

PEDRO EDUARDO BITENCOURT GOMES

**VITAMINA C E CROMO EM DIETAS PARA FRANGOS DE CORTE NO
PERÍODO DE 22 A 42 DIAS DE IDADE**

TERESINA, 2020

PEDRO EDUARDO BITENCOURT GOMES

**VITAMINA C E CROMO EM DIETAS PARA FRANGOS DE CORTE NO
PERÍODO DE 22 A 42 DIAS DE IDADE**

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

Área de Concentração: Produção Animal

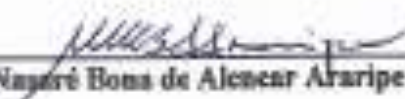
VITAMINA C E CROMO ORGÂNICO EM DIETAS PARA FRANGOS DE
CORTE NO PERÍODO DE 22 A 42 DIAS DE IDADE

PEDRO EDUARDO BITENCOURT GOMES

Tese aprovada em: 25/05/2020


Banca Examinadora:


Prof. Dr. Agostinho Valente de Figueiredo (Presidente) / DZO/CCA/UFPI


Profa. Dra. Maria de Nazaré Bona de Alencar Araripe (Interna) / DZO/CCA/UFPI


Profa. Dra. Elvânia Maria da Silva Costa (Interna) / CPCE/UFPI


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


Profa. Dra. Mabel Nery Ribeiro (Externa) / IFPI

“Aqueles que se sentem satisfeitos sentam-se e nada fazem. Os insatisfeitos são os únicos benfeitores do mundo.” (Walter S. Landor)

Aos meus pais, Pedro e Jesus,

pelo apoio incondicional e por sempre mostrar o caminho correto e justo.

A minha amada esposa,

Por ser a maior incentivadora e entusiasta desta jornada.

A todos meus familiares e amigos,

que torceram para eu cumprir mais uma missão.

AGRADECIMENTO

A Universidade Federal do Piauí (UFPI) por contribuir com minha formação acadêmica.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, especialmente ao coordenador Prof. Dr. Arnaud Azevedo Alves, pelo exemplo de profissionalismo e competência, e ao secretário Luiz Gomes da Silva pela disponibilidade em ajudar sempre.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) pela concessão da bolsa de estudos.

Ao Colégio Agrícola de Teresina, por ceder às instalações avícolas para realização do experimento.

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí, Campus Teresina Central, por viabilizar a realização de análises no laboratório de Tecnologia em Alimentos, principalmente aos técnicos Luan Ícaro Freitas Pinto e Poliana Brito Sousa

Ao Departamento de Zootecnia do Centro de Ciências Agrárias da UFPI, pela estrutura concedida para a realização do experimento de campo e análises laboratoriais.

Ao professor Dr. Agostinho Valente de Figueiredo, por anos de conhecimentos compartilhados e sempre nos apoiar nas nossas decisões.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, em especial ao professor Dr. João Batista Lopes, por ter concedido a primeira experiência no meio científico e permanecer ao nosso lado até os dias atuais.

Aos funcionários do Departamento de Zootecnia do Centro de Ciências Agrárias da UFPI, aos técnicos de laboratório Sr. Lindomar de Moraes Uchoa e Sr. Manoel José de Carvalho, ao funcionário Isaias Soares e toda a equipe de terceirizados do Departamento de Zootecnia CCA/UFPI pelo apoio e presteza em todas as atividades exercidas neste setor.

Aos integrantes do grupo de pesquisa em nutrição de não ruminantes: Jefferson Douglas, Ravena Carvalho, Ramon Rêgo, Rayra Rodrigues, Vêritha Gomes, pela disponibilidade e colaboração na execução desta pesquisa.

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

A Deus, por guiar meus passos no caminho correto.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	VIII
LISTA DE GRÁFICOS	IX
RESUMO	X
ABSTRACT	XI
1 INTRODUÇÃO	12
2 REFERENCIAL TEÓRICO	14
2.1 Estresse pelo calor na produção de frangos de corte	14
2.2 Vitamina C na nutrição de frangos de corte	19
2.3 Cromo na nutrição de frangos de corte	22
2.4 Associação de vitamina C e cromo para frangos de corte	25
3 CAPÍTULO 1 - Vitamina C e cromo para frangos de corte mantidos em ambiente de desconforto pelo calor.	27
4 CAPÍTULO 2 - Vitamina C e cromo sobre temperatura corporal e qualidade da carne de frangos de corte.	45
5 CAPÍTULO 3 - Vitamina C e cromo sobre os parâmetros bioquímicos de frangos de corte em desconforto térmico.	59
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	72
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	73

Capítulo 1	Página
Tabela 1. Composição percentual e conteúdo nutricional das dietas experimentais para frangos de corte no período de 22 a 33 dias de idade	32
Tabela 2. Composição percentual e conteúdo nutricional das dietas experimentais para frangos de corte no período de 34 a 42 dias de idade	33
Tabela 3. Desempenho produtivo de frangos de corte, alimentados com dietas suplementadas com vitamina C e cromo orgânico na fase de 22 a 33 dias de idade	37
Tabela 4. Desempenho produtivo de frangos de corte, alimentados com dietas suplementadas com vitamina C e cromo orgânico na fase de 22 a 42 dias de idade	38
Tabela 5. Rendimento de carcaça, cortes nobres e gordura abdominal de frangos de corte aos 42 dias de idade, alimentados com dietas suplementadas com vitamina C e cromo orgânico	39
Tabela 6. Peso relativo de órgãos digestivos e coração de frangos de corte aos 42 dias de idade, alimentados com dietas suplementadas com vitamina C e cromo orgânico	41
Tabela 7. Peso relativo de timo, baço e bolsa cloacal de frangos de corte, aos 42 dias de idade, alimentados com dietas suplementadas com vitamina C e cromo orgânico	42
Capítulo 2	Página
Tabela 1. Composição percentual e conteúdo nutricional das dietas experimentais para frangos de corte no período de 22 a 33 dias de idade	52
Tabela 2. Composição percentual e conteúdo nutricional das dietas experimentais para frangos de corte no período de 34 a 42 dias de idade	53
Tabela 3. Temperaturas, em °C, superficial média (TSM), cloacal (TC) e corporal média (TCM) de frangos de corte no período de 22 a 42 dias de idade, alimentados com dietas suplementadas com vitamina C e Cromo	58
Tabela 4. Acidez, pH e índice de vitamina C na carne de frangos de corte, aos 42 dias de idade, alimentados com dietas suplementadas com vitamina C e cromo	58
Capítulo 3	Página

Tabela 1. Composição percentual e conteúdo nutricional das dietas experimentais para frangos de corte no período de 22 a 33 dias de idade	61
Tabela 2. Composição percentual e conteúdo nutricional das dietas experimentais para frangos de corte no período de 34 a 42 dias de idade	61
Tabela 3. Perfil lipídico sérico de frangos de corte, aos 42 dias de idade, alimentados com dietas suplementadas com vitamina C e cromo	66
Tabela 4. Perfil bioquímico hepático de frangos de corte, aos 42 dias de idade, alimentados com dietas suplementadas com vitamina C e cromo	67
Tabela 5. Perfil de metabólitos séricos de frangos de corte, aos 42 dias de idade, alimentados com dietas suplementadas com vitamina C e cromo	68

LISTA DE GRÁFICOS

CAPITULO 1

Gráfico 1. Média da Temperatura e Umidade relativa do ar no galpão 01	36
Gráfico 2. Média da Temperatura e Umidade relativa do ar no galpão 02	36

CAPITULO 2

Gráfico 1. Média da Temperatura e Umidade relativa do ar no galpão 01	56
Gráfico 2. Média da Temperatura e Umidade relativa do ar no galpão 02	56

CAPITULO 3

Gráfico 1. Média da Temperatura e Umidade relativa do ar no galpão 01	64
Gráfico 2. Média da Temperatura e Umidade relativa do ar no galpão 02	64

VITAMINA C E CROMO EM DIETAS PARA FRANGOS DE CORTE NO PERÍODO DE 22 A 42 DIAS DE IDADE

RESUMO

A temperatura ambiente pode interferir nos índices produtivos, fisiológicos e bioquímicos em frangos de corte. Dessa forma, em regiões de clima quente, torna-se importante o uso de alternativas nutricionais visando melhor produtividade. Objetivou-se avaliar os efeitos da suplementação de vitamina C e cromo orgânico em dietas para frangos de corte, mantidos em condições naturais de desconforto térmico. Utilizou-se 630 frangos de corte machos, para avaliar o desempenho produtivo: consumo de ração, ganho de peso, conversão alimentar, índice de eficiência produtiva e viabilidade criatória, no período 22 a 33 e 22 a 42 dias de idade. Adicionalmente, foi avaliado o rendimento de carcaça e de cortes, peso relativo dos órgãos digestivos e do coração, peso relativo dos órgãos linfoides, bioquímica sérica e parâmetros de qualidade de carne, aos 42 dias de idade, além da temperatura corporal dos animais durante todo experimento. Os tratamentos consistiram em dietas suplementadas com dois níveis de vitamina C: 150 e 300 mg de vitamina C/kg de ração, na forma de ácido ascórbico revestido, associada a três níveis cromo-levedura: 0,3 mg, 0,6 mg e 0,9 mg de cromo/kg de ração e uma dieta controle, sem suplementação de vitamina C e cromo, totalizando sete tratamentos e cinco repetições em cada tratamento. Durante todo o período experimental, os animais estiveram em desconforto pelo calor ambiente, com temperatura média de $26,84 \pm 1,68$ °C e ITGU de 78,49. Os níveis de cromo orgânico reduziram linearmente o peso de fígado e influenciaram de forma quadrática o peso de bolsa cloacal. Os parâmetros de desempenho, rendimento de carcaça, gordura abdominal, parâmetros bioquímicos e de qualidade de carne não sofreram influência dos níveis suplementares de vitamina C e cromo orgânico, demonstrando que a síntese de vitamina C pelas aves e o cromo presente na dieta basal são suficientes para atender as exigências destes animais para as condições do estudo.

Palavras-chave: antioxidante, avicultura, bioquímica sérica, estresse por calor, metabolismo.

VITAMIN C AND CHROME IN DIETS FOR CHICKEN IN THE PERIOD OF 22 TO 42 DAYS OF AGE

ABSTRACT

The ambient temperature can interfere in the productive, physiological and biochemical indices in broilers. Thus, in hot climates, it is important to use nutritional alternatives for better productivity. The objective was to evaluate the effects of supplementation of vitamin C and organic chromium in diets for broilers, kept under natural conditions of thermal discomfort. 630 male broilers were used to evaluate production performance: feed consumption, weight gain, feed conversion, productive efficiency index and creative viability, in the period 22 to 33 and 22 to 42 days of age. Additionally, carcass and cut yields, relative weight of digestive organs and heart, relative weight of lymphoid organs, serum biochemistry and meat quality parameters, at 42 days of age, in addition to the body temperature of the animals were evaluated throughout experiment. The treatments consisted of diets supplemented with two levels of vitamin C: 150 and 300 mg of vitamin C / kg of feed, in the form of coated ascorbic acid, associated with three levels of yeast: 0.3 mg, 0.6 mg and 0.9 mg of chromium / kg of feed and a control diet, without vitamin C and chromium supplementation, totaling seven treatments and five repetitions in each treatment. Throughout the experimental period, the animals were discomforted by the ambient heat, with an average temperature of 26.84 ± 1.68 °C and ITGU of 78.49. The levels of organic chromium linearly reduced the weight of the liver and quadratically influenced the weight of the cloacal pouch. The performance parameters, carcass yield, abdominal fat, biochemical parameters and meat quality were not influenced by supplementary levels of vitamin C and organic chromium, demonstrating that the synthesis of vitamin C by birds and the chromium present in the basal diet are sufficient to meet the requirements of these animals for the conditions of the study.

Keywords: antioxidant, poultry, serum biochemistry, heat stress, metabolism.

1 INTRODUÇÃO

A produção de frangos de corte é umas das principais atividades do agronegócio no Brasil, tornando-o um dos maiores produtores e exportadores de carne de frango do mundo. Pesquisas na área de nutrição animal, melhoramento genético, sanidade, ambiência e manejo favoreceram a maximização dos resultados da cadeia avícola.

Diversos elementos podem interferir na produtividade dos animais, especialmente em regiões de clima tropical, nas quais as variáveis climáticas tornam-se fatores limitantes para o máximo desenvolvimento da cadeia produtiva. Temperatura, umidade, radiação solar e velocidade do ar representam variáveis que podem interferir na homeostase dos animais, gerando redução no desempenho e, em casos extremos, levar a morte dos animais.

O clima é um fator crucial na produção avícola, uma vez que, além de afetar o bem-estar dos animais, pode gerar perdas econômicas significativas por meio do estresse agudo ou crônico (ROUSHDY; ZAGLOOL; EL-TARABANY, 2018). Temperaturas acima da zona de conforto térmico dos animais têm sido relacionadas com oxidação de membranas celulares, refletindo na peroxidação lipídica em tecidos e no sangue (ATTIA et al., 2016), modificações na resposta imune e diminuição na síntese de anticorpos (HABIBIAN et al., 2013), além de retardar o desenvolvimento dos órgãos linfoides (ZHANG et al., 2012).

O rendimento de carcaça, a deposição de proteína nos diversos cortes e a qualidade da carne também podem sofrer alterações devido ao estresse por altas temperaturas ambientais (CHENG et al., 2018).

Alterações na estrutura física dos aviários, visando o conforto térmico dos animais, geralmente tornam a produção onerosa, inviabilizando a atividade. Assim, modificações na dieta, visando minimizar os efeitos negativos do clima sobre os animais, tornam-se importante fonte alternativa de pesquisa na produção de frango de corte.

Minerais e vitaminas são essenciais para a homeostase e estão envolvidos nos mais diversos processos metabólicos do organismo, relacionados com a saúde, crescimento, reprodução e produção. Neste contexto, quando utilizados de forma suplementar, assumem a posição de nutrientes funcionais, podendo gerar benefícios adicionais para as aves, como melhora no desempenho, nos parâmetros de imunidade e na qualidade da carne.

Em aves, a vitamina C é considerada um nutriente não essencial, pois sua síntese ocorre nos rins dos animais por meio da ação da enzima gulonolactona oxidase. Entretanto, animais submetidos a situações de estresse, podem diminuir a síntese de vitamina C e, dessa forma, tendem a ter maior exigência do que a capacidade de produção do organismo (MINK; AYO, 2010).

Entre os microminerais, o cromo torna-se importante objeto de pesquisa por participar ativamente do metabolismo de proteínas, lipídios e carboidratos. Sua principal função está na formação da molécula fator de tolerância à glicose (GTF) que potencializa a ação da insulina na célula, estimulando sua capacidade de utilização da glicose. Além disto, o metabolismo da insulina influencia na permeabilidade celular e conseqüentemente na peroxidação lipídica, assim, como um cofator da insulina, o cromo pode agir como antioxidante (TOGHYANI et al., 2012).

Ao associarmos dois nutrientes, como vitamina C e cromo, busca-se sinergismo dos elementos para melhor resposta dos animais em ambiente estressantes pelo calor. Por esses aspectos, a pesquisa foi desenvolvida para avaliar a influência da suplementação da vitamina C associada ao cromo orgânico na dieta de frangos de corte, sobre os parâmetros produtivos, fisiológicos, imunológicos e de qualidade de carne, mantidos em condições naturais de temperatura ambiente elevada, no período de 22 a 42 dias de idade.

A tese foi estruturada da seguinte forma: 1) Introdução; 2) Referencial Teórico; 3) Capítulo 1 – artigo científico intitulado: “**Vitamina C e cromo orgânico para frangos de corte no período de 22 a 42 dias de idade mantidos em ambiente de desconforto térmico.**”, que será submetido a revista Ciência e Agrotecnologia; 4) Capítulo 2 – artigo científico intitulado: “**Vitamina C e cromo sobre temperatura corporal e qualidade da carne de frangos de corte.**”, que será submetido a revista Ciência Agronômica; 5) Capítulo 3- artigo científico intitulado “**Vitamina C e cromo sobre os parâmetros bioquímicos de frangos de corte em desconforto térmico.**” que será submetido a revista Ciência Agronômica; 6) Considerações finais; 7) Referências Bibliográficas, redigida conforme a Resolução 001/03-Coordenação do Curso de Doutorado em Ciência Animal (CCMCA), de 22/05/2003, que estabelece as normas editoriais do Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal da Universidade Federal do Piauí

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Estresse pelo calor na produção de frangos de corte

Em regiões de clima tropical, o estresse por calor em frangos de corte torna-se um tema relevante, visto que este fenômeno fisiológico está diretamente ligado aos índices produtivos dos animais. O termo estresse é bem amplo, podendo ser considerado desde uma esfera de bem-estar animal, até modificações do ponto de vista fisiológico. Em âmbito geral, qualquer condição que altere o mecanismo homeostático do corpo (CIRULE et al., 2012), gerando uma condição conhecida como angústia, é caracterizado por estresse (VIRDEN; KIDD, 2009).

Os frangos de corte são animais homeotermos, possuindo a capacidade de manter a temperatura corporal dentro de uma estreita faixa de variação, buscando equilíbrio dinâmico com o ambiente. Comumente, em regiões tropicais, as necessidades de temperatura de conforto para as aves não são atendidas, principalmente nas últimas semanas do ciclo produtivo, fazendo com que as trocas de calor dos animais com o ambiente sejam intensificadas, sob pena de alto gasto calórico. A temperatura de neutralidade das aves varia de 18° a 20° C (ROSS-AVIAGEN, 2014) e em condições superiores a esta faixa, alterações produtivas, reprodutivas (ALAGAWANY et al., 2017), imunitaria (DEL VESCO et al., 2017), bioquímicas (BAGHBAN KANANI et al., 2016) e de qualidade de carne (TANG et al., 2013) são observadas.

As aves atingem a maturidade do sistema termorregulatório a partir dos dez dias pós-eclosão, apresentando uma sensibilidade a baixas temperaturas nos primeiros dias de vida. Com o crescimento dos animais, esta condição vai se invertendo, passando a ter sensibilidade a altas temperaturas nas últimas semanas do ciclo produtivo. Durante o ciclo de produção, as temperaturas de conforto térmico dos animais são modificadas de 34°C na primeira semana, para até 18°C na sexta semana do ciclo. Isto decorre do rápido crescimento e das diversas mudanças fisiológicas que ocorrem nos animais (NASCIMENTO et al., 2014).

As trocas de calor dos animais com o ambiente variam de acordo com seu metabolismo basal, atividade motora, processo digestivo e com o próprio ambiente térmico em que as aves estão inseridas. As trocas sensíveis são as primeiras formas de troca de calor. São compostas por radiação, convecção e condução, que para ocorrer, dependem de um diferencial de temperatura entre os corpos, com fluxo de temperatura da superfície com maior calor para o de menor calor (YAHAV et al., 2009).

Quanto maior for a diferença de temperatura entre os corpos, menor será o gasto energético para a ave e maior será a troca de calor. Estas trocas são realizadas de forma mais

eficiente em regiões do corpo nas quais existem maior fluxo sanguíneo superficial, assim como em regiões com menor concentração de penas (NÄÄS et al., 2010).

Outra forma de perda de calor é por meio das excretas, resultando em maior produção de urina, desde que compensada por maior consumo de água. Macari (2001) afirma que com a diferença de térmica de 5°C do animal para o ambiente, a ave tem pouco gasto energético para ativar seus mecanismos de alarme. No entanto, quando essa diferença de temperatura se aproxima de zero, estando a ambiental mais próxima do animal, a ave não conseguirá perder calor, ocorrendo acúmulo de energia no seu corpo, fazendo com que a temperatura interna aumente, levando os animais a ativarem outros mecanismos para perder calor, como a forma evaporativa.

A forma latente ou evaporativa de perda de calor é realizada por meio do fluxo de massas entre o animal e o ambiente externo, principalmente pela utilização de gases e vapor de água, na dependência de uma diferença de concentração entre as duas superfícies (DA SILVA; MAIA, 2013). Este processo é realizado com alto gasto energético por meio da respiração, sempre com perda de energia térmica, além de interferir no conteúdo de água do organismo e no equilíbrio ácido-básico do sangue (YAHAV et al., 2009).

A perda excessiva de CO₂ devido a hiperventilação pulmonar leva a uma diminuição na pressão parcial de CO₂, fazendo com que diminua a concentração de hidrogênio (H⁺) e de ácido carbônico (H₂CO₃) na circulação, ocasionando um desequilíbrio no pH sanguíneo. Os rins, em resposta ao meio acidificado, reduzem a excreção de H⁺ e aumentam a de HCO₃⁻ na tentativa de manter o equilíbrio, gerando outro transtorno chamado alcalose respiratória (OLANREWAJU et al., 2010). Como a oxigenação não está sendo eficiente, a frequência cardíaca aumenta, na tentativa de suprir mais rapidamente o oxigênio dos tecidos, causando uma hipertensão pulmonar, aumentando a resistência ao fluxo sanguíneo no pulmão, culminando em extravasamento de fluido para o exterior das células, levando a um quadro de ascite (GONZALES; MACARI, 2000)

O estresse térmico afeta o funcionamento do sistema hipotálamo-hipófise-adrenal. Elevadas temperaturas ambientais aumentam a temperatura da região de cabeça das aves, alterando a morfofisiologia do hipotálamo (HEA et al., 2019). Dessa forma, o hipotálamo envia sinapses para a hipófise resultando na secreção do hormônio adrenocorticotrófico que sinaliza a secreção de glicocorticoide pela glândula adrenal (LOTVEDT et al., 2017), sendo que, nas aves, está presente na forma de corticosterona (MORMEDE et al., 2007).

Níveis elevados de corticosterona na circulação sanguínea altera a síntese de glicose, o metabolismo mineral, aumenta o risco de doenças cardiovasculares e de lesões intestinais

(ROMERO et al., 2015). Devido a isto, a glicose, por fazer parte da molécula de corticosterona, torna-se importante marcador de situações de estresse.

Outro mecanismo endócrino importante na regulação do estresse é a modulação do calor endógeno exercido pela glândula tireóide, órgão que sintetiza os hormônios triiodotironina (T3) e tiroxina (T4), responsáveis pela regulação metabólica do organismo. A glândula secreta predominantemente T4, do qual origina-se a maior parte do T3 circulante, hormônio este que tem atividade biológica em torno de 5 vezes maior que o T4 (NUNES, 2003). Os hormônios tireoidianos influenciam o desempenho, a síntese de nutrientes, a termogênese e a composição corporal dos animais. No estresse por calor, a produção hormonal tireoidiana e, conseqüentemente, o metabolismo tornam-se menores (MACK et al., 2013). Zagloul et al. (2019), ao compararem grupos de frangos criados em temperatura termoneutra (22 a 25°C) e em estresse por calor (34°C) observaram redução linear do nível sérico de T3 nos animais que se mantiveram em estresse, resultados esses que influenciaram negativamente o desempenho e a imunidade dos animais.

