry Science**, v.70, p.1882-1887, 1991.

WANG S. & EDENS F.W. Heat conditioning induces heat shock proteins in broiler chickens and turkey poults. **Poultry Science**, v.77, p.636-45, 1998.

WIERNUSZ C.J., & TEETER R.G. Acclimation effects on fed and fasted broiler thermotolerance during thermoneutral and high ambient temperature exposure. **British Poultry Science**, v.37, p.677-687, 1996.

YAHAV S. & HURWITZ S. Induction of thermotolerance in male broiler chickens by temperature conditioning at an early age. **Poultry Science**, v.75, p.402-406, 1996.

YAHAV S & McMURTRY J. P. Thermotolerance acquisition in broiler chickens by temperature conditioning early in life – the effect of timing and ambient temperature. **Poultry Science**, v.80, p.1662-1666, 2001.

YAHAV S. & PLAVNIK I. Effect of early-age thermal conditioning and food restriction on performance and thermotolerance of male broiler chickens. **British Poultry Science**, v.40, p.120-126, 1999.

YAHAV S., SHAMAY A., HOREV G., BAR-ILAN D., GENINA O., FRIEDMAN-EINAT M. Effect of acquisition of improved thermotolerance on the induction of heat shock proteins in broiler chickens. **Poultry Science**, v.76, p.1428-1434, 1997.

YALCIN S., OZKAN S., TURKMUT L., SIEGEL P.B. Responses to heat stress in commercial and local broiler stocks. 1. Performance traits. **British Poultry Science**, v.42, p.149-52, 2001.

ZHOU W. T., FUJITA M., ITO T., YAMAMOTO S. Effects of early heat exposure on thermoregulatory responses and blood viscosity of broilers prior to marketing. **British Poultry Science**, v.38, p.301-306, 1997.

ZULKIFLI I., CHE NORMA M.T., ISRAF D.A., OMAR A.R. The effect of early age feed restriction on subsequent response to high environmental temperatures in female broiler chickens. **Poultry Science**, v.79, p.1401-7, 2000.