O sistema imunológico das aves é composto pelo sistema linfoide primário, que contempla bolsa cloacal e timo e pelo sistema linfoide secundário, formado pelo baço e tecidos linfoides associado a mucosas (OLÁH; VERVELDE, 2008). Altas temperaturas podem afetar negativamente o peso dos órgãos imunitários (QUINTEIRO-FILHO et al., 2010), bem como os níveis de anticorpos circulantes (SUGIHARTO et al., 2017) gerando supressão do sistema imunológico (HABIBIAN et al., 2013).

Os heterófilos são as primeiras células a serem recrutadas para um sítio de inflamação, sendo responsáveis pela resposta imune inata. Por outro lado, os linfócitos são responsáveis pela imunidade adaptativa. Em situações de estresse, a relação heterófilo:linfócito aumenta (NOFAL et al., 2015) como consequência do aumento de heterófilos e redução dos linfócitos, sendo esta relação proposta como um indicador sensível de estresse crônico em frangos de corte (BORGES et al. 2003)

As concentrações de alguns elementos da bioquímica sanguínea refletem o estado fisiológico do animal, servindo como base sobre a homeostase do organismo, repercutindo respostas decorrentes de fatores intrínsecos, como idade, sexo e raça, e de fatores extrínsecos como ambiente, alimentação e manejo (YARI et al. 2014). Alterações enzimáticas e de metabólicos são observadas em animais em situações de estresse térmico (AZAD et al., 2010).

As enzimas estão distribuídas de forma variável na célula, sendo as citoplasmáticas liberadas mais precocemente e as mitocondriais sendo liberadas após um dano celular mais severo (LUMEIJ, 2008). Quando os valores enzimáticos estão elevados, dão ideia da extensão

de lesão do órgão de onde esta enzima provém (CAPITELLI; CROSTA, 2013). Algumas são usadas como triagem da função hepática, como aspartato aminotransferase (AST), alanina aminotransferase (ALT), glutamato desidrogenase (GLDH) e lactato desidrogenase (HLD) que avaliam as disfunções decorrentes de lesões nas membranas dos hepatócitos ou ainda as que avaliam o processo de colestase como gama glutamiltranserfase (GGT) e fosfatase alcalina (FA) (BORSA et al., 2006).

Em estudo de Khan et al. (2002), os autores observaram que houve aumento crescente nos níveis de AST e de ALT em frangos de corte expostos em 3 categorias de temperatura, 28-32 °C, 35-40 °C e 40 – 45 °C. Da mesma forma, Zulkifli et al. (2009) e Baghban Kanani et al. (2016) observaram aumento das atividades enzimáticas em estresse térmico a 32°C.

A grande maioria das proteínas circulantes são produzidas pelo fígado, sendo responsáveis pela manutenção da pressão osmótica, do pH sanguíneo e de transporte de metabólicos e hormônios (MELILLO, 2013). Em regiões de clima quente, onde as aves tendem a diminuir peso dos órgãos metabolicamente ativos, como o fígado, na tentativa de diminuir a produção de calor endógeno, torna-se importante a mensuração destes metabólitos hepáticos. Dentre eles, a albumina é a mais abundante, representando de 40 a 50 % das proteínas totais e em casos de insuficiência hepática, renal e gastrointestinal tende a aumentar a relação albumina/globulina, levando a um quadro de hipoproteinemia (LIU et al., 2016)

O colesterol é o lipídio encontrado em maior concentração nas membranas celulares e é precursor dos hormônios esteroides, da vitamina D e de ácidos biliares, sendo de origem hepática e nutricional (ATTIE, 2007). Também por caráter nutricional os triglicerídeos são esterificados na mucosa intestinal e possuem a importante função de reserva energética. Liu et al. (2016) ao aplicarem corticosterona em frangos de corte para mimetizar o efeito dos glicocorticoides em estresse crônico, observaram que há um aumento da síntese de colesterol e sua captação pelo fígado.

A glicose é um dos metabolitos mais sensíveis em situações de estresse, visto que é diretamente ligado ao eixo hipotalamo-hipofise-adrenal. Nestas situações, o nível e o consumo de glicose são aumentados para compensar um maior gasto energético. Uma parte desta energia vai para o crescimento e outra parte é desviada para manter a homeotermia (TANG et al., 2013). Em estudo de Zhou et al. (2019), os pesquisadores demonstraram que os níveis de glicose aumentam e o desempenho das aves diminuem em situação de aumento gradativo de temperatura, de 20 a 32°C, simulando situação de estresse crônico.

A creatina quinase (CK) é usada para avaliar função muscular nas aves, onde o aumento na sua concentração indica lesão muscular. Frangos de corte geralmente possuem altos níveis

de CK devido ao seu rápido crescimento (RAJMAN et al., 2006) e a altas temperaturas aumentam seus níveis (LIU et al., 2016) sugerindo um maior desgaste muscular.

Outra forma de identificação de desconforto térmico é pela própria temperatura dos animais. A temperatura corporal de frangos de corte adulto é em torno de 41 a 42°C e pode ser usada como indicativo de estresse térmico, pois à medida que aumenta o calor ambiental, a temperatura do animal tende a aumentar proporcionalmente.

A temperatura cloacal reflete a condição térmica central do organismo, sendo um parâmetro para avaliação de perda e ganho de calor (EDGAR et al., 2013). Aferições desta variável servem como base para avaliação do grau de adaptação das aves às condições de estresse térmico (CHEN et al., 2013), sendo demonstrado por Nofal et al. (2015), onde observaram que a temperatura cloacal aumentou significativamente ($P \leq 0,01$) nos animais que estavam em ambiente de estresse pelo calor, em comparação ao grupo que se manteve na termoneutralidade.

Existem relações entre a temperatura cloacal, a corporal superficial e a do ambiente (GILOH et al., 2012) e que áreas do corpo desprovidas de penas sofrem uma variação maior térmica do que as que contêm penas. Com o aumento da idade, os animais tendem a ficar com mais penas, aumentando a temperatura superficial e dificultando a troca de calor com o ambiente, fortalecendo a preocupação com o uso de estratégias que diminuam o estresse pelo calor na fase final do ciclo produtivo (NASCIMENTO et al., 2014). Além disso, o aumento da temperatura corporal e cloacal estão diretamente correlacionadas com a produção de espécies reativas de oxigênio (MUJAHID et al., 2005).

As espécies reativas são íons, átomos ou moléculas derivados do oxigênio que possuem alta reatividade e em sua maioria são classificadas como radicais livres, ou seja, possuem, pelo menos, um elétron desemparelhado em seus orbitais, permitindo a transposição de um elétron para a molécula vizinha, criando alterações no ambiente celular e modificando a sua fisiologia (MARTELLI; NUNES, 2014).

Sua produção pode ser de caráter endógeno, ou por fonte exógena, como a exposição à radiação e a altas temperaturas. O sistema antioxidante enzimático representa a primeira barreira de combate contra o estresse oxidativo nas células. Ele é composto principalmente pelas enzimas superóxido-dismutase, glutatona-peroxidase, glutatona redutase e catalase, além das vitaminas C e E e outras substâncias como flavonóides, bilirrubina e licopeno. Os antioxidantes, mesmo em pequenas concentrações, atrasam ou inibem os processos de oxidação. Estas substâncias agem neutralizando a ação dos radicais livres ou participam de sistemas enzimáticos que realizam esta função.

Em trabalho de Yang et al. (2010), a exposição ao estresse térmico em frangos de corte, provocou um aumento na produção de espécies reativas de oxigênio, aumento da peroxidação lipídica e diminuição das enzimas antioxidantes. De forma semelhante, Ismail et al. (2013) observaram decréscimo das atividades enzimáticas em altas temperaturas. Além disso, temperaturas elevadas na fase final de produção, fazem com que os animais fiquem em um estado de estresse que podem prejudicar o produto final, a carne. Animais estressados pouco tempo antes do abate, tendem a atingir o pH final da carne antes do previsto, pois a aceleração do processo de glicólise anaeróbica resulta na formação e acúmulo de lactato no músculo, fazendo com que haja uma redução no pH, modificando a qualidade final da carne (LAWRIE, 2005).

Estudos (MOHAMMADI; GHAZANFARI; SHARIFI, 2019) mostram que a suplementação com nutrientes funcionais em frangos de corte em estresse por calor tendem a melhorar a qualidade da carne, embora Souza et al. (2010) não tenham encontrado diferenças significativas ao trabalharem com níveis até 600 µg/kg de cromo.

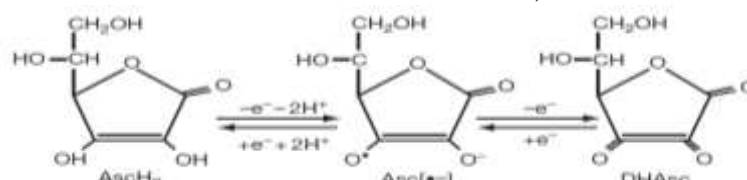
Devido a todos esses efeitos que o estresse térmico pode levar aos frangos de corte, a busca por alternativas que reduzam o custo de produção e tragam benefícios aos índices fisiológicos e zootécnicos é um instrumento necessário de pesquisa e os nutrientes funcionais podem ser objetos de estudo de grande valia.

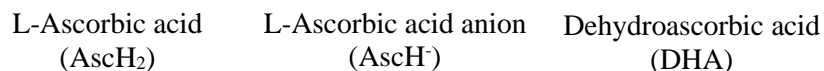
2.2 Vitamina C na nutrição de frangos de corte

De maneira geral, as vitaminas são consideradas como um grupo de compostos orgânicos que possuem finalidades bioquímicas diversas, participando como cofatores em várias reações metabólicas, com requerimento basal de pequenas quantidades para manter a homeostase e desempenhar suas funções (RUTZ; LOPES; LUVIZOTTO, 2017). São classificadas em hidrossolúveis (C e complexo B) ou lipossolúveis (A, D, E e K) conforme sua solubilidade em meio aquoso.

Dentre as vitaminas, a vitamina C é a mais volátil, sendo rapidamente destruída por processos oxidativos, como o calor. Quimicamente, ela pode estar presente na forma oxidada, como ácido desidroascórbico, ou reduzida, como ácido ascórbico. Sua forma química C₆H₈O₆ (176,13 g/mol) refere-se a todos os compostos que realizam atividade biológica semelhante ao ácido L-ascórbico, formando um anel lactona com cinco membros e um grupo enadiol bifuncional com um grupo carbonilo adjacente (Figura 1) (VANNUCCHI; ROCHA, 2012).

Figura 1 – Estrutura molecular do ácido L-ascórbico, ascorbato e dehidroascórbico





Fonte: Czyzowska (2016)

A vitamina C está envolvida nas mais variadas funções estruturais orgânicas, como na biossíntese de colágeno, conversão da vitamina D3 na forma ativa 1,25(OH)2D3, manutenção do epitélio das mucosas e do revestimento dos vasos sanguíneos (ATTIA et al., 2016), síntese e metabolismo de neurotransmissores e formação das hemácias (KHAN et al., 2012).

Nutricionalmente, está classificada como não essencial para aves, visto que as mesmas sintetizam quantidade suficiente para atender a demanda do organismo em homeostase (RUTZ; ANCIUTI; MAIER, 2014). Sua produção é gerada a partir de monossacarídeos como a glicose, frutose e manose, ocorrendo predominantemente nos rins, e em menor quantidade no fígado, através da ação enzimática da L-gulonolactona oxidase, que catalisa a etapa terminal da síntese do ácido ascórbico utilizando a glicose-1-fosfato como substrato (KHAN et al., 2012).

A produção industrial da vitamina C ocorre através de uma técnica denominada processo Reichstein, envolvendo síntese química, fermentação e mistos de ambos, a partir da glicose. Atualmente utiliza-se cepas bacterianas geneticamente modificadas *Acetobacter* ou *Gluconobacter* para realizar a técnica denominada de dupla fermentação (SORIO, 2012) para gerar vitamina C sintética. Macroscopicamente, é um produto de cor branca e solúvel em água.

Sua absorção nas aves ocorre estritamente pela borda em escova da mucosa intestinal, por meio da difusão passiva (COMBS; GERALD, 2012). Após absorção, o ácido ascórbico livre não necessita de transportador por ser hidrossolúvel e a parte que é convertida a dehidroascorbato, formado pela oxidação do ascorbato, é transportado pelas hemácias, retornando para a condição de ascorbato no meio intracelular (VANNUCCHI; ROCHA, 2012).

Condições estressoras, como temperaturas acima da zona de conforto térmico, podem interferir na síntese endógena de vitamina C, assim como reduzir sua absorção intestinal, podendo interferir em seus níveis plasmáticos ideais, prejudicando suas funções fisiológicas, com diminuição nos índices zootécnicos dos animais (IMIK et al., 2013).

Metabolicamente, o ácido ascórbico participa de várias reações, como co-substrato enzimático, ou como fornecedor de equivalentes redutores para uma variedade de compostos bioquímicos. Além disso, pode atuar reduzindo boa parte das espécies reativas de oxigênio, através da doação de elétrons ou da ação sinérgica com enzimas antioxidantes, como a superóxido dismutase, a glutatona peroxidase e a catalase (BÜRZLE; HEDIGER, 2012).

No metabolismo energético, a vitamina C atua na conversão do colesterol em sais biliares que são responsáveis por parte importante do processo de digestão e absorção de lipídios (MOORES, 2013). Age também como coenzima para a biossíntese de carnitina, responsável pelo transporte de ácidos graxos do citoplasma celular para a matriz mitocondrial, gerando ATP (MARZZOCO; TORRES, 2007). Atua também na biodisponibilidade do ferro dietético, mantendo-o na forma reduzida, ferroso, estimulando sua absorção (MAHMOUD et al., 2014).

Sua capacidade antioxidante é devido à característica de troca de elétrons com átomos instáveis, realizando a função de neutralização da peroxidação lipídica contra os efeitos deletérios das espécies reativas de oxigênio. Em uma situação estressora, quando sua síntese se torna prejudicada ou insuficiente, ocorre aumento na produção de espécies reativas de oxigênio, degradando os lipídios poli-insaturados das membranas biológicas, formando o composto orgânico conhecido com malondialdeído. Este metabólito é um importante marcador de estresse oxidativo, podendo ser usado como parâmetro para frangos de corte submetidos a estresse térmico (ROUSHDY; ZAGLOOL; EL-TARABANY, 2018). El-Senousey et al. (2017), ao acrescentarem vitamina C em rações para frangos de corte, identificaram níveis menores de malondialdeído nas amostras de plasma sanguíneo analisadas.

Em estudo de Sahin; Kuçuk (2003), ao suplementarem dietas de frangos de corte criados em temperatura elevada (32°C), com 250mg/kg de vitamina C, observaram aumento nas concentrações de triiodotironina (T3) e tiroxina (T4) e redução nas concentrações séricas de corticosterona, colesterol, glicose e proteínas totais, gerando um aumento de metabolismo e diminuição de parâmetros de estresse. Perai et al. (2014), também observaram aumento dos níveis de T3 e T4 circulantes. A concentração de corticosterona, importante marcador de estresse e influenciador da resposta imune dos animais, foi reduzida ao acrescentar 250mg/kg de vitamina C em dietas de frangos de corte estressados pelo calor, melhorando assim o estado imunitário e a resposta ao estresse (MAHMOUD et al. 2014).

Com relação as observações comportamentais, McKee; Harrison (2013), ao suplementarem com 400 mg/kg de vitamina C na dieta de frangos de corte em estresse térmico, observaram redução na frequência respiratória das aves, fato este que pode está associada a um menor desvio energético para manter a homeotermia e por consequência, uma maior parcela de energia é direcionada para características de desempenho.

O desempenho de frangos de corte em estresse pelo calor tende a melhorar ao suplementar dietas com vitamina C. Fato este comprovado por Attia; Hassan; Qota (2009), que observaram aumento no consumo de ração em animais submetidos a calor cíclico (quatro horas

a $38 \pm 1,4^{\circ}\text{C}$) e por Chand et al (2014), que observaram aumento no consumo de ração e ganho de peso, além de melhor conversão alimentar ao suplementar a dieta contendo 300 mg/kg de vitamina C na dieta de frangos de corte mantidos sobre estresse cíclico. Abudabos et al. (2018) ao suplementar com 200 mg de vitamina C por litro de água de bebida de frangos de corte sob temperatura de 32°C , observaram aumento no ganho de peso e maior rendimento de peito.

Mesmo com essas características conferidas por este nutriente, alguns autores (SOUZA et al., 2011) não observaram melhoras nos parâmetros de desempenho dos animais, tornando os resultados inconsistentes, dificultando a tomada de decisão por conta dos usuários da tecnologia, fazendo com que mais pesquisas sejam necessárias para a elucidação total dos benefícios deste nutriente para frangos de corte mantidos em ambiente de desconforto térmico pelo calor.

2.3 Cromo na nutrição de frangos de corte

Os minerais estão presentes em praticamente todas as vias metabólicas do organismo, auxiliando nas mais variadas funções, como crescimento, produção e regulação de processos metabólicos e energéticos. Sua classificação baseia-se pela quantidade do nutriente que é requerida pelo organismo, podendo ser classificados em macro ou microminerais. O cromo, por ser exigido em pequenas quantidades, é classificado como micromineral.

O cromo pode ser encontrado em toda natureza: na água, no solo e em sistemas orgânicos, em suas formas oxidadas 0, +2 (bivalente), +3 (trivalente) + 6 (hexavalente), sendo a forma trivalente a mais abundante e estável. Dieteticamente, o cromo é um elemento essencial para os animais, visto sua importância no metabolismo de proteínas, lipídios e carboidratos (LEWICKI et al., 2014).

A importância do cromo no ciclo energético é devido sua participação de duas moléculas fundamentais, a cromodulina e o fator de tolerância a glicose (GTF). A primeira age em tecidos periféricos, ligando-se à subunidade β do receptor de insulina, ou em sítios intracelulares, ativando a enzima tirosina quinase, responsável por ativação dos sinais de insulina em cascata, pelo estímulo da proteína transportadora de glicose 4 (GLUT4) que é o principal mediador do transporte de glicose através das membranas das células (LEWICKI et al., 2014). Já a segunda, é uma molécula composta pelo cromo em sinergismo com os aminoácidos ácido glutâmico, cisteína e glicina, juntamente com ácido nicotínico e cálcio, facilitando a ligação insulina-receptor da superfície da célula, potencializando a ação deste hormônio no organismo e intensificando a absorção de glicose (VINCENT, 2010).

O GTF exerce um papel anabólico importante, potenciando a ação da insulina que regula os níveis plasmáticos de glicose. A insulina, por sua vez, possibilita a absorção e o metabolismo da glicose que é utilizada como fonte de energia e em sinergismo com o hormônio do crescimento (GH) e o fator de crescimento insulínico I (IGF-1), controlam a síntese proteica, fundamental para a fisiologia do organismo animal (MOHAMMED et al., 2014). Com o aumento da disponibilidade de insulina e glicose, o processo de gliconeogênese pelo fígado fica reduzido, poupando aminoácidos e direcionando-os para a deposição protéica e crescimento (SOUZA et al., 2010).

Em estudo de Brooks et al. (2016), ao suplementarem dietas para frangos de corte com proprionato de cromo (0,43-0,45 mg/kg), os autores observaram uma diminuição na concentração de ácidos graxos não esterificados decorrente de uma menor lipólise, visto que o cromo estimulou a atividade da insulina e conseqüentemente, otimizou o uso da glicose.

Sethi; Hotamisligil (1999), relataram que o cromo pode inibir a lipogênese, com diminuição dos níveis de lipoproteína lipase, acetil-coenzima A sintetase e GLUT-4. Além disso, o cromo pode inibir a enzima hidroximetilglutaril-CoA-redutase, presente no fígado, que é essencial para a síntese de colesterol, fazendo com que a concentração de colesterol diminua.

Quando frangos de corte estão em situação de estresse, ocorre liberação de glicocorticóides, que interferem negativamente na imunidade (RIMOLD et al., 2015), tanto a função linfocitária quanto na proliferação de leucócitos (JAHANIAN; MIRFENDERESKI, 2015). O cromo auxilia na diminuição dos níveis circulantes destes hormônios por interferência no metabolismo da glicose (Khan et al. 2014). Esta redução é o principal fator para uma melhor resposta imune em animais mantidos sob estresse, que pode conferir melhor desempenho, qualidade da carne e a resistência a patógenos (OBA et al., 2012). Resultados estes que também são devidos a sua capacidade antioxidante, via estímulo das enzimas glutatona peroxidase, glutatona redutase, superóxido dismutase e catalase, além da redução de malondialdeído que é um indicador do processo de peroxidação lipídica (RAO et al., 2012).

O efeito anti-inflamatório do cromo é devido a redução dos níveis de Interferon- α (TNF- α) (AL-RASHEED et al., 2013) e da inibição do fator nuclear kappa B (NF-kB) (SAHIN et al., 2017), um dos principais fatores envolvidos no controle da expressão gênica ligada à respostas inflamatórias de estresse crônico (KUMAR; NEGI; SHARMA, 2011). Com base nisso, Sahin et al. (2017), ao suplementar com 0,78 mg/kg de cromo-histidina observaram influencia do mineral, aumentando a expressão hepática da Nrf-2, e redução da NF-kB no músculo do peito.

O cromo, na natureza, está presente nas formas inorgânica (cloreto ou acetato) e orgânica (picolinato, nicotinato, cromo-metionina, levedura de cromo ou cromo-histidina),

sendo sua absorção dependente de vários fatores, inclusive da forma em que se encontra o mineral (SIRIRAT et. al, 2012). A forma orgânica possui uma maior absorção intestinal, de 15 a 30% (OBA et al., 2012), pois está quelatado com um nutriente de absorção mais estável, como leveduras, aminoácidos ou outros compostos orgânicos que dificultam complexação com substâncias que iriam impedir sua absorção (SAHIN et al., 2010). A forma inorgânica apresenta biodisponibilidade menor que a orgânica, com apenas 1 a 3% de absorção (HOSSAIN et. al, 1998).

Habibian; Ghazi; Moeini (2013) estudaram dois níveis de cromo (0,60 e 1,20 mg de cromo/ kg) e duas fontes (cloreto de cromo e cromo-metionina) e observaram que aqueles que consumiram 1,20 mg/kg de cromo na forma de cromo-metionina apresentaram maior rendimento de peito. Em contrapartida, Zha et al. (2009) utilizaram três fontes de cromo (cloreto de cromo, picolinato de cromo, nanocomposito de cromo) ao nível de 0,5 mg/kg de dieta e relataram um aumento do rendimento de carcaça, independente da fonte de cromo, não diferindo entre as fontes.

A absorção do cromo não está bem esclarecida, mas segundo Khan; Naz; Dhama (2014), ocorre no início do jejuno. Após sua absorção no intestino delgado, o cromo circula no plasma ligado a transferrina (EZE et al., 2014), uma proteína transportadora de ferro, e possivelmente, uma parte também ligada à albumina (BORGUET; CORNELIS; LAMEIRE, 1990). O cromo é encontrado em várias partes do organismo, sendo depositado em maior quantidade no fígado, rins e baço. Sua excreção é por via urinária e tende aumentar em situações de estresse, podendo assim ser suplementado em situações onde os animais estão expostos ao estresse térmico (JAHANIAN; RASOULI, 2015). A deficiência de cromo ocorre quando há estresse metabólico, devido à sobrecarga de metabolismo da glicose, via glicocorticóides, com consequente hiperliberação desse micromineral.

A suplementação dietética com 800 ppb de cromo orgânico melhorou a resposta imune em frangos de corte em estresse pelo calor, devido ao aumento dos títulos de anticorpos contra os vírus causadores da bronquite infecciosa e doença de Newcastle (EBRAHIMZADEH, FARHOOMAND; NOORI, 2013). Dados estes comprovados por Ezzat et al. (2017) que suplementaram com 1200 ppb de picolinato de cromo/kg e observaram que houve melhora nos níveis de títulos de anticorpos contra o vírus da bronquite infecciosa e Newcastle, assim como melhora na concentração de imunoglobulinas (IgG e IgM),

O cromo infere nos níveis bioquímicos dos metabólitos do organismo, como no estudo de Króliczewska et al. (2005), em que os pesquisadores suplementaram com 0,50 mg/kg de cromo-levedura na dieta de frangos de corte e observaram diminuição dos níveis séricos de

colesterol total, lipoproteína de baixa densidade(LDL), triglicerídeos e glicose, e aumento da lipoproteína de alta densidade (HDL), além disso observaram maior ganho de peso e melhor conversão alimentar.

Xiao et al. (2016) observaram decréscimo linear nos níveis de triglicerídeos e LDL, a medida que aumentou-se a suplementação de cromo nas dietas para frangos de corte criados em estresse térmico (35°C), no período de 21 a 42 dias de idade. Estes fatos ocorrem provavelmente pela inibição da enzima hidroximetil-CoA redutase responsável pela síntese do colesterol (SOUZA et al. 2010).

Apesar de várias pesquisas mostrarem inúmeras vantagens da suplementação com cromo em frangos de corte, principalmente em situações de estresse, alguns autores relataram não obtiveram efeitos significativos (GHANBARI et al., 2012). Esta discrepância pode ser devido a diferenças no tipo de fonte de cromo, na matéria-prima para as dietas basais, no ambiente e nos tratamentos experimentais. Contudo, pesquisas com esse mineral são importantes, visto a essencialidade dietética do mineral.

Outro fator a ser considerado é que ainda não há uma recomendação adequada de cromo para as diversas fases do ciclo produtivo em frangos de corte, principalmente em regiões de altas temperaturas, o que desperta o interesse de pesquisadores.

2.4 Associação de vitamina C e cromo para frangos de corte

Alguns minerais e vitaminas, tais como a vitamina C e o cromo podem atuar de forma sinérgica, intensificando ou complementando suas ações. Estes nutrientes estão sendo mencionados na literatura, principalmente em situações de desconforto térmico (JAHANIAN; MIRFENDERESKI, 2015), gerando uma melhora no desempenho, parâmetros fisiológicos, padrão de proteínas plasmáticas e diminuição de taxa glicêmica e de colesterol total (AHMED et al., 2005).

A combinação de ambos também é benéfica contra o estresse oxidativo em aves. Em estudo de Tawfeek et al. (2014), com frangos de corte em situação natural de estresse por calor, os autores observaram diminuição na concentração de malondialdeído. Resultados semelhantes foram encontrados por Perai et al. (2015) em situações de estresse pelo calor e por transporte.

A realização de poucos estudos envolvendo estes dois nutrientes, principalmente em situações de desconforto térmico pelo calor, faz com que esta pesquisa tenha relevância no cenário da avicultura de corte, buscando melhores índices produtivos e de conforto térmico.

3 CAPÍTULO 1
(Ciência e Agrotecnologia)

Vitamina C e cromo para frangos de corte mantidos em ambiente de desconforto pelo calor.

Vitamina C e cromo para frangos de corte mantidos em ambiente de desconforto pelo calor.

RESUMO – A pesquisa foi desenvolvida para avaliar o efeito da suplementação de vitamina C e cromo orgânico em dietas de frangos de corte, criados em ambiente de temperatura naturalmente elevada, no período de 22 a 42 dias de idade, sobre os parâmetros de desempenho, características de carcaça e de cortes, gordura abdominal, peso de órgãos digestivos, coração e órgãos linfóides. Foram utilizados 630 animais, machos, da linhagem Ross 308 AP, com peso médio inicial de 871 ± 10 g distribuídos em delineamento em blocos ao acaso, em esquema fatorial $2 \times 3 + 1$, com dois níveis de vitamina C (150 e 300 mg de ácido ascórbico revestido/kg de ração), três níveis de cromo orgânico (0,3; 0,6 e 0,9 mg/kg de ração) e uma dieta controle (sem suplementação de vitamina C e cromo orgânico), com 5 repetições. A média de temperatura aferida dentro dos galpões foi de $26,84 \pm 1,68$ °C e o ITGU 78,49 comprovando que as aves estiveram em desconforto térmico pelo calor durante o ensaio. Os níveis de cromo orgânico interferiram de forma linear decrescente no peso de fígado e de forma quadrática para o peso de bolsa cloacal. Os níveis suplementares de vitamina C e de cromo orgânico, no período de 22 a 42 dias de idade, não interferiram nos parâmetros de desempenho, rendimento de carcaça e gordura abdominal dos animais, nas condições térmicas registradas.

Palavras chave: Ácido Ascórbico, Antioxidante, Imunidade, Mineral Orgânico

Vitamin C and chromium for broilers kept in an environment of discomfort due to heat.

ABSTRACT

The research was developed to evaluate the effect of supplementation of vitamin C and organic chromium in broiler diets, raised in a naturally high temperature environment, from 22 to 42 days of age, on the performance parameters, characteristics carcass and cuts, abdominal fat, weight of digestive organs, heart and lymphoid organs. 630 male Ross 308 AP animals were used, with an average initial weight of 871 ± 10 g distributed in a randomized block design, in a $2 \times 3 + 1$ factorial scheme, with two levels of vitamin C (150 and 300 mg of coated ascorbic acid / kg of feed), three levels of organic chromium (0.3; 0.6 and 0.9 mg / kg of feed) and a control diet (without supplementation of vitamin C and organic chromium). The average temperature measured inside the sheds was 26.84 ± 1.68 °C and the ITGU 78.49 proving that the birds were in thermal discomfort due to the heat during the test. The levels of organic chromium interfered in a linear decreasing way in the liver weight and in a quadratic way for the cloacal bag weight. The supplementary levels of vitamin C and organic chromium, in the period from 22 to 42 days of age, did not interfere in the parameters of performance, carcass yield and abdominal fat of the animals, in the registered thermal conditions.

Keywords: Ascorbic Acid, Antioxidant, Immunity, Organic Mineral

Introdução

Com o melhoramento genético na avicultura, os frangos de corte tornaram-se menos tolerantes fisiologicamente quando expostos a situações estressoras. Desafios ambientais, como

o desconforto térmico pelo calor, é uma das principais causas de queda de produtividade (Wan et al., 2018).

A utilização de nutrientes funcionais em dietas para frangos de corte, como estratégia de redução dos efeitos negativos gerados pelo desconforto térmico, pode se tornar uma técnica nutricional que melhora o desempenho e parâmetros fisiológicos dos animais.

A vitamina C, merece destaque por ter sua capacidade de síntese reduzida e exigência aumentada em situações estressoras (Chand et al., 2014). Além disso, Mahmoud et al. (2014) afirmam que a suplementação de Vitamina C é benéfica para o organismo dos animais por estar ligada à redução dos níveis do hormônio corticosterona, promovendo melhorias no desempenho e na resposta imune.

O cromo participa da molécula fator de tolerância a glicose, que facilita a ligação insulina-receptor na superfície celular (Vincent, 2010) e da cromodulina, que estimula a proteína transportadora de glicose 4 (Lewicki et al., 2014). Sua forma orgânica possui absorção de até 30% maior, por estar quelatada a um nutriente de absorção mais estável, dificultando a complexação com substâncias que iriam impedir sua absorção (Oba et al., 2012).

Poucas pesquisas foram realizadas para avaliar o efeito sinérgico destes dois nutrientes (Ahmed et al., 2005; Perai et al., 2015), demonstrando que ainda precisa-se buscar mais dados sobre essa interação no organismo de frangos de corte. Diante do exposto, objetivou-se avaliar os efeitos da suplementação da vitamina C e cromo orgânico, sobre o desempenho produtivo, rendimento de carcaça e dos cortes, gordura abdominal e peso relativo dos órgãos digestivos, coração e órgãos linfoides de frangos de corte mantidos em condições de temperatura ambiental elevada na fase de 22 a 42 dias de idade.

Material e Métodos

A pesquisa foi desenvolvida nos galpões de desempenho do Setor de Avicultura do Departamento de Zootecnia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Piauí,

em Teresina - Piauí, município situado na latitude 05° 05' 21'' sul e longitude 42° 48' 07'' oeste e altitude de 74,4 metros (Silva et al., 2015). A região, segundo classificação de Köppen-Geiger, apresenta clima do tipo AW (Kottek et al. 2006). Todos os procedimentos foram aprovados pelo Comitê de Ética em Experimentação com Animais CEEA/UFPI, sob o número 355/17.

Na fase pré-experimental, contemplando o período de 1 a 21 dias de idade, as aves foram criadas em galpão convencional, consumindo ração padrão para as fases específicas de criação, formulada para atender às exigências nutricionais, segundo Rostagno et al. (2017), e manejadas de acordo com o manual da linhagem trabalhada (Ross-Aviagen, 2014).

Aos 22 dias de idade, foram selecionados 630 machos, da linhagem Ross 308 AP, com peso médio inicial de 871 ± 10 g. As aves foram distribuídas em delineamento em blocos ao acaso, em função da disposição dos galpões, em esquema fatorial $2 \times 3 + 1$, sendo dois níveis de vitamina C (150 e 300 mg de ácido ascórbico revestido/kg de ração), três níveis de cromo orgânico (0,3, 0,6 e 0,9 mg/kg de ração) e uma dieta controle (sem suplementação de vitamina C e cromo orgânico), totalizando sete tratamentos e cinco repetições.

A unidade experimental foi representada por 18 aves/boxe, utilizando-se 35 boxes, contendo cada um, área de 2,70 m², com piso de cimento e cama de casca de arroz, em dois galpões de alvenaria, cobertos por telhas de barro e equipados com cortinas plásticas para o controle da temperatura e correntes de ar. Cada boxe continha um comedouros tubular e um bebedouro pendular, com fornecimento de ração e água *ad libitum*. O bebedouro foi lavado duas vezes ao dia, evitando o aquecimento da água e a fermentação de material orgânico.

As dietas experimentais foram formuladas à base de milho e farelo de soja, suplementadas com vitaminas e minerais, de forma a atender as exigências nutricionais das aves, conforme as recomendações de Rostagno et al. (2017). O teor de proteína bruta contido no farelo de soja foi obtido através de análise do produto pelo Método de Kjeldahl no Laboratório de de Nutrição Animal da Universidade Federal do Piauí. Os tratamentos

consistiram na suplementação das rações basais com vitamina C revestida 97,68% e cromo-levedura 0,1%, obtendo-se os seguintes níveis: 150 e 300 mg de vitamina C/kg de ração e 0,3; 0,6, e 0,9 mg de cromo/kg de ração (Tabelas 1 e 2).

Tabela 1. Composição percentual e conteúdo nutricional das dietas experimentais para frangos de corte no período de 22 a 33 dias de idade

Ingredientes (%)	Níveis de vitamina C/Níveis de Cromo (mg/kg)						
	0/0	150/0,3	150/0,6	150/0,9	300/0,3	300/0,6	300/0,9
Milho (7,86% PB)	60,301	60,209	60,148	60,088	60,178	60,118	60,057
Farelo de soja (47,6% PB)	32,504	32,520	32,530	32,541	32,525	32,536	32,546
Óleo vegetal	3,621	3,652	3,673	3,693	3,663	3,683	3,704
Fosfato bicálcico	1,457	1,457	1,457	1,457	1,457	1,457	1,457
Calcário calcítico	0,730	0,730	0,730	0,730	0,730	0,730	0,730
Sal comum (NaCl)	0,492	0,492	0,492	0,492	0,492	0,492	0,492
L-Lisina-HCl (79%)	0,209	0,208	0,208	0,208	0,208	0,208	0,208
DL-Metionina (98%)	0,286	0,286	0,286	0,286	0,286	0,286	0,286
¹ Premix	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400
² Cromo	0,000	0,030	0,060	0,090	0,030	0,060	0,090
³ Vitamina C	0,000	0,015	0,015	0,015	0,031	0,031	0,031
TOTAL	100	100	100	100	100	100	100
Proteína bruta (%)	20,580	20,580	20,580	20,580	20,580	20,580	20,580
EM (kcal/kg)	3150	3150	3150	3150	3150	3150	3150
Lisina digestível (%)	1,124	1,124	1,124	1,124	1,124	1,124	1,124
Metionina digestível (%)	0,556	0,556	0,556	0,556	0,556	0,556	0,556
Metionina + cistina digestível (%)	0,832	0,832	0,832	0,832	0,832	0,832	0,832
Treonina digestível (%)	0,685	0,685	0,685	0,685	0,685	0,685	0,685
Triptofano digestível (%)	0,228	0,228	0,228	0,228	0,228	0,228	0,228
Cálcio (%)	0,758	0,758	0,758	0,758	0,758	0,758	0,758
Fósforo disponível (%)	0,374	0,374	0,374	0,374	0,374	0,374	0,374
Sódio (%)	0,208	0,208	0,208	0,208	0,208	0,208	0,208
Cromo (mg/kg)	0,000	0,090	0,360	0,810	0,090	0,360	0,810
Vitamina C (mg/kg)	0,000	0,024	0,024	0,024	0,094	0,094	0,094

¹Níveis de garantia por kg do produto: ferro 10.000,00 mg; cobre 2.500,00 mg; manganês 15.000,00 mg; zinco 15.000,00 mg; iodo 250,00 mg; selênio 75,00 mg; vitamina A 150.000,00 UI; vitamina D3 400.000,00 UI; vitamina E 3.500,00 UI; vitamina K3 400,00 mg; vitamina B1 300,00 mg; vitamina B2 1125,00 mg; niacina 5.500,00 mg; ácido pantotênico 2.250,00 mg; vitamina B6 450,00 mg; ácido fólico 100,00 mg; biotina 10,00 mg; vitamina B12 2.500,00 mcg; colina 50,00 g; metionina 300,00 g; salinomicina 15.000,00; Halquinol 6.000,00 mg; ²Níveis de garantia: Cromo levedura 0,1% (mín.): 1.000,00 mg/kg; ³Níveis de garantia: vitamina C revestida – ácido ascórbico 97,68%.

Tabela 2. Composição percentual e conteúdo nutricional das dietas experimentais para frangos de corte no período de 34 a 42 dias de idade

Ingredientes (%)	Níveis de vitamina C/Níveis de Cromo (mg/kg)						
	0/0	150/0,3	150/0,6	150/0,9	300/0,3	300/0,6	300/0,9
Milho (7,86% PB)	65,827	65,735	65,674	65,614	65,704	65,644	65,583
Farelo de soja (47,6% PB)	27,378	27,393	27,403	27,414	27,398	27,409	27,419

Óleo vegetal	3,482	3,513	3,534	3,554	3,524	3,544	3,564
Fosfato bicálcico	1,076	1,076	1,076	1,076	1,076	1,076	1,076
Calcário calcítico	0,694	0,693	0,693	0,693	0,693	0,693	0,693
Sal comum (NaCl)	0,466	0,466	0,466	0,466	0,466	0,466	0,466
L-Lisina-HCl (79%)	0,225	0,225	0,224	0,224	0,224	0,224	0,224
DL-Metionina (98%)	0,254	0,254	0,254	0,254	0,254	0,254	0,254
¹ Premix	0,600	0,600	0,600	0,600	0,600	0,600	0,600
² Cromo	0,000	0,030	0,060	0,090	0,030	0,060	0,090
³ Vitamina C	0,000	0,015	0,015	0,015	0,031	0,031	0,031
TOTAL	100	100	100	100	100	100	100
Proteína bruta (%)	18,570	18,570	18,570	18,570	18,570	18,570	18,570
EM (kcal/kg)	3200	3200	3200	3200	3200	3200	3200
Lisina digestível (%)	1,014	1,014	1,014	1,014	1,014	1,014	1,014
Metionina digestível (%)	0,503	0,503	0,503	0,503	0,503	0,503	0,503
Metionina + cistina digestível (%)	0,757	0,757	0,757	0,757	0,757	0,757	0,757
Treonina digestível (%)	0,640	0,640	0,640	0,640	0,640	0,640	0,640
Triptofano digestível (%)	0,209	0,209	0,209	0,209	0,209	0,209	0,209
Cálcio (%)	0,634	0,634	0,634	0,634	0,634	0,634	0,634
Fósforo disponível (%)	0,296	0,296	0,296	0,296	0,296	0,296	0,296
Sódio (%)	0,197	0,197	0,197	0,197	0,197	0,197	0,197
Cromo (mg/kg)	0,000	0,090	0,360	0,810	0,090	0,360	0,810
Vitamina C (mg/kg)	0,000	0,024	0,024	0,024	0,094	0,094	0,094

¹Níveis de garantia por kg do produto: ferro 5.000,00 mg; cobre 1.666,00 mg; manganês 11.000g; zinco 10.000,00 mg; iodo 166,00 mg; selênio 50,00 mg; vitamina A 417.330,00 UI; vitamina D3 117.330,00 UI; vitamina E 1.166,00 UI; vitamina K3 117,00 mg; vitamina B1 84,00 mg; vitamina B2 416,00 mg; niacina 3.000,00 mg; ácido pantotênico 1.166,00 mg; vitamina B6 84,00 mg; ácido fólico 66,00 mg;; vitamina B12 1.000,00 mcg; colina 42,00 g; lisina 150,00 g; metionina 350,00 g; ²Níveis de garantia: Cromo levedura 0,1% (mín.): 1.000,00 mg/kg; ³Níveis de garantia: vitamina C revestida – ácido ascórbico 97,68%

O monitoramento da temperatura e da umidade relativa do ar dos galpões foi realizado por meio de termômetro de bulbo seco e bulbo úmido e de globo negro, posicionados no centro do galpão, à altura do dorso das aves. Durante o período experimental, a leitura dos termômetros foi realizada duas vezes ao dia (08:00 e às 16:00 horas). As temperaturas foram convertidas em Índice de Temperatura de Globo e Umidade (ITGU), conforme o proposto por Buffington et al. (1981), no qual $ITGU = 0,72 (T_{bu} + T_{gn}) + 40,6$, em que: temperatura de bulbo úmido (T_{bu}) e temperatura de globo negro (T_{gn}), expressos em °C. O programa de luz adotado foi o contínuo (24 horas de luz natural + artificial), utilizando-se lâmpadas incandescentes.

A fim de identificar o período do dia em que os animais eram expostos a temperatura acima da zona termoneutra, como proposto por Abreu e Abreu (2011), realizou-se a leitura da

temperatura e umidade relativa do ar nos galpões com Termohigrógrafo Registrador Digital (Modelo 520A - Politerm®), por um período de 24 horas, com intervalos de 60 minutos entre as leituras, três vezes por semana, durante todo o período experimental.

Avaliou-se os parâmetros de desempenho: ganho de peso, consumo de ração, conversão alimentar, viabilidade criatória (%) e índice de eficiência produtiva, nos períodos de 22 a 33 e de 22 a 42 dias de idade, bem como rendimento de carcaça, cortes nobres, gordura abdominal, peso de órgãos digestivos, coração e órgãos linfoides aos 42 dias de idade.

O consumo de ração em ambas as fases foi calculado através da diferença entre a quantidade de ração fornecida no início do período experimental e as sobras, considerando a correção do consumo pela mortalidade, como propôs Sakomura e Rostagno (2016). Para determinar o ganho de peso, as aves foram pesadas no início e no final de cada fase e feito a diferença entre o peso médio final e o peso médio inicial. A partir dos dados de consumo de ração e de ganho de peso, obteve-se a conversão alimentar dos animais.

A Viabilidade Criatória (VC) e o Índice de Eficiência Produtiva (IEP) foram calculados segundo Stringhini et al. (2006), com as seguintes fórmulas: $VC = 100 - (\% \text{ de aves mortas})$; e $IEP = (GP \times VC) / (I \times CA) \times 100$, em que: GP é o ganho de peso das aves (kg), VC é a viabilidade criatória, I é a idade em dias e CA é a conversão alimentar.

No 42º dia, todas as aves foram pesadas e quatro aves de cada unidade experimental, com peso corporal próximo ao da média da parcela ($\pm 10\%$) foram submetidas a jejum alimentar de 12 horas. Após este período, as aves foram novamente pesadas, para obtenção do peso vivo e posteriormente foram abatidas conforme procedimentos preconizados pelo Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal – RIISPOA (Brasil, 2017), para avaliação do rendimento da carcaça, cortes, gordura abdominal, órgãos digestivos (fígado, pâncreas, intestino e moela), coração e órgãos linfoides (timo, baço e bolsa cloacal).

Na determinação do rendimento de carcaça levou-se em consideração o peso da carcaça depenada e eviscerada (com pés, cabeça e pescoço) e o peso vivo das aves imediatamente antes do abate. Considerou-se gordura abdominal, todo o tecido adiposo aderido à moela, à bolsa cloacal e aos músculos abdominais adjacentes. Na avaliação dos órgãos digestivos, linfóides e coração, o material coletado foi pesado em balança de precisão para determinação do peso relativo, calculado considerando o peso vivo da ave em jejum.

Foram calculados a média e o desvio padrão das variáveis ambientais. Os parâmetros de desempenho produtivo e característica de carcaça foram submetidos à avaliação de homogeneidade e normalidade, os outliers identificados foram removidos. Posteriormente, os dados foram submetidos à análise da variância, e quando significativos, os níveis de suplementação de vitamina C foram comparados pelo teste de Tukey e para os níveis de cromo orgânico usou-se a análise de regressão polinomial. No confronto de cada tratamento com a dieta controle, aplicou-se o teste de Dunnett, utilizando os procedimentos do software Statistical Analysis System. Considerou-se o $\alpha = 0,05$.

Resultados e Discussão

Os valores médios de temperatura máxima e umidade relativa do ar mantiveram-se acima da zona de conforto térmico, com médias de $26,84 \pm 1,68$ °C e de $84,01 \pm 5,14\%$, respectivamente, visto que segundo Nascimento et al. (2014) a temperatura de conforto para as aves é de 21 a 24°C, a partir da segunda semana. O ITGU obtido durante o período experimental foi de 78,49 ficando acima do ideal, conforme preconizado por Medeiros et al. (2005) que afirmam que o ITGU de conforto térmico fica entre 69 a 77.

A oscilação da temperatura e umidade relativa do ar aferidas durante todo o período experimental (gráficos 1 e 2), demonstram que as aves estiveram em desconforto térmico durante a maior parte do ciclo produtivo, tendo nos horários entre 12 e 15 horas os picos máximos de temperatura, gerando um maior desconforto térmico. Animais em desconforto pelo

calor, tendem a modificar sua fisiologia (Farghly et al., 2018), pois parte da energia consumida é desviada para manter a homeotermia, alterando o desempenho (Hea et al., 2019), e a imunidade (Del Vesco et al., 2017).

Gráfico 01: Média diária da Temperatura e Umidade relativa do ar no galpão 01

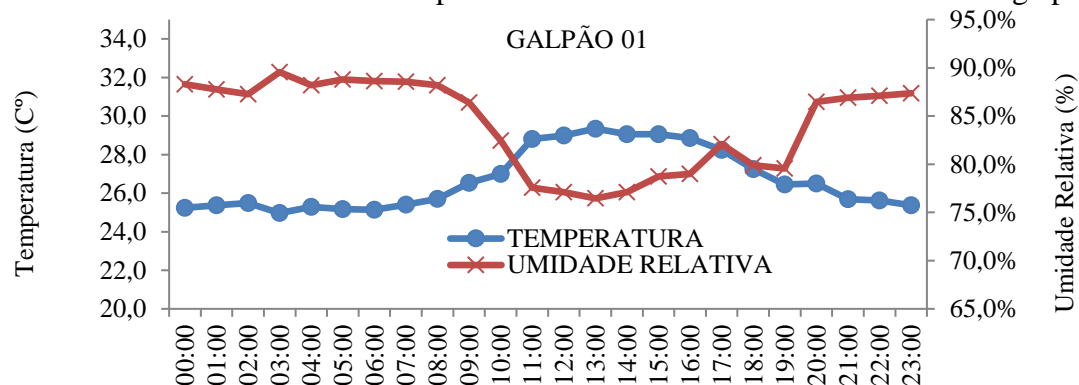
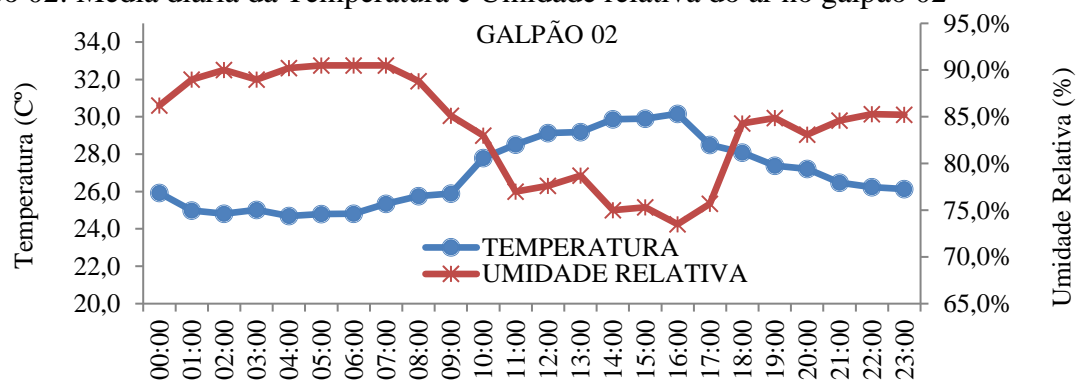


Gráfico 02: Média diária da Temperatura e Umidade relativa do ar no galpão 02



Não houve interação ($P>0,05$) entre os níveis de vitamina C e cromo orgânico para as variáveis de desempenho, viabilidade criatória e índice de eficiência produtiva durante o período de 22 a 33 dias (Tabela 3) e 22 a 42 dias de idade (Tabela 4). Além disso, não houve diferença entre o tratamento controle e os tratamentos testes nos dois períodos avaliados ($P>0,05$).

Tabela 3: Desempenho produtivo de frangos de corte, alimentados com dietas suplementadas com vitamina C e cromo orgânico na fase de 22 a 33 dias de idade

Controle	Vit C mg/kg	Cromo (mg/kg)			Média	CV (%)	Valor P ¹	
		0,3	0,6	0,9			L	Q
Consumo de ração (kg/ave)								
1,684	150	1,731	1,735	1,737	1,734	4,892	0,269	0,942
	300	1,721	1,679	1,632	1,677			
	Média	1,726	1,706	1,684				
Ganho de peso (kg/ave)								
1,127	150	1,180	1,153	1,175	1,169	5,297	0,210	0,425

	300	1,167	1,123	1,102	1,131			
	Média	1,174	1,139	1,138				
Conversão alimentar								
1,494	150	1,466	1,505	1,480	1,480	4,308	0,675	0,326
	300	1,473	1,495	1,486	1,480			
	Média	1,470	1,500	1,483				
Viabilidade criatória (%)								
98,571	150	95,714	100,000	97,142	97,619	5,293	0,747	0,401
	300	97,143	97,143	97,143	97,143			
	Média	96,429	98,571	97,143				
Índice de eficiência produtiva								
620,148	150	641,733	638,859	643,445	641,350	7,518	0,408	0,582
	300	642,081	608,473	602,505	617,690			
	Média	641,910	623,670	622,980				

¹L, Q: efeitos de ordem linear e quadrática, respectivamente, relativos à inclusão de cromo orgânico na dieta.

Os resultados demonstram que não há necessidade de suplementação de vitamina C e cromo nas condições térmicas registradas para os parâmetros de desempenho nos dois períodos analisados. Desta forma, pode-se deduzir que a síntese endógena de vitamina C não foi prejudicada pelo desconforto térmico sofrido pelos animais e que a quantidade deste nutriente presente no organismo foi o suficiente para realização de suas funções, evitando alterações no consumo de ração, ganho de peso, conversão alimentar, viabilidade criatória e o índice de eficiência produtiva, frente a situações de calor.

De maneira semelhante, o cromo orgânico nas quantidades suplementadas, não foi capaz de modificar as variáveis em questão. Estes resultados demonstram que, quando há uma viabilidade criatória alta, o desconforto gerado foi pouco significativo para alterar a homeostase dos animais, minimizando ou anulando os efeitos desejáveis da vitamina C e do cromo.

No entanto, quando o estresse se torna mais significativo e os animais passam a ser suplementados com nutrientes ativadores do sistema antioxidante, a tendência é que exista melhora no desempenho dos animais (Ming et al. 2012). Fato este comprovado por Attia; Hassan; Qota (2009), que observaram melhora no consumo de ração em frangos de corte submetidos a calor cíclico (quatro horas a $38 \pm 1,4^{\circ}\text{C}$) e por Chand et al (2014), que observaram melhora no consumo de ração, ganho de peso e conversão alimentar ao suplementar a dieta

contendo 300 mg/kg de vitamina C na dieta de frangos de corte mantidos sobre estresse cíclico de até 34°C por três horas. Abudabos et al. (2018) ao suplementar com 200 mg de vitamina C por litro de água de bebida de frangos de corte sob temperatura ambiental de 32°C, observaram melhora no ganho de peso.

Tabela 4: Desempenho produtivo de frangos de corte, alimentados com dietas suplementadas com vitamina C e cromo orgânico na fase de 22 a 42 dias de idade

Controle	Vit C mg/kg	Cromo (mg/kg)			Média	CV (%)	Valor P ¹	
		0,3	0,6	0,9			L	Q
Consumo de ração (kg/ave)								
3,481	150	3,549	3,511	3,433	3,497	4,858	0,850	0,937
	300	3,398	3,451	3,553	3,467			
	Média	3,473	3,481	3,493				
Ganho de peso (kg/ave)								
1,965	150	2,035	1,976	2,029	2,013	5,020	0,616	0,218
	300	2,017	1,953	1,979	1,983			
	Média	2,026	1,964	2,004				
Conversão alimentar								
1,774	150	1,744	1,781	1,694	1,740	7,385	0,595	0,339
	300	1,686	1,774	1,801	1,754			
	Média	1,715	1,777	1,747				
Viabilidade criatória (%)								
95,714	150	92,857	100,000	95,714	96,190	5,904	0,744	0,101
	300	95,714	97,143	94,286	95,714			
	Média	94,286	98,571	95,000				
Índice de eficiência produtiva								
447,475	150	452,512	465,427	477,871	465,270	13,231	0,786	0,822
	300	478,782	450,018	437,667	455,490			
	Média	465,650	457,720	457,770				

¹L, Q: efeitos de ordem linear e quadrática, respectivamente, relativos à inclusão de cromo orgânico na dieta.

Em relação ao rendimento de carcaça, cortes e gordura abdominal (Tabela 05), não foram observadas interações ($P > 0,05$) entre os níveis de vitamina C e cromo orgânico para estes parâmetros. Além disso, não houve diferença ($P > 0,05$) entre o tratamento controle e os demais. Estes resultados estão de acordo com Souza et al. (2011) e Ogunwole (2013) que não observaram melhorias no rendimento de carcaça e nos cortes ao suplementarem frangos de corte em situação de desconforto pelo calor com vitamina C. Da mesma forma, Silva e Murakami

(2007) e Vaz et al., (2009) não observaram alterações significativas para rendimento de carcaça e cortes com o uso do cromo em situações de altas temperaturas.

Estes resultados demonstram que além da vitamina C está desempenhando sua função de proteção celular, evitando a degradação protéica que geraria um menor rendimento de carcaça, os níveis basais de cromo atendem as exigências dos animais para esta condição ambiental, pois o tratamento controle não diferiu dos demais, nem mesmo no percentual de gordura abdominal, uma vez que este mineral exerce grande importância no metabolismo energético da glicose e dos lipídios.

Tabela 5: Rendimento de carcaça, cortes nobres e gordura abdominal de frangos de corte aos 42 dias de idade, alimentados com dietas suplementadas com vitamina C e cromo orgânico

Controle	Vit C mg/kg	cromo (mg/kg)			Média	CV (%)	Valor P ¹	
		0,3	0,6	0,9			L	Q
Rendimento de carcaça (%)								
85,28	150	85,43	85,31	86,47	85,74	1,62	0,710	0,573
	300	85,32	85,52	85,08	85,31			
	Média	85,37	85,42	85,77				
Rendimento de peito (%)								
34,86	150	35,07	34,50	34,49	34,67	7,30	0,688	0,418
	300	32,86	34,51	33,60	33,66			
	Média	33,96	34,52	34,043				
Rendimento de coxa (%)								
11,98	150	12,10	12,29	12,13	12,17	5,71	0,501	0,856
	300	11,67	11,75	11,96	11,79			
	Média	11,89	12,02	12,04				
Rendimento de sobrecoxa (%)								
12,82	150	13,27	12,71	13,16	13,05	10,47	0,414	0,499
	300	12,45	13,14	13,02	12,87			
	Média	12,86	12,92	13,09				
Rendimento de asa (%)								
4,43	150	4,26	4,36	4,43	4,35	5,69	0,335	0,912
	300	4,43	4,49	4,59	4,50			
	Média	4,34	4,42	4,51				
Rendimento de entresa (%)								
4,42	150	4,14	4,61	4,42	4,39	7,61	0,241	0,224
	300	4,26	4,61	4,51	4,46			
	Média	4,20	4,61	4,47				
Gordura abdominal (%)								
1,70	150	1,94	1,44	1,48	1,62	25,52	0,872	0,526
	300	1,95	1,73	1,89	1,86			
	Média	1,94	1,59	1,67				

¹L, Q: efeitos de ordem linear e quadrática, respectivamente, relativos à inclusão de cromo orgânico na dieta.

Alguns autores observaram diferenças para rendimento de carcaça (Norain et al, 2013), de cortes (HABIBIAN; GHAZI; MOEINI, 2013) e gordura abdominal (Huang et al., 2016) ao suplementar com vitamina C e cromo (Oral Toplu et al., 2014), demonstrando que pesquisas devem prosseguir, utilizando diferentes fontes dos nutrientes em questão e em diferentes ambientes para que ocorra maiores esclarecimentos sobre o tema.

No tocante ao peso relativo dos órgãos digestivos e coração aos 42 dias de idade (Tabela 06), não houve interação ($P>0,05$) entre os níveis de vitamina C e cromo orgânico. No entanto, de forma independente, a inclusão de cromo na dieta influenciou de forma linear decrescente ($P>0,05$) o peso de fígado aos 42 dias de idade, segundo a equação: $y = -0,1985x + 2,5247$ ($R^2=0,77$). Para os demais parâmetros avaliados, não houve influência dos níveis de vitamina C e de cromo orgânico adicionados à dieta ($P>0,05$).

Presume-se que o uso suplementar de vitamina C e cromo orgânico, minimizam o efeito do estresse sobre o desempenho e por terem funções antioxidantes importantes, estes nutrientes poderão gerar maior peso dos órgãos metabolicamente ativos, demonstrando maior tolerância ao calor, visto que o estresse térmico pelo calor tende a diminuir o tamanho destes órgãos, como forma de diminuição a produção de calor endógeno.

Mesmo utilizando de forma suplementar o nutriente cromo na dieta, foi observado uma redução linear para o peso de fígado, sugerindo que a inclusão deste nutriente não foi o suficiente para amenizar a redução do peso do órgão, que tende a diminuir seu peso em situação de desconforto pelo calor. De forma semelhante, Laganá et al. (2007), ao trabalharem com frangos de corte em situação de calor, sem a adição desse nutriente, observaram redução no peso do fígado dos animais.

Tabela 6: Peso relativo de órgãos digestivos e coração de frangos de corte aos 42 dias de idade, alimentados com dietas suplementadas com vitamina C e cromo orgânico.

Controle	Vit C mg/kg	Cromo (mg/kg)			Média	CV (%)	Valor P ¹	
		0,3	0,6	0,9			L	Q
Fígado (%)								
2,181	150	2,161	2,114	2,175	2,150	10,131	0,048	0,241
	300	2,388	2,004	1,991	2,126			
	Média	2,274	2,059	2,083				
Pâncreas (%)								
0,210	150	0,224	0,215	0,204	0,221	18,763	0,223	0,554
	300	0,241	0,206	0,216	0,214			
	Média	0,232	0,211	0,210				
Intestino (%)								
3,290	150	3,644	3,417	3,808	3,623	12,893	0,774	0,120
	300	3,959	3,565	3,634	3,720			
	Média	3,802	3,491	3,721				
Moela (%)								
2,029	150	2,083	1,971	2,085	2,045	17,881	0,734	0,924
	300	2,122	2,244	1,964	2,110			
	Média	2,102	2,106	2,025				
Coração (%)								
0,570	150	0,549	0,586	0,586	0,574	12,069	0,533	0,770
	300	0,591	0,548	0,517	0,552			
	Média	0,570	0,567	0,552				

¹L, Q: efeitos de ordem linear e quadrática, respectivamente, relativos à inclusão de cromo orgânico na dieta.

Em situações de estresse, com uma maior liberação do hormônio imonosupressor corticosterona, a tendência é existir redução no tamanho dos órgãos linfoides. No tocante a isto, não houve interação ($P > 0,05$) entre os nutrientes testados para peso relativo dos órgãos associados à imunidade (tabela 07).

No entanto, a bolsa cloacal, foi influenciada de forma quadrática pelos níveis de cromo orgânico, com valor de mínimo de 0,02 mg de cromo orgânico/kg de ração, descrito pela equação $y = 0,06 - 0,04x + 0,01x^2$ ($R^2 = 1$). Este órgão assume importância na imunidade dos animais por ser o local de formação e linfócitos B, responsáveis pela produção de anticorpos, demonstrando haver uma associação entre o cromo e a imunidade das aves, assim como propôs Silva et al. (2014) que ao suplementar frangos de corte naturalmente estressados pelo calor, observaram melhora na resposta imune dos animais.

Tabela 7: Peso relativo de timo, baço e bolsa cloacal de frangos de corte, aos 42 dias de idade, alimentados com dietas suplementadas com vitamina C e cromo orgânico

Parâmetros	Controle	Vit C g/kg	Cromo (mg/kg)			Média	CV (%)	Valor P ¹	
			0,3	0,6	0,9			L	Q
Peso relativo (%)									
Timo (%)	0,18	150	0,24	0,19	0,24	0,22	48,92	0,980	0,948
		300	0,22	0,26	0,23	0,24			
		Média	0,23	0,23	0,23				
Baço (%)	0,07	150	0,07	0,09	0,09	0,08	26,86	0,262	0,519
		300	0,08	0,08	0,08	0,08			
		Média	0,07	0,08	0,08				
Bolsa cloacal (%)	0,041	150	0,04	0,02	0,04	0,03	30,57	0,658	0,016
		300	0,03	0,03	0,03	0,03			
		Média	0,03	0,02	0,03				

¹L, Q: efeitos de ordem linear e quadrática, respectivamente, relativos à inclusão de cromo na dieta.

A inconsistência entre os trabalhos com os nutrientes em estudo pode estar relacionada com as diferenças de temperaturas em que as aves foram submetidas e ao tempo de desconforto térmico, principalmente quando compara-se com estudos realizados em câmaras climáticas, com variáveis controladas, visto que esta pesquisa foi realizada em situação de desconforto térmico pelo calor ambiente, sofrendo alterações de temperatura e umidade durante todo o dia e podendo as aves, nos períodos mais amenos, terem um ganho compensatório, havendo restabelecimento da homeostase, mesmo que de forma momentânea. Dessa forma, Gomes et al., (2011) propõem que ao comparar pesquisas envolvendo especialmente micronutrientes, os resultados estão estreitamente relacionados aos desafios ambientais nos quais os animais são mantidos, dada a especificidade destes no organismo.

Conclusão

Os níveis de cromo orgânico interferiram de forma linear decrescente no peso de fígado e de forma quadrática sobre o peso de bolsa cloacal.

Os níveis suplementares de vitamina C e de cromo orgânico, no período de 22 a 42 dias de idade, não interferiram nos parâmetros de desempenho, rendimento de carcaça e gordura

abdominal em frangos de corte em desconforto pelo calor ambiental, nas condições térmicas registradas.

Referências Bibliográficas

ABREU, V. M. N.; ABREU, P. G. Os desafios da ambiência sobre os sistemas de aves no Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 40(2):1-14, 2011.

ABUDABOS, A. M. et al. Effect of Natural Vitamin C on Performance and Certain Haemato Biochemical Values in Broiler Chickens Exposed to Heat Stress. **Zoological Society of akistan**, 50(3):951-955, 2018.

AHMED, N. et al. Growth performances, nutrient utilization and carcass traits in broiler chickens fed with a normal and a low energy diet supplemented with inorganic chromium (as chromium chloride hexahydrate) and a combination of inorganic chromium and ascorbic acid. **Journal of Agricultural Science**, 143(5):427-439, 2005.

ATTIA, Y. A.; HASSAN, R. A.; QOTA, M. A. Recovery from adverse effects of heat stress on slow-growing chicks in the tropics 1. Effect of ascorbic acid and different levels of betaine. **Tropical Animal Health and Productio**, 41(5):807-818, 2009.

BRASIL, 2017. **Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal (RIISPOA)**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Disponível em< <http://www.agricultura.gov.br/noticias/diariooficial-publica-decreto-do-novo-regulamento-de-inspecao-industrial-e-sanitaria>>. Acesso em: Outubro, 02, 2019.

BUFFINGTON, D. E. et al. Black globe humidity index (BGHI) as comfort equation for dairy cows. **American Society of Agricultural Engineers**, 24(3):711-714, 1981.

CHAND, N. et al. Performance traits and immune response of broiler chicks treated with zinc and ascorbic acid supplementation during cyclic heat stress. **International Journal of Biometeorology**, 58(10):2153-2157, 2014.

DEL VESCO, et al. Effects of selenium supplementation on the oxidative state of acute heat stress-exposed quails. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, 101(1):170–179, 2017.

FARGHLY, M. F. A. Wet feed and cold water as heat stress modulators in growing Muscovy ducklings. **Poultry Science**, 97(5):1588-1594, 2018.

GOMES, F. A. et al. Efeito de fontes e níveis de selênio sobre parâmetros fisiológicos em frangos de corte. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, 63(3):633-640, 2011.

HABIBIAN, M.; GHAZI, S.; MOEINI, M. Lack of effect of dietary chromium supplementation on growth performance and serum insulin, glucose, and lipoprotein levels in broilers reared under heat stress condition. **Biological Trace Element Research**, 153(1-3):205-211, 2013.

HEA, X. et al. Chronic heat stress alters hypothalamus integrity, the serum indexes and attenuates expressions of hypothalamic appetite genes in broilers. **Journal of Thermal Biology**, 81(1):110-117, 2019.

HUANG, Y. et al. Effects of supplemental chromium source and concentration on growth performance, carcass traits, and meat quality of broilers under heat stress conditions. **Biological Trace Element Research**, 170(1):216-233, 2016.

KOTTEK M, et al. World Map of the Köppen-Geiger climate classification updated. **Meteorol Z**, 15(3):259-263, 2006.

LAGANÁ, C. et al. Níveis dietéticos de proteína e gordura e parâmetros bioquímicos, hematológicos e empenamento em frangos de corte estressados pelo calor. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 36(6):1783-1790, 2007.

LEWICKI, S. et al. The role of Chromium III in the organism and its possible use in diabetes and obesity treatment. **Annals of Agricultural and Environmental Medicine**, 21(2):331-335, 2014.

MAHMOUD, U. T. et al. Effects of propolis, ascorbic acid and vitamin E on thyroid and corticosterone hormones in heat stressed broilers. **Journal Advanced Veterinary Research**, 4(1):18-27, 2014.

MEDEIROS, C. M. et al. Efeitos da temperatura, umidade relativa e velocidade do ar em frangos de corte. **Revista Engenharia na Agricultura**, 13(3):277-286, 2005.

MING, J. et al. Effects of emodin and vitamin C on growth performance, biochemical parameters and two HSP70s mRNA expression of Wuchang bream (*Megalobrama amblycephala* Yih) under high temperature stress. **Fish & Shellfish Immunology**, 32(5):651-661, 2012.

NASCIMENTO, S. T. et al. Mean surface temperature prediction models for broiler chickens – a study of sensible heat flow. **International Journal of Biometeorology**, 58(2):195-201, 2014.

NORAIN, T.M. et al. Dietary inclusion of chromium to improve growth performance and immune-competence of broilers under heat stress. **Italian Journal of Animal Science**, 12(4):562-566, 2013.

OBA, A. et al. Características produtivas e imunológicas de frangos de corte submetidos a dietas suplementadas com cromo, criados sob diferentes condições de ambiente. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 41(5):1186-1192, 2012.

OGUNWOLE O. A. et al. Performance, carcass characteristics and meat physico-chemical properties of broiler chickens fed graded levels of supplemental ascorbic acid. **Agriculture and Biology Journal of North America**, 4(4):485-495, 2013.

ORAL TOPLU, H. D. et al. Effects of heat conditioning and dietary ascorbic acid supplementation on growth performance, carcass and meat quality characteristics in heat-stressed broilers. **Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi**, 61(4):295-302, 2014.

- PERAI, A.H. et al. Effects of chromium and chromium+vitamin C combination on metabolic, oxidative, and fear responses of broilers transported under summer conditions. **International Journal of Biometeorology**, 59(4):453-462, 2015.
- ROSS-AVIAGEN. **Manual de Manejo Ross**: para o frango Ross 308 AP (AP95), 2014. 130p.
- ROSTAGNO, H. S. et al. **Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos**: composição de alimentos e exigências nutricionais. 4º ed, Viçosa: UFV, 2017. 488p.
- SAKOMURA, N. K.; ROSTAGNO, H. S. **Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos**. Jaboticabal-SP: FUNEP, 2016. 262p.
- SAS. **Statistical analysis systems user's guide**: Version 9.0. Cary, NC, USA: SAS Institute Inc., 2002.
- SILVA, S. R. G. et al. Desempenho e resposta imune de frangos de corte alimentados com dietas suplementadas com cromo na forma orgânica. **Revista Brasileira de Ciências Veterinárias**, 21(3):199-203, 2014.
- SILVA, G. C. et al. Suplementação com zinco e selênio em frangos de corte submetidos a estresse cíclico de calor. **Revista Ceres**, 62(4):372-378, 2015.
- SILVA, L. M. G.; MURAKAMI, A. C. Uso do cromo na alimentação de frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 36(4):1026-1030, 2007.
- SOUZA, M. G. et al. Utilização das vitaminas C e E em rações para frangos de corte mantidos em ambiente de alta temperatura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 40(10):2192-2198, 2011.
- STRINGHINI, J. H. et al. Desempenho, balanço e retenção de nutrientes e biometria dos órgãos digestivos de frangos de corte alimentados com diferentes níveis de proteína na ração pré-inicial. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, 35(6):2350-2358, 2006.
- VAZ, R. G. M. et al. Níveis de cromo orgânico em rações para frangos de corte mantidos sob estresse por calor no período de um a 42 dias de idade. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, 61(2):484-490, 2009.
- VINCENT, J. B. Chromium: celebrating 50 years as an essential element? **Dalton Transactions**, 39(16):3787-3794, 2010.
- WAN, X. et al. Dietary enzymatically treated *Artemisia annua* L. improves meat quality, antioxidant capacity and energy status of breast muscle in heat-stressed broilers. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, 98(10):3715-3721, 2018.

CAPÍTULO 2

(Ciência Agronômica)

**Vitamina C e cromo sobre temperatura corporal e qualidade da carne de frangos
de corte.**

**Vitamina C e cromo sobre temperatura corporal e qualidade da carne de frangos
de corte.**

RESUMO: Este estudo foi conduzido para avaliar o efeito da suplementação da vitamina C e cromo orgânico nas dietas para frangos de corte, em desconforto térmico pelo calor, no período de 22 a 42 dias de idade sobre os parâmetros de temperaturas superficial, cloacal e corporal média e qualidade de carne. Foram utilizados 630 pintos, machos, da linhagem Ross 308 AP, com peso médio inicial de 871 ± 10 g distribuídos em delineamento em blocos ao acaso, em esquema fatorial $2 \times 3 + 1$, com dois níveis de vitamina C (150 e 300 mg de ácido ascórbico revestido/kg de ração), três níveis de cromo orgânico (0,3, 0,6 e 0,9 mg/kg de ração) e uma dieta controle (sem suplementação de vitamina C e cromo orgânico), com 5 repetições. Aos 22

dias de idade, duas aves por boxe foram selecionadas para aferições das temperaturas corporais, totalizando seis coletas durante período experimental. Aos 42 dias de idade, foram selecionados dois animais de cada unidade experimental, com peso corporal próximo ao da média da parcela ($\pm 10\%$), onde retirou-se uma amostra do músculo *Pectoralis major* de cada ave para aferições do pH, acidez e deposição de vitamina C na carne. A média de temperatura ambiente foi de $26,84 \pm 1,68$ °C e o ITGU 78,49 comprovando que os animais estiveram em desconforto térmico pelo calor durante o ensaio. Os níveis suplementares de vitamina C e cromo orgânico não interferem nos parâmetros de temperaturas, assim como na qualidade de carne em frangos de corte, nas condições térmicas registradas.

Palavras-chave: Acidez. Ácido Ascórbico. Antioxidante. Nutriente Funcional.

Vitamin C and chromium on body temperature and meat quality of broilers.

ABSTRACT

This study was conducted to evaluate the effect of supplementation of vitamin C and organic chromium in diets for broilers, in thermal discomfort, in the period of 22 to 42 days of age on the parameters of surface, cloacal and average body temperatures meat quality. 630 male Ross 308 AP chicks were used, with an initial average weight of 871 ± 10 g distributed in a randomized block design, in a $2 \times 3 + 1$ factorial scheme, with two levels of vitamin C (150 and 300 mg of coated ascorbic acid / kg of feed), three levels of organic chromium (0.3, 0.6 and 0.9 mg / kg of feed) and a control diet (without supplementation of vitamin C and organic chromium). At 22 days of age, two birds per box were selected for body temperature measurements, totaling six collections during the experimental period. At 42 days of age, two animals were selected from each experimental unit, with body weight close to the average of the plot ($\pm 10\%$), where a sample of the *Pectoralis major* muscle was taken from each bird for measurements of pH, acidity and deposition of vitamin C in meat. The average room

temperature was 26.84 ± 1.68 °C and the ITGU 78.49 proving that the animals were in thermal discomfort due to the heat during the test. The supplementary levels of vitamin C and organic chromium do not affect the temperature parameters, as well as the meat quality parameters in broilers, in the registered thermal conditions.

Keywords: Acidity. Ascorbic acid. Antioxidant. Functional Nutrient.

INTRODUÇÃO

Frangos de corte sendo animais de rápido crescimento e de ciclo produtivo curto, não conseguem o rendimento esperado quando são mantidos fora da zona de termoneutralidade (WAN *et al.*, 2018). O desconforto térmico pelo calor gera alterações nos parâmetros fisiológicos como na temperatura corporal e cloacal (EDGAR *et al.*, 2013), podendo até gerar modificações no produto acabado (FARGHLY *et al.*, 2018).

Estratégias nutricionais que buscam amenizar o efeito negativo do clima sobre os parâmetros fisiológicos das aves são vistas como alternativa pelos pesquisadores (LIAO *et al.*, 2018), principalmente por onerar menos o custo de produção que modificações estruturais dos galpões. Assim, minerais e vitaminas tornam-se ferramentas importantes, devido suas ações imunomoduladoras e antioxidantes. Devido a isto, a suplementação dietética com vitamina C e cromo, agindo de forma isolada ou associada, surge como perspectiva de melhora nos parâmetros de conforto térmico e produtividade (JAHANIAN; MIRFENDERESKI, 2015)

A suplementação com vitamina C pode ser utilizada em dietas para frangos de corte em desconforto pelo calor (IMIK, *et al.* 2013), visto que altas temperaturas tendem a bloquear sua biossíntese. Ao suplementar com este nutriente, tende haver aumento na degradação de glicocorticoides, modificando parâmetros de estresse e diminuindo a peroxidação lipídica (ZANGENEH *et al.* 2018), além de intensificar sua atuação como cofator enzimático de várias reações fundamentais do organismo (MAHMOUD *et al.*, 2014).

O mineral cromo participa das moléculas fator de tolerância a glicose (GTF) e cromodulina. A primeira potencializa a ação da insulina no organismo, intensificando a absorção da glicose, e conseqüentemente gerando mais energia e de forma mais rápida (VINCENT, 2010) e a segunda age em tecidos periféricos estimulando a proteína transportadora de glicose 4 a transportar glicose para as células (LEWICKI *et al.*, 2014).

25 Diante da importância biológica destes nutrientes, objetivou-se avaliar o efeito da
26 suplementação da vitamina C e cromo orgânico na ração, sobre a temperatura corporal e a
27 qualidade de carne.

28 MATERIAL E MÉTODOS

29 A pesquisa foi realizada em dois galpões experimentais do Setor de Avicultura do
30 Departamento de Zootecnia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Piauí,
31 em Teresina, município situado na latitude 05° 05' 21'' sul e longitude 42° 48' 07'' oeste e
32 altitude de 74,4 metros (SILVA *et al.*, 2015). A região é classificada com o de clima AW,
33 segundo classificação de Köppen-Geiger (KOTTEK *et al.* 2006). Os procedimentos foram
34 aprovados pelo Comitê de Ética em Experimentação com Animais CEEA/UFPI, sob número
35 355/17.

36 Durante a fase pré-experimental, os animais foram criados em galpão convencional,
37 consumindo ração de acordo com a fase específica de criação, formulada para atender às
38 exigências nutricionais segundo Rostagno *et al.* (2017), e manejadas de acordo com o manual
39 da linhagem trabalhada (ROSS-AVIAGEN, 2014).

40 Aos 22 dias de idade, foram selecionados 630 pintos machos, da linhagem Ross 308
41 AP, com peso médio inicial de 871 ± 10 g e foram distribuídos em delineamento em blocos ao
42 acaso, em função da disposição dos galpões, em esquema fatorial $2 \times 3 + 1$, sendo dois níveis
43 de vitamina C (150 e 300 mg de ácido ascórbico revestido/kg de ração), três níveis de cromo
44 orgânico (0,3; 0,6 e 0,9 mg/kg de ração) e uma dieta controle (sem suplementação de cromo
45 orgânico e vitamina C), totalizando sete tratamentos e cinco repetições.

46 A unidade experimental foi representada por 18 aves/boxe, utilizando-se 35 boxes, com
47 área de 2,70 m² cada boxe, piso de cimento coberto por casca de arroz. Os boxes foram divididos
48 em dois galpões de alvenaria, cobertos por telhas de barro e com cortinas plásticas para o
49 controle da entrada e saída de ar. Cada boxe continha um comedouro tubular e um bebedouro

50 pendular, com fornecimento de ração e água *ad libitum*. O bebedouro foi lavado duas vezes ao
51 dia para evitar o aquecimento da água e a fermentação de matéria orgânica.

52 Os animais receberam duas dietas experimentais (Tabela 1 e 2), isoproteicas e
53 isoenergéticas, para cada fase experimental, de 22 a 33 e de 34 a 42 dias de idade, formuladas
54 à base de milho e farelo de soja, conforme as recomendações de Rostagno *et al.* (2017), com
55 valor de proteína bruta destes dois ingredientes calculados no laboratório de nutrição animal da
56 Universidade Federal do Piauí. Os tratamentos consistiram na suplementação das rações basais
57 com vitamina C revestida 97,68% e cromo-levedura 0,1%, obtendo-se os seguintes níveis: 0,3;
58 0,6; e 0,9 mg de cromo/kg de ração e 150 e 300 mg de vitamina C/kg de ração.

59 Tabela 1. Composição percentual e conteúdo nutricional das dietas experimentais para frangos
60 de corte no período de 22 a 33 dias de idade

Ingredientes (%)	Níveis de vitamina C/Níveis de Cromo (mg/kg)						
	0/0	150/0,3	150/0,6	150/0,9	300/0,3	300/0,6	300/0,9
Milho (7,86% PB)	60,301	60,209	60,148	60,088	60,178	60,118	60,057
Farelo de soja (47,6% PB)	32,504	32,520	32,530	32,541	32,525	32,536	32,546
Óleo vegetal	3,621	3,652	3,673	3,693	3,663	3,683	3,704
Fosfato bicálcico	1,457	1,457	1,457	1,457	1,457	1,457	1,457
Calcário calcítico	0,730	0,730	0,730	0,730	0,730	0,730	0,730
Sal comum (NaCl)	0,492	0,492	0,492	0,492	0,492	0,492	0,492
L-Lisina-HCl (79%)	0,209	0,208	0,208	0,208	0,208	0,208	0,208
DL-Metionina (98%)	0,286	0,286	0,286	0,286	0,286	0,286	0,286
¹ Premix	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400
² Cromo	0,000	0,030	0,060	0,090	0,030	0,060	0,090
³ Vitamina C	0,000	0,015	0,015	0,015	0,031	0,031	0,031
TOTAL	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Proteína bruta (%)	20,580	20,580	20,580	20,580	20,580	20,580	20,580
EM (kcal/kg)	3150	3150	3150	3150	3150	3150	3150
Lisina digestível (%)	1,124	1,124	1,124	1,124	1,124	1,124	1,124
Metionina digestível (%)	0,556	0,556	0,556	0,556	0,556	0,556	0,556
Metionina + cistina digestível (%)	0,832	0,832	0,832	0,832	0,832	0,832	0,832
Treonina digestível (%)	0,685	0,685	0,685	0,685	0,685	0,685	0,685
Triptofano digestível (%)	0,228	0,228	0,228	0,228	0,228	0,228	0,228
Cálcio (%)	0,758	0,758	0,758	0,758	0,758	0,758	0,758
Fósforo disponível (%)	0,374	0,374	0,374	0,374	0,374	0,374	0,374
Sódio (%)	0,208	0,208	0,208	0,208	0,208	0,208	0,208
Cromo (mg/kg)	0,000	0,090	0,360	0,810	0,090	0,360	0,810
Vitamina C (mg/kg)	0,000	0,024	0,024	0,024	0,094	0,094	0,094

61 ¹Níveis de garantia por kg do produto: ferro 10.000,00 mg; cobre 2.500,00 mg; manganês
62 15.000,00 mg; zinco 15.000,00 mg; iodo 250,00 mg; selênio 75,00 mg; vitamina A 150.000,00
63 UI; vitamina D3 400.000,00 UI; vitamina E 3.500,00 UI; vitamina K3 400,00 mg; vitamina B1

64 300,00 mg; vitamina B2 1125,00 mg; niacina 5.500,00 mg; ácido pantotênico 2.250,00 mg;
 65 vitamina B6 450,00 mg; ácido fólico 100,00 mg; biotina 10,00 mg; vitamina B12 2.500,00 mcg;
 66 colina 50,00 g; metionina 300,00 g; salinomicina 15.000,00; Halquinol 6.000,00 mg; ²Níveis
 67 de garantia: Cromo levedura 0,1% (mín.): 1.000,00 mg/kg; ³Níveis de garantia: vitamina C
 68 revestida – ácido ascórbico 97,68%.
 69

70 Tabela 2. Composição percentual e conteúdo nutricional das dietas experimentais para frangos
 71 de corte no período de 34 a 42 dias de idade

Ingredientes (%)	Níveis de vitamina C/Níveis de Cromo (mg/kg)						
	0/0	150/0,3	150/0,6	150/0,9	300/0,3	300/0,6	300/0,9
Milho (7,86% PB)	65,827	65,735	65,674	65,614	65,704	65,644	65,583
Farelo de soja (47,6% PB)	27,378	27,393	27,403	27,414	27,398	27,409	27,419
Óleo vegetal	3,482	3,513	3,534	3,554	3,524	3,544	3,564
Fosfato bicálcico	1,076	1,076	1,076	1,076	1,076	1,076	1,076
Calcário calcítico	0,694	0,693	0,693	0,693	0,693	0,693	0,693
Sal comum (NaCl)	0,466	0,466	0,466	0,466	0,466	0,466	0,466
L-Lisina-HCl (79%)	0,225	0,225	0,224	0,224	0,224	0,224	0,224
DL-Metionina (98%)	0,254	0,254	0,254	0,254	0,254	0,254	0,254
¹ Premix	0,600	0,600	0,600	0,600	0,600	0,600	0,600
² Cromo	0,000	0,030	0,060	0,090	0,030	0,060	0,090
³ Vitamina C	0,000	0,015	0,015	0,015	0,031	0,031	0,031
TOTAL	100	100	100	100	100	100	100
Proteína bruta (%)	18,570	18,570	18,570	18,570	18,570	18,570	18,570
EM (kcal/kg)	3200	3200	3200	3200	3200	3200	3200
Lisina digestível (%)	1,014	1,014	1,014	1,014	1,014	1,014	1,014
Metionina digestível (%)	0,503	0,503	0,503	0,503	0,503	0,503	0,503
Metionina + cistina digestível (%)	0,757	0,757	0,757	0,757	0,757	0,757	0,757
Treonina digestível (%)	0,640	0,640	0,640	0,640	0,640	0,640	0,640
Triptofano digestível (%)	0,209	0,209	0,209	0,209	0,209	0,209	0,209
Cálcio (%)	0,634	0,634	0,634	0,634	0,634	0,634	0,634
Fósforo disponível (%)	0,296	0,296	0,296	0,296	0,296	0,296	0,296
Sódio (%)	0,197	0,197	0,197	0,197	0,197	0,197	0,197
Cromo (mg/kg)	0,000	0,090	0,360	0,810	0,090	0,360	0,810
Vitamina C (mg/kg)	0,000	0,024	0,024	0,024	0,094	0,094	0,094

72 ¹Níveis de garantia por kg do produto: ferro 5.000,00 mg; cobre 1.666,00 mg; manganês
 73 11.000g; zinco 10.000,00 mg; iodo 166,00 mg; selênio 50,00 mg; vitamina A 417.330,00 UI;
 74 vitamina D3 117.330,00 UI; vitamina E 1.166,00 UI; vitamina K3 117,00 mg; vitamina B1
 75 84,00 mg; vitamina B2 416,00 mg; niacina 3.000,00 mg; ácido pantotênico 1.166,00 mg;
 76 vitamina B6 84,00 mg; ácido fólico 66,00 mg;; vitamina B12 1.000,00 mcg; colina 42,00 g;
 77 lisina 150,00 g; metionina 350,00 g; ²Níveis de garantia: Cromo levedura 0,1% (mín.): 1.000,00
 78 mg/kg; ³Níveis de garantia: vitamina C revestida – ácido ascórbico 97,68%
 79

80 O monitoramento da temperatura e da umidade relativa do ar dos galpões foi realizado
 81 por meio de termômetro de bulbo seco, bulbo úmido e de globo negro, posicionados no centro
 82 do galpão, à altura do dorso das aves. Durante o período experimental, a leitura dos termômetros

83 foi realizada duas vezes ao dia (08:00 e às 16:00 horas). As temperaturas foram convertidas em
84 Índice de Temperatura de Globo e Umidade (ITGU), conforme o proposto por Buffington *et al.*
85 (1981), no qual $ITGU = 0,72 (T_{bu} + T_{gn}) + 40,6$, em que: temperatura de bulbo úmido (T_{bu})
86 e temperatura de globo negro (T_{gn}), expressos em °C. O programa de luz adotado foi o contínuo
87 (24 horas de luz natural + artificial), utilizando-se lâmpadas incandescentes.

88 A fim de identificar a variação de temperatura durante todo o dia e conseqüentemente o
89 período do dia em que os animais eram expostos a temperatura acima da zona termoneutra,
90 como proposta por Abreu e Abreu (2011), realizou-se a leitura da temperatura e umidade
91 relativa do ar nos galpões com um Termohigrógrafo Registrador Digital (Modelo 520A -
92 Politerm®), por um período de 24 horas, com intervalos de 60 minutos entre as leituras, três
93 vezes por semana, durante todo o período experimental.

94 Aos 22 dias de idade, duas aves de cada boxe foram selecionadas de acordo com o peso
95 médio do boxe ($\pm 10\%$) para aferição das temperaturas da asa, cabeça, canela e dorso, por meio
96 de termômetro digital infravermelho e temperatura cloacal mediante termômetro clínico digital.
97 A coleta dos dados referentes às temperaturas foi realizada duas vezes por semana às 14h,
98 totalizando seis coletas durante o período experimental. Após a obtenção desses dados,
99 calculou-se a temperatura superficial média [$TSM = (0,12T_{asa}) + (0,03T_{cabeça}) +$
100 $(0,15T_{canela}) + (0,70T_{dorso})$] e temperatura corporal média [$TCM = (0,3TSM) +$
101 $(0,7T_{cloacal})$] (BUENO *et al.*, 2014).

102 No 42º dia, todas as aves foram pesadas e duas aves de cada unidade experimental, com
103 peso corporal próximo ao da média da parcela foram submetidas a jejum alimentar de 12 horas
104 e posteriormente foram abatidas conforme procedimento preconizado pelo Regulamento da
105 Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal – RIISPOA (BRASIL, 2017).
106 De cada carcaça foi retirada uma amostra do músculo *Pectoralis major*, mantida sobre
107 refrigeração por 24 horas e após este período, cada tratamento foi homogeneizado através de

108 multiprocessador de carnes e realizada aferições do pH, acidez e deposição de vitamina C na
109 carne. Todas as análises foram realizadas em triplicata.

110 Para determinação do pH, foram utilizadas 50 gramas da amostra e a leitura foi realizada
111 com Potenciômetro modelo Mettler Toledo LE409®. O índice de acidez foi determinado de
112 acordo com as especificações do Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008), através de solução titulante
113 hidróxido de sódio 0,1N e fenoftaleína como indicador. O teor de vitamina C nas carcaças foi
114 determinado pelo método de Tillmans (ODAIR ZENEBO; TIGLEA, 2005).

115 Foram calculados a média e o desvio padrão das variáveis ambientais. Os parâmetros
116 de temperatura corporal e de análise de carne foram submetidos à avaliação de homogeneidade
117 e normalidade, os outliers identificados foram removidos. Posteriormente, os dados foram
118 submetidos à análise da variância, e quando significativos, os níveis de suplementação de
119 vitamina C foram comparados pelo teste de Tukey e para os níveis de cromo orgânico usou-se
120 a análise de regressão polinomial. No confronto de cada tratamento com a dieta controle,
121 aplicou-se o teste de Dunnett, utilizando os procedimentos do software Statistical Analysis
122 System. Considerou-se o $\alpha = 0,05$.

123

124

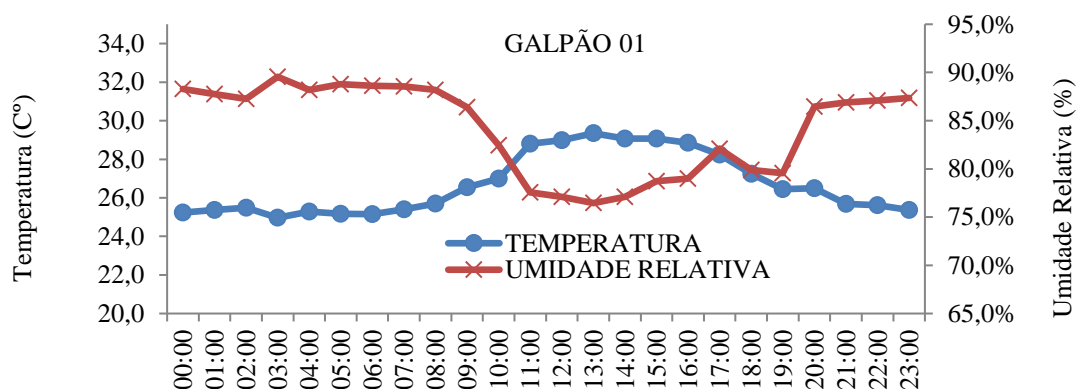
RESULTADOS E DISCUSSÃO

125 Durante todo o experimento, os valores médios de temperatura máxima e umidade
126 relativa do ar mantiveram-se fora da zona de conforto térmico para frangos de corte para a fase
127 estudada, com médias de $26,84 \pm 1,68$ °C e de $84,01 \pm 5,14$ %, respectivamente, visto que segundo
128 Nascimento *et al.* (2014) a temperatura de conforto para esta fase é de 21 a 24°C. O ITGU
129 obtido foi de 78,49 ficando acima do ideal para o período experimental, conforme preconizado
130 por Menegali *et al.* (2010), onde os autores sugerem que os animais estão em conforto térmico
131 quando o ITGU está entre 74 e 77. Acima de 77 as funções orgânicas são prejudicadas e acima

132 de 84 representam emergência, necessitando de intervenções no ambiente em que os animais
133 estão inseridos.

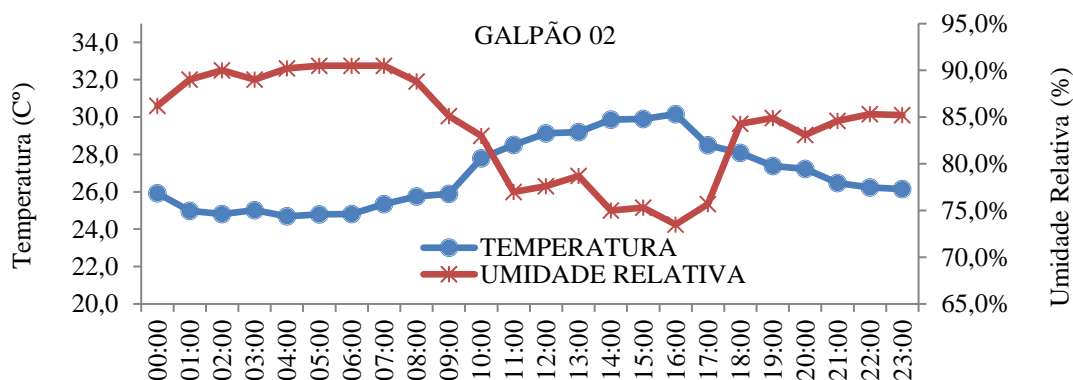
134 A variação da temperatura e umidade relativa do ar foram registradas durante todo o
135 período experimental. Os resultados (Gráficos 1 e 2) demonstram que as aves estiveram em
136 desconforto térmico durante a maior parte do tempo. Farghly *et al.* (2018) afirmam que nestas
137 condições, os animais tendem a modificar sua fisiologia.

138 Gráfico 01: Média diária da Temperatura e Umidade relativa do ar no galpão 01



139

140 Gráfico 02: Média diária da Temperatura e Umidade relativa do ar no galpão 02



141

142 Com relação à temperatura superficial, cloacal e corporal média das aves (Tabela 3),
143 não houve interações ($P>0,05$) entre os níveis de vitamina C e cromo orgânico, assim como não
144 houve diferenças ($P>0,05$) entre o tratamento controle e os tratamentos testes. À medida que a
145 temperatura ambiente aumenta, o organismo utiliza mecanismos de resfriamento e a
146 temperatura corporal dos animais tende a aumentar, visto que ocorre o desbalanceamento entre
147 a perda de calor para o ambiente e sua produção endógena.

148 A temperatura superficial média é um critério para avaliação de modificações térmicas
149 ambientais, pois sua variação é imediata frente às alterações do ambiente. A diferença de
150 temperatura superficial com a ambiental tende a diminuir com o passar da idade, devido à
151 diminuição da exigência por uma temperatura mais elevada pelos animais, como ocorre nas
152 primeiras semanas de vida. Os valores encontrados neste estudo, estão condizentes com os
153 encontrados por Dahlke *et al.* (2005) que mensuraram as temperaturas superficiais de animais
154 criados em ambiente termoneutro, demonstrando adaptação dos animais para esse parâmetro.

155 A temperatura cloacal, sendo uma medida de temperatura interna do organismo, é um
156 importante parâmetro para avaliar o grau de acomodação das aves às condições de desconforto
157 térmico (CHEN *et al.*, 2013) e aumenta com o avanço da idade do animal (MARCHINI *et al.*
158 2007), refletindo maior produção de calor metabólico. Nofal *et al.* (2015), observaram que
159 houve aumento ($P < 0,01$) da temperatura cloacal nos animais que estavam em ambiente de
160 estresse pelo calor, em comparação ao grupo que se encontrava na zona de termoneutralidade.
161 Os resultados deste estudo demonstram que os animais estão dentro dos limites fisiológicos de
162 termoneutralidade para esta característica, de 41,3 a 41,7°C, que segundo Nascimento *et al.*
163 (2012), é de aproximadamente 41°C.

164 A temperatura corporal média concentra todas as outras, tornando um parâmetro mais
165 abrangente. As médias encontradas neste estudo estão próximas das expostas por Dahlke *et al.*
166 (2005) que foi de 40,1 para temperatura termoneutra (24°C) no período analisado.

167 Estes resultados apontam que mesmo que os dados ambientais estejam tendenciando às
168 aves para uma situação de desconforto térmico, as variáveis ambientais não foram altas o
169 suficiente para alterar as temperaturas corporais dos animais, considerando que os animais
170 adaptaram-se ao clima ou que os níveis basais de vitamina C e cromo sintetizados pelo
171 organismo foram capazes de neutralizar os efeitos deletérios do calor sobre a temperatura dos
172 frangos de corte.

173 Tabela 3: Temperaturas, em °C, superficial média (TSM), cloacal (TC) e corporal média (TCM)
 174 de frangos de corte no período de 22 a 42 dias de idade, alimentados com dietas suplementadas
 175 com vitamina C e Cromo
 176

Controle	Vit C mg/kg	Cromo (mg/kg)			Média	CV (%)	Valor P ¹	
		0,3	0,6	0,9			L	Q
TSM (C°)								
36,6	150	36,3	36,6	36,4	36,4	0,800	0,674	0,092
	300	36,5	36,7	36,4				
	Média	36,4	36,6	36,4				
TC (C°)								
41,4	150	41,3	41,6	41,3	41,4	1,250	0,715	0,174
	300	41,3	41,7	41,4				
	Média	41,3	41,6	41,3				
TCM (C°)								
40,3	150	39,8	40,1	39,8	39,9	1,053	0,689	0,129
	300	39,9	40,2	39,9				
	Média	39,8	40,1	39,8				

177 ¹L, Q: efeitos de ordem linear e quadrática, respectivamente, relativos à inclusão de cromo na
 178 dieta.

179
 180 Não foram observadas interações (P>0,05) entre os níveis de vitamina C e cromo
 181 orgânico para as variáveis de qualidade de carne, assim como não houve diferença entre o
 182 tratamento controle e os tratamentos testes no período avaliado.

183 Tabela 4: Acidez, pH e índice de vitamina C na carne de frangos de corte, aos 42 dias de idade,
 184 alimentados com dietas suplementadas com vitamina C e cromo

Controle	Vit C mg/kg	Cromo (mg/kg)			Média	CV (%)	Valor P ¹	
		0,3	0,6	0,9			L	Q
pH								
6,02	150	6,05	6,07	6,06	6,06	2,89	0,752	0,957
	300	6,07	6,09	6,08				
	Média	6,06	6,08	6,07				
Acidez								
3,67	150	3,21	2,93	2,58	2,91	33,20	0,774	0,822
	300	2,87	3,21	3,21				
	Média	3,04	3,07	2,90				
Índice de vitamina C								
4,78	150	5,44	5,62	5,64	5,57	18,55	0,526	0,891
	300	5,31	5,24	6,01				
	Média	5,38	5,43	5,82				

185 ¹L, Q: efeitos de ordem linear e quadrática, respectivamente, relativos à inclusão de cromo na
 186 dieta.

187 Mohammadi; Ghazanfari; Sharifi (2019) afirmam que a suplementação com nutrientes
 188 funcionais melhora os parâmetros de qualidade de carne, fato não observado neste estudo.

189 Quando o animal está em estresse, há liberação de glicocorticoides e aumento do
190 metabolismo animal, levando à aceleração da glicólise por degradação anaeróbica do
191 glicogênio muscular, levando uma súbita redução no pH da carne (ALI; KANG; JOO, 2008).
192 Com isso, aumenta a probabilidade de ter uma carne de má qualidade, podendo ser um produto
193 com características não aceitáveis, ditas pálida, flácida e exsudativa, que segundo Gregory *et*
194 *al.* (2010) o risco de aparecimento desse aspecto, aumenta ainda mais em animais em estresse
195 antes do abate. Neste sentido, Tavaniello *et al.* (2020) observaram aumento do pH da carne em
196 animais mantidos em desconforto térmico pelo calor.

197 A acidez na carne tem relação com ácidos graxos livres, formados a partir da hidrólise
198 dos lipídios, tendo relação com a peroxidação lipídica. Este fato fornece um parâmetro
199 importante na indicação do estado de conservação do produto alimentício. Souza *et al.* (2010)
200 afirmam que animais criados nos períodos mais quentes do ano, ou seja, submetidos a uma
201 situação de desconforto pelo calor, apresentam maior acidez de sua carne, podendo ter menor
202 tempo de qualidade do produto acabado. Em trabalho de Leskovec *et al.* (2019) os autores
203 demonstraram que a suplementação de vitamina C, associada a uma fonte de mineral, foi capaz
204 de melhorar a qualidade de carne, especificamente contra a peroxidação lipídica, fato que não
205 se concretizou nesta pesquisa.

206 A deposição de uma maior quantidade de vitamina C na carcaça de frangos de corte
207 seria uma forma de melhorar o poder antioxidante na musculatura e, posteriormente, no produto
208 cárneo, visto o poder da vitamina C em atuar na redução da maioria das espécies reativas de
209 oxigênio e ainda ser uma alternativa futura para enriquecimento nutricional da carne para
210 consumo humano.

211 Neste contexto, o nível de cromo orgânico na dieta controle e vitamina C sintetizada
212 pelos animais foram suficientes para atender às exigências dos animais nas condições
213 ambientais e que ainda, pode-se sugerir que os animais foram capazes de se adaptarem e

214 responder ao nível de desconforto imposto pela temperatura, devido às respostas observadas
 215 neste experimento.

216 CONCLUSÃO

217 Os níveis suplementares de vitamina C e cromo orgânico, em dietas para frangos de
 218 corte, no período de 22 a 42 dias de idade, mediante condições de desconforto térmico pelo
 219 calor, não interferem nos parâmetros de temperatura superficial, cloacal e corporal média e na
 220 qualidade de carne.

221 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 222 ABREU, V. M. N.; ABREU, P. G. Os desafios da ambiência sobre os sistemas de aves no
 223 Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 2, p. 1-14, 2011.
 224
- 225 ALI, M. S.; KANG, G.; JOO, S. T. Influences of Pre-slaughter Stress on Poultry Meat Quality.
 226 **Asin-Australas Journal Animal Science**, v. 21, n. 6, 2008.
 227
- 228 BRASIL, 2017. **Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem**
 229 **Animal (RIISPOA)**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Disponível em:
 230 [http://www.agricultura.gov.br/noticias/diariooficial-publica-decreto-do-novo-regulamento-de-](http://www.agricultura.gov.br/noticias/diariooficial-publica-decreto-do-novo-regulamento-de-inspecao-industrial-e-sanitaria)
 231 [inspecao-industrial-e-sanitaria](http://www.agricultura.gov.br/noticias/diariooficial-publica-decreto-do-novo-regulamento-de-inspecao-industrial-e-sanitaria). Acesso em: Outubro, 02, 2019.
 232
- 233 BUENO, J. P. R. *et al.* Características de termorregulação em frangos de corte, machos e
 234 fêmeas, criados em condições naturais de temperatura e umidade. **Enciclopédia Biosfera,**
 235 **Centro Científico Conhecer**, v.10, n.19, p. 437, 2014.
 236
- 237 BUFFINGTON, D. E. et al. Black globe humidity index (BGHI) as comfort equation for dairy
 238 cows. **American Society of Agricultural Engineers**, v. 24, n. 3, p. 711-714, 1981.
 239
- 240 CHEN, X. Y. *et al.* Rectal temperature as an indicator for heat tolerance in chickens. **Animal**
 241 **Science Journal**, v. 84, n. 11, p. 737-739, 2013.
 242
- 243 DAHLKE, F. *et al.* Empenamento, níveis hormonais de triiodotironina e tiroxina e temperatura
 244 corporal de frangos de corte de diferentes genótipos criados em diferentes condições de
 245 temperatura. **Ciência Rural**, v.35, n. 3, p.664-670, 2005.
 246
- 247 EDGAR, J.L. *et al.* Surface temperature changes in response to handling in domestic chickens.
 248 **Physiology e Behavior**, v. 119, n. 1, p. 195-200, 2013.
 249
- 250 FARGHLY, M. F. A. *et al.* Wet feed and cold water as heat stress modulators in growing
 251 Muscovy ducklings. **Poultry Science**, v. 97, n. 5, p. 1588-1594, 2018.
 252
- 253 GREGORY, N G. How climatic changes could affect meat quality. **Food Research**
 254 **International**, v. 43, n. 7, p. 1866-1873, 2010.
 255

- 256 IMIK, H. *et al.* Effects of vitamin C and α -lipoid acid dietary supplementations on metabolic
257 adaptation of broilers to heat stress. **Revue de Médecine Vétérinaire**, v. 164, n. 2, p. 52-59,
258 2013.
- 259
- 260 INSTITUTO ADOLFO LUTZ - IAL. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos.**
261 São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008. 1020p. Disponível em:
262 [http://www.ial.sp.gov.br/resources/editorinplace/ial/2016_3_19/analisedealimentosial_2008.p](http://www.ial.sp.gov.br/resources/editorinplace/ial/2016_3_19/analisedealimentosial_2008.pdf)
263 [df.](http://www.ial.sp.gov.br/resources/editorinplace/ial/2016_3_19/analisedealimentosial_2008.pdf) Acesso em 14 out. 2019.
- 264
- 265 JAHANIAN, R; MIRFENDERESKI, E. Effects of dietary organic chromium and vitamin C
266 supplementation on performance, immune responses, blood metabolites, and stress status of
267 laying hens subjected to high stocking density. **Poultry Science**, v. 94, n. 2, p. 281-288, 2015.
- 268
- 269 KOTTEK M, *et al.* World Map of the Köppen-Geiger climate classification updated. **Meteorol**
270 **Z**, v. 15, n.3, p. 259-263, 2006.
- 271
- 272 LESKOVEX, J. *et al.* Antioxidative effects of supplementing linseed oil-enriched diets with
273 α -tocopherol, ascorbic acid, selenium, or their combination on carcass and meat quality in
274 broilers. **Poultry Science**, v. 98, n. 12, p. 6733–6741, 2019.
- 275
- 276 LEWICKI, S. *et al.* The role of Chromium III in the organism and its possible use in diabetes
277 and obesity treatment. **Annals of Agricultural and Environmental Medicine**, v. 21, n. 2, p.
278 331 335, 2014.
- 279
- 280 LIAO, X. *et al.* Effects of environmental temperature and dietary zinc on egg production
281 performance, egg quality and antioxidant status and expression of heat-shock proteins in tissues
282 of broiler breeders. **British Journal of Nutrition**, v. 120, n. 1, p. 3-12, 2018.
- 283
- 284 MAHMOUD, U. T. *et al.* Effects of propolis, ascorbic acid and vitamin E on thyroid and
285 corticosterone hormones in heat stressed broilers. **Journal Advanced Veterinary Research**, v.
286 4, n. 1, p. 18-27, 2014.
- 287
- 288 MARCHINI, C. F. P. *et al.* Frequência respiratória e temperatura cloacal em frangos de corte
289 submetidos à temperatura ambiente cíclica elevada, v.12, n. 1, p.41-46, 2007.
- 290
- 291 MENEGALI, I. *et al.* Desempenho produtivo de frangos de corte em diferentes sistemas de
292 instalações semiclimatizadas no sul do Brasil. **Engenharia na Agricultura**, v.18, n. 6, p.461-
293 471, 2010.
- 294
- 295 MOHAMMADI, A.; GHAZANFARI, S.; SHARIFI, S. D. Comparative effects of dietary
296 organic, inorganic, and Nano-selenium complexes and rosemary essential oil on performance,
297 meat quality and selenium deposition in muscles of broiler chickens. **Livestock Science**, v.
298 226, n. 1, p. 21-30, 2019.
- 299
- 300 NASCIMENTO, S. T. *et al.* Mean surface temperature prediction models for broiler chickens –
301 a study of sensible heat flow. **International Journal of Biometeorology**, v. 58, n. 2, p. 195-
302 201, 2014.
- 303
- 304 NASCIMENTO, S.T. *et al.* Bands of respiratory rate and cloacal temperature for different
305 broiler chicken strains. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 41, n. 5, p. 1318-1324, 2012.

- 306
307 NOFAL, M. E. *et al.* Effect of dietary betaine supplementation on productive, physiological
308 and immunological performance and carcass characteristic of growing developed chicks
309 uinder the condition of heat stress. **Egypt Poultry Science**, v. 35, n. 1, p. 237–259, 2015.
310
- 311 ODAIR ZENEBON, N. S. P., TIGLEA, P. **Métodos Físico-Químicos para a Análise de**
312 **Alimentos**: Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz. 4. ed. São Paulo: IMESP, 2005,
313 p.1020.
314
- 315 ROSS-AVIAGEN. **Manual de Manejo Ross**: para o frango Ross 308 AP (AP95), 2014, 130 p.
316
- 317 ROSTAGNO, H. S. *et al.* **Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos**: composição de alimentos
318 e exigências nutricionais. 4º ed, Viçosa: UFV, 2017. p. 488.
319
- 320 SILVA, G. C. *et al.* Suplementação com zinco e selênio em frangos de corte submetidos a
321 estresse cíclico de calor. **Revista Ceres**, v. 62, n. 4, 372-378, 2015.
322
- 323 SOUZA, L. M. G. *et al.* Influência do cromo no desempenho, na qualidade da carne e no teor
324 de lipídeos no plasma sanguíneo de frangos de corte. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 39, n.
325 4, p. 808-814, 2010.
326
- 327 TAVANIELLO, S. *et al.* Effect of galactooligosaccharides delivered in ovo on meat quality
328 traits of broiler chickens exposed to heat stress. **Poultry Science**, v. 99, n. 1, p. 612–619,
329 2020.
330
- 331 VINCENT, J. B. Chromium: celebrating 50 years as an essential element? **Dalton**
332 **Transactions**, v. 39, n. 16, p. 3787-3794, 2010.
333
- 334 WAN, X. *et. al.* Dietary enzymatically treated *Artemisia annua* L. improves meat quality,
335 antioxidant capacity and energy status of breast muscle in heat-stressed broilers. **Journal of the**
336 **Science of Food and Agriculture**, v. 98, n. 10, p. 3715-3721, 2018.
337
- 338 ZANGENEH, S. *et al.* Effects of dietary supplemental lysophospholipids and vitamin C on
339 performance, antioxidant enzymes, lipid peroxidation, thyroid hormones and serum
340 metabolites of broiler chickens reared under thermoneutral and high ambient temperature.
341 **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v. 102, n. 6, p. 1521-1532, 2019.

CAPÍTULO 3

(Ciência Agrônômica)

Vitamina C e cromo sobre os parâmetros bioquímicos de frangos de corte em desconforto térmico.

Vitamina C e cromo sobre os parâmetros bioquímicos de frangos de corte em desconforto térmico.

RESUMO: O experimento foi conduzido para avaliar o efeito da suplementação da vitamina C e cromo nas dietas para frangos de corte no período de 22 a 42 dias de idade sobre os parâmetros de bioquímica sérica sanguínea. Utilizou-se 630 pintos, machos, Ross 308 AP, com peso médio inicial de 871 ± 10 g distribuídos em delineamento em blocos casualizados, em esquema fatorial $2 \times 3 + 1$, com dois níveis de vitamina C (150 e 300 mg de ácido ascórbico revestido/kg de ração), três níveis de cromo levedura (0,3; 0,6 e 0,9 mg/kg de ração) e uma dieta controle. Aos 42 dias de idade, duas aves por repetição foram selecionadas de acordo com o peso médio da parcela para coleta de 5ml de sangue e obtenção do soro para as seguintes análises: colesterol total, lipoproteínas de baixa densidade (LDL – Low Densty Lipoproteins), lipoproteínas de alta densidade (HDL – High Density Lipoproteins), triglicerídeos, aspartato transaminase (AST), alanina transaminase (ALT), proteína total, albumina, glicose e Creatina quinase (CK). O conteúdo de globulinas no sangue foi obtido pela diferença entre os níveis de proteínas totais e de albumina. A média de temperatura encontrada foi de $26,84 \pm 1,68$ °C e o ITGU 78,49 indicando que os animais estiveram em desconforto térmico pelo calor durante o ensaio. Os níveis suplementares de vitamina C e cromo orgânico não interferem nos parâmetros de bioquímica sanguínea sérica, nas condições térmicas registradas.

Palavras-chave: Ácido ascórbico. Calor. Glicose. Lipidograma. Mineral orgânico.

Vitamin C and chromium on the biochemical parameters of broilers in thermal discomfort.**ABSTRACT**

The experiment was conducted to evaluate the effect of supplementation of vitamin C and chromium in diets for broilers from 22 to 42 days of age on blood biochemical parameters. 630 male Ross 308 AP chicks were used, with an initial average weight of 871 ± 10 g distributed in a randomized block design, in a $2 \times 3 + 1$ factorial scheme, with two levels of vitamin C (150 and 300 mg of acid coated ascorbic / kg of feed), three levels of yeast chromium (0.3; 0.6 and 0.9 mg / kg of feed) and a control diet. At 42 days of age, two birds per repetition were selected according to the average weight of the plot to collect 5 ml of blood and obtain serum for the following analyzes: total cholesterol, low density lipoproteins (LDL - Low Density Lipoproteins), high density lipoproteins (HDL - High Density Lipoproteins), triglycerides, aspartate transaminase (AST), alanine transaminase (ALT), total protein, albumin, glucose and Creatine kinase (CK). The blood globulin content was obtained by the difference between the levels of total proteins and albumin. The average temperature found was 26.84 ± 1.68 °C and the ITGU 78.49 indicating that the animals were in thermal discomfort due to the heat during the test. The supplementary levels of vitamin C and organic chromium do not interfere with the parameters of serum blood biochemistry, in the registered thermal conditions.

Keywords: Ascorbic acid. Heat. Glucose. Lipidogram. Organic mineral.

INTRODUÇÃO

As linhagens de frangos de corte atuais foram selecionadas para o rápido crescimento dos animais. No entanto, regiões de clima quente, tornam-se um inconveniente para a atividade, visto que estas aves são suscetíveis ao desconforto térmico (LARA; ROSTAGNO, 2013), sofrendo uma série de alterações fisiológicas e bioquímicas (MACK *et al.* 2013).

O emprego de nutrientes funcionais via nutrição, como método de amenizar os efeitos deletérios do clima quente sobre os animais, pode ser uma possibilidade de melhorar o estado fisiológico, parâmetros sanguíneos e o rendimento dos frangos de corte.

A vitamina C vem sendo estudada no intuito de diminuir os efeitos deletérios do calor em frangos de corte, visto suas características funcionais e antioxidantes (BARRIO *et al.* 2020). Apesar das aves sintetizarem este nutriente, Mahmoud *et al.* (2014) afirmam que sua suplementação é benéfica em situações estressoras, onde a capacidade de síntese é diminuída.

O cromo é o principal componente do complexo orgânico denominado fator de tolerância à glicose, que facilita a ligação insulina-receptor da superfície da célula, potencializando a ação deste hormônio no organismo e intensificando a absorção de glicose. Além disto, participa da cromodulina, que favorece a sensibilidade à insulina por estimular a atividade tirosina quinase do receptor insulínico na membrana plasmática. (VINCENT, 2010). A adição de cromo em dietas de frangos de corte, pode auxiliar diversos segmentos do metabolismo animal, como no sistema imune, níveis séricos de metabólitos sanguíneos e de enzimas hepáticas (OGNIK *et al.* 2020).

Diante do exposto, objetivou-se avaliar os efeitos da suplementação da vitamina C e cromo orgânico, sobre os parâmetros da bioquímica sérica sanguínea de frangos de corte mantidos em condições de desconforto térmico pelo calor no período de 22 a 42 dias de idade.

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi conduzida em dois galpões experimentais do Setor de Avicultura do Departamento de Zootecnia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Piauí, em

26 Teresina, município situado na latitude 05° 05' 21'' sul e longitude 42° 48' 07'' oeste e altitude de
27 74,4 metros (SILVA *et al.*, 2015). O clima da região, segundo classificação de Köppen-Geiger
28 (KOTTEK *et al.* 2006), é classificado como AW, clima tropical semi-úmido. Os procedimentos
29 foram aprovados pelo Comitê de Ética em Experimentação com Animais CEEA/UFPI, sob
30 número 355/17.

31 Durante a fase pré-experimental, os animais foram criados de forma coletiva em galpão
32 convencional, consumindo dietas conforme a fase de criação, formuladas para atender às
33 exigências nutricionais segundo Rostagno *et al.* (2017), e manejadas de acordo com o manual da
34 linhagem Ross 308 AP (ROSS-AVIAGEN, 2014), , trabalhada no experimento.

35 Aos 22 dias de idade, 630 animais, machos, com peso médio inicial de 871±10 g foram
36 distribuídos em delineamento em blocos casualizados, sendo o bloco representado pelos galpões,
37 em esquema fatorial 2 x 3 + 1, com dois níveis de vitamina C (150 e 300 mg de ácido ascórbico
38 revestido/kg de ração), três níveis de cromo orgânico (0,3; 0,6 e 0,9mg/kg de ração) e uma dieta
39 controle (sem suplementação de cromo orgânico e vitamina C), com 5 repetições.

40 As aves foram alojadas em 35 boxes de aproximadamente 2,7 m², em dois galpões
41 experimentais, cobertos de telha cerâmica, piso cimentado coberto com casca de arroz, rodeados
42 de cortina para controle de correntes de ar. A unidade experimental foi representada por 18
43 aves/boxe. Cada boxe continha um comedouro tubular e um bebedouro pendular, com
44 fornecimento de ração e água *ad libitum*, durante todo o experimento. O bebedouro foi lavado
45 duas vezes ao dia para evitar o aquecimento da água e a fermentação de matéria orgânica.

46 Os animais receberam duas dietas experimentais (Tabela 1 e 2), conforme as
47 recomendações de Rostagno *et al.* (2017), isoproteicas e isoenergéticas, para cada fase
48 experimental, de 22 a 33 e de 34 a 42 dias de idade, formuladas à base de milho e farelo de soja,
49 com valor de proteína bruta destes dois ingredientes calculados no laboratório de nutrição animal
50 da Universidade Federal do Piauí. Os tratamentos consistiram na suplementação das rações basais

51 com vitamina C revestida 97,68% e cromo-levedura 0,1%, obtendo-se os seguintes níveis: 0,3,
52 0,6, e 0,9 mg de cromo/kg de ração e 150 e 300 mg de vitamina C/kg de ração.

53 Tabela 1. Composição percentual e conteúdo nutricional das dietas experimentais para frangos
54 de corte no período de 22 a 33 dias de idade

Ingredientes (%)	Níveis de vitamina C/Níveis de Cromo (mg/kg)						
	0/0	150/0,3	150/0,6	150/0,9	300/0,3	300/0,6	300/0,9
Milho (7,86% PB)	60,301	60,209	60,148	60,088	60,178	60,118	60,057
Farelo de soja (47,6% PB)	32,504	32,520	32,530	32,541	32,525	32,536	32,546
Óleo vegetal	3,621	3,652	3,673	3,693	3,663	3,683	3,704
Fosfato bicálcico	1,457	1,457	1,457	1,457	1,457	1,457	1,457
Calcário calcítico	0,730	0,730	0,730	0,730	0,730	0,730	0,730
Sal comum (NaCl)	0,492	0,492	0,492	0,492	0,492	0,492	0,492
L-Lisina-HCl (79%)	0,209	0,208	0,208	0,208	0,208	0,208	0,208
DL-Metionina (98%)	0,286	0,286	0,286	0,286	0,286	0,286	0,286
¹ Premix	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400
² Cromo	0,000	0,030	0,060	0,090	0,030	0,060	0,090
³ Vitamina C	0,000	0,015	0,015	0,015	0,031	0,031	0,031
TOTAL	100	100	100	100	100	100	100
Proteína bruta (%)	20,580	20,580	20,580	20,580	20,580	20,580	20,580
EM (kcal/kg)	3150	3150	3150	3150	3150	3150	3150
Lisina digestível (%)	1,124	1,124	1,124	1,124	1,124	1,124	1,124
Metionina digestível (%)	0,556	0,556	0,556	0,556	0,556	0,556	0,556
Metionina + cistina digestível (%)	0,832	0,832	0,832	0,832	0,832	0,832	0,832
Treonina digestível (%)	0,685	0,685	0,685	0,685	0,685	0,685	0,685
Triptofano digestível (%)	0,228	0,228	0,228	0,228	0,228	0,228	0,228
Cálcio (%)	0,758	0,758	0,758	0,758	0,758	0,758	0,758
Fósforo disponível (%)	0,374	0,374	0,374	0,374	0,374	0,374	0,374
Sódio (%)	0,208	0,208	0,208	0,208	0,208	0,208	0,208
Cromo (mg/kg)	0,000	0,090	0,360	0,810	0,090	0,360	0,810
Vitamina C (mg/kg)	0,000	0,024	0,024	0,024	0,094	0,094	0,094

55 ¹Níveis de garantia por kg do produto: ferro 10.000,00 mg; cobre 2.500,00 mg; manganês
56 15.000,00 mg; zinco 15.000,00 mg; iodo 250,00 mg; selênio 75,00 mg; vitamina A 150.000,00
57 UI; vitamina D3 400.000,00 UI; vitamina E 3.500,00 UI; vitamina K3 400,00 mg; vitamina B1
58 300,00 mg; vitamina B2 1125,00 mg; niacina 5.500,00 mg; ácido pantotênico 2.250,00 mg;
59 vitamina B6 450,00 mg; ácido fólico 100,00 mg; biotina 10,00 mg; vitamina B12 2.500,00 mcg;
60 colina 50,00 g; metionina 300,00 g; salinomicina 15.000,00; Halquinol 6.000,00 mg; ²Níveis de
61 garantia: Cromo levedura 0,1% (mín.): 1.000,00 mg/kg; ³Níveis de garantia: vitamina C revestida
62 – ácido ascórbico 97,68%.

64 Tabela 2. Composição percentual e conteúdo nutricional das dietas experimentais para frangos de
65 corte no período de 34 a 42 dias de idade

Ingredientes (%)	Níveis de vitamina C/Níveis de Cromo (mg/kg)
------------------	--

	0/0	150/0,3	150/0,6	150/0,9	300/0,3	300/0,6	300/0,9
Milho (7,86% PB)	65,827	65,735	65,674	65,614	65,704	65,644	65,583
Farelo de soja (47,6% PB)	27,378	27,393	27,403	27,414	27,398	27,409	27,419
Óleo vegetal	3,482	3,513	3,534	3,554	3,524	3,544	3,564
Fosfato bicálcico	1,076	1,076	1,076	1,076	1,076	1,076	1,076
Calcário calcítico	0,694	0,693	0,693	0,693	0,693	0,693	0,693
Sal comum (NaCl)	0,466	0,466	0,466	0,466	0,466	0,466	0,466
L-Lisina-HCl (79%)	0,225	0,225	0,224	0,224	0,224	0,224	0,224
DL-Metionina (98%)	0,254	0,254	0,254	0,254	0,254	0,254	0,254
¹ Premix	0,600	0,600	0,600	0,600	0,600	0,600	0,600
² Cromo	0,000	0,030	0,060	0,090	0,030	0,060	0,090
³ Vitamina C	0,000	0,015	0,015	0,015	0,031	0,031	0,031
TOTAL	100	100	100	100	100	100	100
Proteína bruta (%)	18,570	18,570	18,570	18,570	18,570	18,570	18,570
EM (kcal/kg)	3200	3200	3200	3200	3200	3200	3200
Lisina digestível (%)	1,014	1,014	1,014	1,014	1,014	1,014	1,014
Metionina digestível (%)	0,503	0,503	0,503	0,503	0,503	0,503	0,503
Metionina + cistina digestível (%)	0,757	0,757	0,757	0,757	0,757	0,757	0,757
Treonina digestível (%)	0,640	0,640	0,640	0,640	0,640	0,640	0,640
Triptofano digestível (%)	0,209	0,209	0,209	0,209	0,209	0,209	0,209
Cálcio (%)	0,634	0,634	0,634	0,634	0,634	0,634	0,634
Fósforo disponível (%)	0,296	0,296	0,296	0,296	0,296	0,296	0,296
Sódio (%)	0,197	0,197	0,197	0,197	0,197	0,197	0,197
Cromo (mg/kg)	0,000	0,090	0,360	0,810	0,090	0,360	0,810
Vitamina C (mg/kg)	0,000	0,024	0,024	0,024	0,094	0,094	0,094

66 ¹Níveis de garantia por kg do produto: ferro 5.000,00 mg; cobre 1.666,00 mg; manganês 11.000g;
67 zinco 10.000,00 mg; iodo 166,00 mg; selênio 50,00 mg; vitamina A 417.330,00 UI; vitamina D3
68 117.330,00 UI; vitamina E 1.166,00 UI; vitamina K3 117,00 mg; vitamina B1 84,00 mg; vitamina
69 B2 416,00 mg; niacina 3.000,00 mg; ácido pantotênico 1.166,00 mg; vitamina B6 84,00 mg; ácido
70 fólico 66,00 mg;; vitamina B12 1.000,00 mcg; colina 42,00 g; lisina 150,00 g; metionina 350,00
71 g; ²Níveis de garantia: Cromo levedura 0,1% (mín.): 1.000,00 mg/kg; ³Níveis de garantia: vitamina
72 C revestida – ácido ascórbico 97,68%.

73

74 Durante todo o período experimental as aves foram submetidas a um programa de
75 iluminação contínuo, com iluminação natural complementada com luz artificial de lâmpadas
76 incandescentes de 60 watts. A temperatura de globo negro, temperatura de bulbo úmido,
77 temperatura de bulbo seco e umidade foram aferidas diariamente às 8:00 e 16:00 horas. Os dados
78 de temperaturas foram convertidos em Índice de Temperatura de Globo e Umidade (ITGU),
79 conforme o proposto por Buffington *et al.* (1981), no qual $ITGU = 0,72 (T_{bu} + T_{gn}) + 40,6$, em
80 que: temperatura de bulbo úmido (T_{bu}) e temperatura de globo negro (T_{gn}), expressos em °C.

81 Com o intuito de identificar o período do dia em que os animais estavam submetidos a
82 temperatura acima da zona de conforto térmico, como proposta por Abreu e Abreu (2011),
83 realizou-se a leitura da temperatura e umidade relativa do ar nos galpões com Termohigrógrafo
84 Registrador Digital (Modelo 520A - Politerm®), por um período de 24 horas, com intervalos de
85 60 minutos entre as leituras, três vezes por semana, durante todo o período experimental.

86 Para avaliação do perfil bioquímico sérico, aos 42 dias de idade, duas aves por repetição
87 foram selecionadas de acordo com o peso médio de cada parcela para coleta de sangue. Foram
88 coletados 5ml de sangue, por punção da veia jugular com seringa de 5ml com agulha acoplada de
89 calibre 25x7 mm. O material foi acondicionado em tubos a vácuo com ativador de coágulo. Os
90 tubos foram mantidos em repouso para retração do coágulo, por aproximadamente 4 horas e, em
91 seguida foram centrifugados para obtenção do soro, que foi congelado a -20°C. Em seguida, o
92 material foi descongelado em temperatura ambiente para realização das seguintes análises:
93 Colesterol total, Lipoproteínas de Baixa Densidade (LDL – Low Density Lipoproteins),
94 Lipoproteínas de alta densidade (HDL – High Density Lipoproteins), Triglicerídeos, aspartato
95 transaminase (AST), alanina transaminase (ALT), proteína total, albumina, glicose e Creatina
96 quinase (CK), utilizando-se kits comerciais Labtest®, conforme protocolo do fabricante, em
97 analisador bioquímico semiautomático. O conteúdo de globulinas no sangue foi obtido pela
98 diferença entre os níveis de proteínas totais e de albumina.

99 Foram calculados a média e o desvio padrão das variáveis ambientais. Os parâmetros de
100 bioquímica sérica sanguínea foram submetidos à avaliação de homogeneidade e normalidade, os
101 outliers identificados foram removidos. Posteriormente, os dados foram submetidos à análise da
102 variância, e quando significativos, os níveis de suplementação de vitamina C foram comparados
103 pelo teste de Tukey e para os níveis de cromo orgânico usou-se a análise de regressão polinomial.
104 No confronto de cada tratamento com a dieta controle, aplicou-se o teste de Dunnett, utilizando os
105 procedimentos do software Statistical Analysis System. Considerou-se o $\alpha = 0,05$.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante o período experimental, as médias de temperatura máxima e de umidade relativa do ar foram de $26,84 \pm 1,68$ °C e de $84,01 \pm 5,14\%$, respectivamente. Valores estes caracterizam que os animais se mantiveram fora da zona de termoneutralidade para a fase estudada, visto que, segundo Nascimento *et al.* (2014), a temperatura de conforto para este período é de 21 a 24°C.

De forma semelhante, o ITGU obtido, também ficou acima do ideal para a fase experimental, ficando com 78,49. Menegali *et al.* (2010), sugerem que os animais estão em conforto térmico quando o ITGU está entre 74 e 77. Acima de 77 as funções orgânicas são prejudicadas e acima de 84 representa risco de morte para as aves, necessitando de intervenções no ambiente em que os animais estão inseridos.

A variação da temperatura e umidade relativa do ar foram registradas durante todo o período experimental. Os resultados (Gráficos 1 e 2) demonstram que as aves estiveram em desconforto térmico durante a maior parte do tempo, com ponto das médias de temperatura máxima chegando a 30,2°C e de mínima 24,7°C. Animais submetidos ao desconforto térmico pelo calor tendem a modificar sua fisiologia (FARGHLY *et al.*, 2018) e por consequência, podem modificar seus padrões de bioquímica sanguínea sérica.

Gráfico 01: Média diária da Temperatura e Umidade relativa do ar no galpão 01

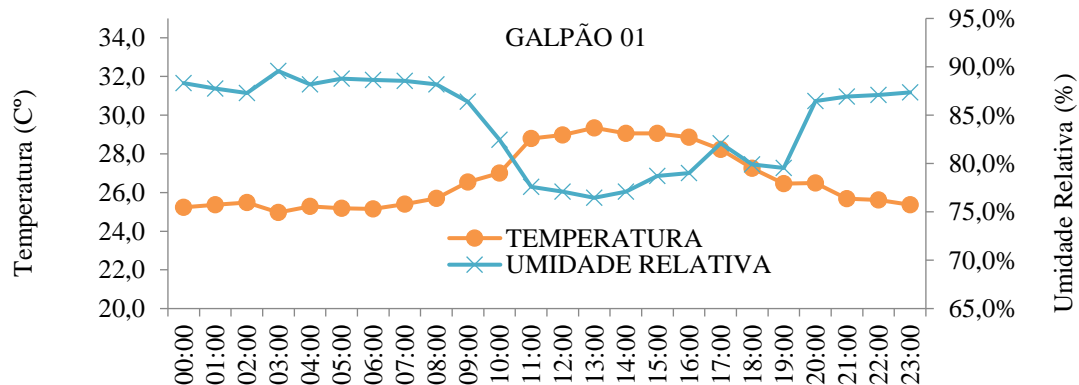
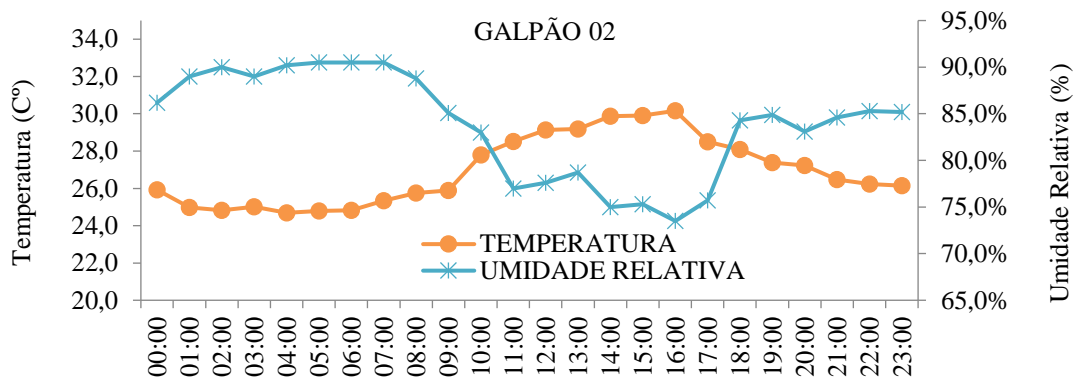


Gráfico 02: Média diária da Temperatura e Umidade relativa do ar no galpão 02



126

127

128 Em relação aos elementos da bioquímica sérica sanguínea, não houve interações ($P>0,05$)
 129 entre os níveis de vitamina C e de cromo orgânico, assim como não houve diferenças ($P>0,05$)
 130 entre o tratamento controle e os testes. Vila (2013), relata que a concentração de alguns elementos
 131 sanguíneos reflete a capacidade do animal manter a homeostasia orgânica e Barbosa *et al.* (2011)
 132 destacam que existe relação entre estresse térmico e alterações enzimáticas e metabólicas.

133 O perfil lipídico das aves foi avaliado pelas enzimas Colesterol total, Lipoproteínas de
 134 Baixa Densidade (LDL – Low Density Lipoproteins), Lipoproteínas de alta densidade (HDL –
 135 High Density Lipoproteins) e Triglicerídeos (tabela 4), devido importância destes constituintes
 136 para a saúde dos animais e para a qualidade do produto acabado na saúde do consumidor. Não
 137 houve alteração no perfil lipídico dos animais, assim como no trabalho de Hosseini-Vashan *et al.*
 138 (2020), onde os autores não observaram efeito significativo no perfil lipídico sérico em animais
 139 mantidos em estresse térmico.

140 O colesterol total tem origem endógena, através da síntese hepática, ou exógena por
 141 ingestão de lipídios via dieta. Os valores encontrados estão de acordo com os da literatura para
 142 índices de normalidade, que vão de 100 a 250 g/L (LUMEIJ, 1997). A diminuição na ingestão de
 143 alimento, como ocorre em animais estressados pelo calor, faz com que os níveis de colesterol
 144 plasmático diminuam (RAJMAN *et al.*, 2006). De forma contrária, o aumento do nível de
 145 colesterol total foi observado por Liu *et al.* (2016), ao aplicar corticosterona em frangos de corte,
 146 mimetizando o estresse contínuo, mimetizando como ocorre em frangos criados em condições de
 147 estresse pelo calor, fatos estes não observados neste estudo.

148 A relação entre proteínas HDL e LDL é um indicador de saúde dos animais, pois quanto
 149 maior esta relação, melhor para as aves. O HDL transporta colesterol dos tecidos para o fígado e
 150 LDL realiza o contrário, com grande parte da deposição em artérias. Em frangos de corte, onde o
 151 esforço cardíaco e respiratório é intenso em situação de desconforto pelo calor, uma menor
 152 quantidade de LDL e uma maior de HDL diminuiria a chance de perdas por morte súbita, no

153 entando, neste estudo, os níveis adicionais dos nutrientes não foram capazes de modificar tais
 154 parâmetros. Haq *et al.* (2018) observaram diminuição dos níveis LDL em frangos de corte ao
 155 suplementar com cromo.

156 Borsa *et al.* (2011), afirmam que o triglicerídeo é o lipídio padrão do organismo,
 157 representando cerca de 95% da gordura do organismo. Níveis séricos elevados de triglicerídeos e
 158 colesterol estão associados à patologias em humanos e animais, sendo, portando, desejadas suas
 159 reduções séricas. A amplitude dos valores de triglicerídeos encontrados (58,4 a 62,0 mg/dL) estão
 160 dentro dos valores de referência para frangos de corte, que é de até 150 mg/dL, segundo Schmidt
 161 *et al.* 2007.

162 Tabela 3: Perfil lipídico sérico de frangos de corte, aos 42 dias de idade, alimentados com dietas
 163 suplementadas com vitamina C e cromo

Controle	Vit C mg/kg	Cromo (mg/kg)			Média	CV (%)	Valor P ¹	
		0,3	0,6	0,9			L	Q
Colesterol Total								
	150	125,80	114,60	118,00	119,47			
118,20	300	113,60	120,20	121,20	118,33	8,93	0,934	0,668
	Média	119,70	117,40	119,60				
Lipoproteína de Alta Densidade (HDL)								
	150	91,20	87,00	88,60	88,93			
89,00	300	86,80	89,00	90,20	88,67	4,78	0,874	0,531
	Média	89,00	88,00	89,40				
Lipoproteína de Baixa Densidade (LDL)								
	150	22,20	15,88	17,56	18,55			
17,16	300	15,12	19,16	18,80	17,69	33,77	0,809	0,800
	Média	18,66	17,52	18,18				
Triglicerídeos								
	150	62,00	58,60	59,20	59,93			
60,20	300	58,40	60,20	61,00	59,87	5,60	0,914	0,623
	Média	60,20	59,40	60,10				

164 ¹L, Q: efeitos de ordem linear e quadrática, respectivamente, relativos à inclusão de cromo na
 165 dieta.

166

167 O estudo das enzimas hepáticas merece destaque, visto sua importância no metabolismo
 168 protéico e energético, além do fígado ser um dos órgãos que mais influenciam na produção de
 169 calor endógeno, fato este importante para aves criadas em regiões de altas temperaturas. Devido a
 170 isto, avaliou-se as enzimas hepáticas Alanina Transaminase (ALT), Aspartato Transaminase
 171 (AST), Proteína Total e Albumina

172 Tabela 4: Perfil bioquímico hepático de frangos de corte, aos 42 dias de idade, alimentados com
 173 dietas suplementadas com vitamina C e cromo

Controle	Vit C mg/kg	Cromo (mg/kg)			Média ¹	CV (%)	Valor P ²	
		0,3	0,6	0,9			L	Q
Alanina Aminotransferase (ALT)								
8,38	150	7,30	6,18	6,78	6,75 ^a	35,10	0,378	0,810
	300	8,28	8,26	6,40	7,65 ^a			
	Média	7,79	7,22	6,59				
Aspartato Aminotransferase (AST)								
196,80	150	203,70	169,18	182,92	185,27 ^a	19,71	0,300	0,629
	300	184,90	186,42	173,18	181,50 ^a			
	Média	194,30	177,80	178,05				
Proteína Total (g/L)								
2,80	150	2,90	2,82	2,88	2,87 ^a	13,50	0,707	0,952
	300	2,88	2,90	2,78	2,85 ^a			
	Média	2,89	2,86	2,83				
Albumina (g/L)								
1,96	150	1,92	2,06	1,94	1,97 ^a	9,84	0,841	0,268
	300	1,86	1,90	1,88	1,88 ^a			
	Média	1,89	1,98	1,91				

174 ¹Médias seguidas de mesma letra minúscula, na coluna, para uma mesma variável, não diferem
 175 entre si pelo teste de Tukey (P>0,05), ²L, Q: efeitos de ordem linear e quadrática, respectivamente,
 176 relativos à inclusão de cromo na dieta.

177

178 Aumentos nos níveis das transaminases ALT e AST estão geralmente associadas com
 179 lesões hepáticas e musculares, sendo a primeira mais específica para o fígado. Elevações nestas
 180 enzimas estão associadas a ruptura dos hepatócitos, resultantes de necrose tecidual ou
 181 modificações na permeabilidade da membrana celular. Neste estudo, os valores médios para AST
 182 e ALT estão dentro da normalidade segundo Thrall; Baker; Campbell (2007). Khan *et al.* (2002),
 183 observaram que houve aumento crescente nos níveis de AST e de ALT em frangos de corte ao
 184 submeter os animais em 3 categorias de temperatura, 28-32 ° C, 35-40 ° C e 40 – 45 ° C. Da mesma
 185 forma, Kanani *et al.* (2016) observaram aumento das atividades enzimáticas em estresse térmico
 186 a 32°C, indicando lesão hepática.

187 As proteínas plasmáticas albumina, produzida no fígado, e globulinas, produzidas pelos
 188 linfócitos B e plasmócitos, são importantes para manter o volume e pH sanguíneo e agir como
 189 transportadoras de diversas substâncias (MELILLO, 2013), além das globulinas estarem
 190 estritamente ligadas à imunidade dos animais.

191 Em desconforto térmico, as aves tendem a reduzir os pesos dos órgãos metabolicamente
 192 ativos, como o fígado, para diminuir a produção de calor endógeno, podendo diminuir a síntese de

193 albumina, ou ainda, diminuir a ingestão de alimento, para retraindo o incremento calórico, o que torna
 194 importante a mensuração destas proteínas. Os valores encontrados nesta pesquisa para proteína
 195 total, albumina e globulinas estão de acordo com os descritos por Thrall; Baker; Campbell (2007),
 196 indicando que as funções hepática e imunitária não sofreram influências da vitamina C e do cromo
 197 acrescidos nas dietas e que o desconforto térmico não foi o suficiente para ocorrer retração destes
 198 sistemas.

199 A glicose é um dos metabólitos mais sensíveis em condições de estresse, devido sua ligação
 200 ao eixo hipotalamo-hipofise-adrenal e sua participação nos glicocorticóides. Modificações
 201 ambientais acima da zona de conforto aumentaram a glicemia em frangos de corte. Zhou *et al.*
 202 (2019), demonstraram que os níveis de glicose de frangos de corte aumentam com elevação
 203 gradativa de temperatura. O mineral cromo, agindo como cofator insulínico auxiliaria para um
 204 maior trânsito de glicose até células alvo, diminuindo seus níveis plasmáticos, fato que não ocorreu
 205 neste estudo. As médias observadas ficaram dentro dos valores de normalidade para a espécie que
 206 é de até 500g/L (SCHMIDT *et al.*, 2007). Sahin *et al.* (2003), perceberam uma diminuição na
 207 glicose plasmática ao suplementarem frangos de corte com vitamina C e cromo. Haq *et al.* (2018)
 208 observaram diminuição do nível de glicose ao fornecer 1mg/kg de cromo orgânico para frangos
 209 de corte.

210 Tabela 5: Perfil de metabólitos séricos de frangos de corte, aos 42 dias de idade, alimentados com
 211 dietas suplementadas com vitamina C e cromo

Controle	Vit C mg/kg	Cromo (mg/kg)			Média ¹	CV (%)	Valor P ²	
		0,3	0,6	0,9			L	Q
Globulina (g/L)								
	150	0,98	0,76	0,94	0,89 ^a			
0,84	300	1,02	1,00	0,90	0,97 ^a	37,46	0,600	0,589
	Média	1,00	0,88	0,92				
Glicose (g/L)								
	150	155,06	160,58	160,44	158,69 ^a			
156,36	300	156,94	159,34	157,02	157,77 ^a	4,095	0,350	0,328
	Média	156,00	159,96	158,73				
Creatina Quinase (U/L)								
	150	1441,40	1346,40	1398,80	1395,53 ^a			
1386,00	300	1392,20	1389,20	1332,40	1371,27 ^a	8,453	0,327	0,644
	Média	1416,80	1367,80	1365,60				

212 ¹Médias seguidas de mesma letra minúscula, na coluna, para uma mesma variável, não diferem
 213 entre si pelo teste de Tukey (P>0,05), ²L, Q: efeitos de ordem linear e quadrática, respectivamente,
 214 relativos à inclusão de cromo na dieta.

215

216 A Creatina quinase em frangos de corte tende a ser elevada, pois o rápido crescimento
 217 induz miopatias e o fluxo desta enzima é aumentado para a circulação geral. Além disso, altas
 218 temperaturas ambientais aumentam seus níveis (LIU *et al.*, 2016), sugerindo um maior desgaste
 219 muscular em animais submetidos a situações de estresse pelo calor, podendo ainda, comprometer
 220 a qualidade da carne.

221 Sendo os níveis séricos enzimáticos índices muito sensíveis a vários fatores, como os da
 222 técnica utilizando, no que se refere à aparelhagem e kits comerciais, assim como variações
 223 climáticas e nas matérias primas utilizadas nas dietas, a divergência de valores entre os autores
 224 pode existir, por esta razão é importante mais estudos na determinação de valores padrões nas
 225 condições ambientais deste estudo.

226
 227
 228

CONCLUSÃO

229 Os níveis suplementares de vitamina C e cromo orgânico, no período de 22 a 42 dias de
 230 idade, não interferem nos parâmetros de bioquímica sérica sanguínea, em frangos de corte, nas
 231 condições térmicas registradas.

232
 233
 234

Referências

- 235 ABREU, V. M. N.; ABREU, P. G. Os desafios da ambiência sobre os sistemas de aves no Brasil.
 236 **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 2, p. 1-14, 2011.
 237
 238 BAGHBAN KANANI, P. et al. Effects of cinnamon (*Cinnamomum zeylanicum*) and turmeric
 239 (*Curcuma longa*) powders on performance, enzyme activity, and blood parameters of broiler
 240 chickens under heat stress. **Poultry Science Journal**, v. 4, n. 1, p. 47–53, 2016.
 241
 242 BARBOSA, T. S. et al. Perfil bioquímico sérico de galinhas poedeiras na região de Araçatuba, SP,
 243 **Semina: Ciências Agrárias**, v. 32, n. 4, p. 1583-1588, 2011.
 244
 245 BARRIO, A.S. et al. Effect of mineral and vitamin C mix on growth performance and blood
 246 corticosterone concentrations in heat-stressed broilers. **Journal of Applied Poultry Research**, v.
 247 29, n. 1, p. 23-33, 2020.
 248
 249 BORSA, A.; KOHAYAGAWA, A.; BORETTI, L. P.; SAITO, M. E. Efeitos da interação entre
 250 aflatoxicoses e doença infecciosa bursal sobre níveis de enzimas de função hepática, colesterol e
 251 triglicerídeos em frangos de corte. **Veterinária em Foco**, v. 8, n. 2, p. 132- 142, 2011.
 252
 253 BRUSS, M. L. **Clinical Biochemistry of Domestic Animals**. 6 ed. Waltham: Academic Press, p
 254 839-872, 2008
 255

- 256 BUFFINGTON, D. E. et al. Black globe humidity index (BGHI) as comfort equation for dairy
257 cows. **American Society of Agricultural Engineers**, v. 24, n. 3, p. 711-714, 1981.
258
- 259 FARGHLY, M. F. A. *et al.* Wet feed and cold water as heat stress modulators in growing
260 Muscovy ducklings. **Poultry Science**, v. 97, n. 5, p. 1588-1594, 2018.
261
- 262 HAQ, Z. et al. Dietary supplementation of chromium yeast alone and in combination with
263 antioxidants for designing broiler meat. **Journal of Entomology and Zoology Studies**, v. 6, n. 1,
264 p. 766-770, 2018.
265
- 266 HOSSEIN-VASHAN, S.J., et al. The growth performance, plasma biochemistry indices, immune
267 system, antioxidant status, and intestinal morphology of heat-stressed broiler chickens fed grape
268 (*Vitis vinifera*) pomace. *Animal Feed Science and Technology*, v. 259, n.1, 2020.
269
- 270 KHAN, W.A. et al. Effects of induced heat stress on some biochemical values in broiler chicks.
271 **International Journal of Agriculture e Biology**, v. 4, n. 1, p. 74-75, 2002.
272 KOTTEK M, *et al.* World Map of the Köppen-Geiger climate classification updated. **Meteorol Z**,
273 v. 15, n.3, p. 259-263, 2006.
274
- 275 LARA, L. J.; ROSTAGNO, M. H. Impact of heat stress on poultry production. **Animals**, V. 3,
276 N. 2, P. 356-369, 2013. Laura_Vila_2corrig.pdf. Acesso em: jan de 2020.
277
- 278 LIU, J. et al. Exogenous administration of chronic corticosterone affects hepatic cholesterol
279 metabolism in broiler chickens showing long or short tonic immobility. **Comparative**
280 **Biochemistry and Physiology, Part A**, v. 191, n. 1, p. 53-58, 2016.
281
- 282 LUMEIJ, J. T. Avian clinical biochemistry. In: KANEKO, J. J; HARVEY, J. W.; MACK, L. et al.
283 Genetic variation alter production and behavioral responses following heat stress in 2 strains of
284 laying hens. **Poultry Science**, v. 92 n. 2, p. 285-294, 2013.
285
- 286 MACK, L.A. et al. Genetic variation alter production and behavioral responses following heat
287 stress in 2 strains of laying hens. *Poultry Science*, v. 92, p. 285-294, 2013.
288
- 289 MAHMOUD, U. T. *et al.* Effects of propolis, ascorbic acid and vitamin E on thyroid and
290 corticosterone hormones in heat stressed broilers. **Journal Advanced Veterinary Research**, v. 4,
291 n. 1, p. 18-27, 2014.
292
- 293 MELILLO, A. Applications of serum protein electrophoresis in exotic pet medicine. **Veterinary**
294 **Clinics of North America: Exotic Animal Practice**, v. 16, n. 1, p. 211-225, 2013.
295
- 296 MENEGALI, I. *et al.* Desempenho produtivo de frangos de corte em diferentes sistemas de
297 instalações semi climatizadas no sul do Brasil. **Engenharia na Agricultura**, v.18, n. 6, p.461-
298 471, 2010.
299
- 300 NASCIMENTO, S. T. *et al.* Mean surface temperature prediction models for broiler chickens – a
301 study of sensible heat flow. **International Journal of Biometeorology**, v. 58, n. 2, p. 195-201,
302 2014.
303

- 304 OGNIK, K. The effect of chromium nanoparticles and chromium picolinate in broiler chicken diet
305 on the performance, redox status and tissue histology. **Animal Feed Science and Technology**, v.
306 259, 2020.
- 307
- 308 RAJMAN, M. et al. The effects of feed restriction on plasma biochemistry in growing meat type
309 chickens (*Gallus gallus*). **Comparative Biochemistry and Physiology**, v. 145, n. 3, p. 363-371,
310 2006.
- 311
- 312 ROSS-AVIAGEN. **Manual de Manejo Ross**: para o frango Ross 308 AP (AP95), 2014, 130 p.
- 313
- 314 ROSTAGNO, H. S. *et al.* **Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos**: composição de alimentos e
315 exigências nutricionais. 4º ed, Viçosa: UFV, 2017. p. 488.
- 316
- 317 SAHIN, K.; KUÇUK, O. Heat stress and dietary vitamin supplementation of poultry diets.
318 **Nutrition Abstracts and Reviews. Series B: Livestock Feeds and Feeding**, v. 73, n. 7, p. 41-53,
319 2003.
- 320
- 321 SAS. **Statistical analysis systems user's guide**: Version 9.0. Cary, NC, USA: SAS Institute Inc.,
322 2002.
- 323
- 324 SCHMIDT, E.M.S. et al. Patologia clínica em aves de produção - uma ferramenta para monitorar
325 a sanidade avícola - revisão. **Archives of Veterinary Science**, v. 12, n. 3, p. 9-20, 2007.
- 326 SILVA, G. C. et al. Suplementação com zinco e selênio em frangos de corte submetidos a estresse
327 cíclico de calor. **Revista Ceres**, v. 62, n. 4, 372-378, 2015.
- 328
- 329 THRALL M. A.; BAKER, D. C.; CAMPBELL, T. W. et al. **Hematologia e bioquímica clínica**
330 **veterinária**. São Paulo: Roca, p. 582, 2007.
- 331
- 332 **Veterinary Clinics of North America: Exotic Animal Practice**, v. 16, n. 1, p. 211-225, 2013.
- 333
- 334 VILA, L. G. Bioquímica em aves: Revisão de literatura. **Universidade Federal de Goiás,**
335 **Goiás. 56 f. 2013**. Disponível em: <https://ppgca.evz.ufg.br/up/67/o/2013>
- 336
- 337 VINCENT, J. B. Chromium: celebrating 50 years as an essential element? **Dalton Transactions**,
338 v. 39, n. 16, p. 3787-3794, 2010.
- 339
- 340 ZHOU, Y. et al. Effect of relative humidity at chronic temperature on growth performance,
341 glucose consumption, and mitochondrial atp production of broilers. **Journal of Integrative**
342 **Agriculture**, v. 18, n. 6, p. 1321-1328, 2019.

6. Considerações finais

Apesar de algumas pesquisas mostrarem efeitos positivos da suplementação de nutrientes funcionais sobre parâmetros fisiológicos, bioquímicos, de desempenho e de qualidade carne, os resultados desta pesquisa não fortalecem esses dados, mesmo apresentando variações em algumas variáveis. Deste modo, as oscilações climáticas brandas que foram registradas neste experimento, possivelmente não foram capazes de desencadear um estresse térmico passível de gerar alterações bioquímicas, fisiológicas e de desempenho. Além disso, os animais podem ter sofrido uma adaptação ao ambiente na tentativa de tolerar o desconforto térmico.

Adicionalmente, os níveis de vitamina C sintetizada pelo organismo dos animais e do cromo presente na dieta basal, já atendem as necessidades dos animais para a fase estudada, nas condições climáticas registradas.

Desta forma é importante que novos estudos sejam realizados para avaliar os efeitos destes nutrientes em frangos de corte, em diferentes fases de criação, condições fisiológicas e de estresse mais exigentes, ambientes com condições climáticas distintas e com diferentes fontes e níveis destes nutrientes, para assim saber os reais benefícios da vitamina C e do cromo para estes animais.

7. Referencias Bibliográficas

- ABUDABOS, A. M. et al. Effect of Natural Vitamin C on Performance and Certain Haemato Biochemical Values in Broiler Chickens Exposed to Heat Stress. **Zoological Society of akistan**, v. 50, n. 3, p. 951-955, 2018.
- AHMED, et al. Growth performances, nutrient utilization and carcass traits in broiler chickens fed with a normal and a low energy diet supplemented with inorganic chromium (as chromium chloride hexahydrate) and a combination of inorganic chromium and ascorbic acid. **The Journal of Agricultural Science**, v. 143, n. 5, p. 427-439, 2005.
- ALAGAWANY, M. et al. Heat stress: effects on productive and reproductive performance of quails. *World Poultry Science*, v. 73, n. 1, p. 747–756, 2017.
- AL-RASHEED, N. M. et al. Preventive effects of selenium yeast, chromium picolinate, zinc sulfate and their combination on oxidative stress, inflammation, impaired angiogenesis and atherogenesis in myocardial infarction in rats. **Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences**, v. 16, n. 5, p. 848-867, 2013.
- ATTIA , Y. A. et al. Laying performance, digestibility and plasma hormones in laying hens exposed to chronic heat stress as affected by betaine, vitamin C, and/or vitamin E supplementation. *SpringerPlus*, v. 5, n. 1, p. 1619, 2016.
- ATTIA, Y. A.; HASSAN, R. A.; QOTA, M. A. Recovery from adverse effects of heat stress on slow-growing chicks in the tropics 1. Effect of ascorbic acid and different levels of betaine. *Tropical Animal Health and Productio*, v. 41, p. 807-818, 2009.
- ATTIE, A. D. ABCA1: at the nexus of cholesterol, HDL and atherosclerosis. **Trends in Biochemical Sciences**, v. 32, n. 4, p. 172-179, 2007.
- AZAD, M. A. K. Metabolic characteristics and oxidative damage to skeletal muscle in broiler chickens exposed to chronic heat stress. **Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Physiology**, v. 155, p. 401-406, 2010.
- BAGHBAN KANANI, P. et al. Effects of cinnamon (*Cinnamomum zeylanicum*) and turmeric (*Curcuma longa*) powders on performance, enzyme activity, and blood parameters of broiler chickens under heat stress. **Poultry Science Journal**, v. 4, n. 1, p. 47–53, 2016.
- BORGES, S. A. et al. Fisiologia do estresse calórico e a utilização de eletrólitos em frangos de corte. **Ciência Rural**, v. 33, n. 5, p. 975-98, 2003.
- BORGUET, F.; CORNELIS, R.; LAMEIRE, N. Speciation of chromium in plasma and liver tissue of endstage renal failure patients on continuous ambulatory peritoneal dialysis. **Biological Trace Element Research**, v. 26-27, p. 449-460, 1990.
- BORSA, A.; KOHAYAGAWA, A.; BORETTI, L. P.; SAITO, M. E. Efeitos da interação entre aflatoxicoses e doença infecciosa bursal sobre níveis de enzimas de função hepática, colesterol e triglicérides em frangos de corte. **Veterinária em Foco**, v. 8, n. 2, p. 132- 142, 2011.

- BORSA, B. et al. Níveis séricos de enzimas de função hepática em frangos de corte de criação industrial clinicamente saudáveis. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.58, n.4, p.675-677, 2006.
- BÜRZLE, M.; HEDIGER, M. A. Functional and Physiological Role of Vitamin C Transporters. **Current Topics in Membranes**, v. 70, p. 357–375. 2012.
- CAPITELLI, R.; CROSTA, L. Overview of psittacine blood analysis and comparative retrospective study of clinical diagnosis, hematology and blood chemistry in selected psittacine species. **Veterinary Clinics of North America: Exotic Animal Practice**, v. 16, n. 1, p. 71-120, 2013.
- CHAND, N. et al. Performance traits and immune response of broiler chicks treated with zinc and ascorbic acid supplementation during cyclic heat stress. **International Journal of Biometeorology**, v. 58, n. 10, p. 2153-2157, 2014.
- CHEN, X. Y. et al. Rectal temperature as an indicator for heat tolerance in chickens. **Animal Science Journal**, v. 84, n11, p. 737–739, 2013.
- CHENG, Y. et al. Dietary mannan oligosaccharide improves growth performance, muscle oxidative status, and meat quality in broilers under cyclic heat stress. **Thermal Biology**, v. 75, n. 1, p. 106-111, 2018.
- CIRULE, D. et al. Rapid effect of handling on counts of white blood cells in a wintering passerine bird: a more practical measure of stress. **Journal of Ornithology**, v. 153, n. 1, p. 161-166, 2012.
- COMBS, G. F.; GERALD, F. C. **The Vitamins fundamental aspects in nutrition and health / Vitamin C**. New York: Academic Press, p. 233–259. 2012.
- CZYZOWSKA, A. **Vitamins: Vitamin C. Encyclopedia of Dairy Sciences**. 2 ed. Poland. p. 667–674. 2016.
- DA SILVA, R. G.; MAIA, A. S. C. Basic Physical Mechanisms. (Ed.) 1. Principles of animal biometeorology. New York: Springer, p. 39-74, 2013.
- DEL VESCO, et al. Effects of selenium supplementation on the oxidative state of acute heat stress-exposed quails. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, 101(1):170–179, 2017.
- EBRAHIMZADEH S, FARHOOMAND P, NOORI K. Effects of chromium methionine supplementation on performance, carcass traits, and the Ca and P metabolism of broiler chickens under heat-stress conditions. **The Journal of Applied Poultry Research**, v. 22, v. 3, p. 382-387, 2013.
- EDGAR, J.L. et al. Surface temperature changes in response to handling in domestic chickens. **Physiology e Behavior**, v. 119, p. 195–200, 2013.
- EL-SENOUSEY, H. K. et al. Effects of dietary vitamin C, vitamin E, and alpha-lipoic acid supplementation on the antioxidant defense system and immune-related gene expression in

broilers exposed to oxidative stress by dexamethasone. **Poultry Science**, v. 97, n. 1, p. 30-38, 2017.

EZE, D.C. et al. Effect of chromium propionate on the humoral immune response and performance of broilers vaccinated against Newcastle disease in the tropics. **Journal of Animal and Plant Sciences**, v. 24, n. 6, p. 1709-1715, 2014.

EZZAT, W. et al. Impact of chromium picolinate supplementation on productive performance, immune response and heat shock proteins of broiler chickens under heat-stress condition. **Egyptian Poultry Science Journal**, v. 37, n. 2, p. 559-583, 2017.

GHANBARI, S. et al. Effect of dietary chromium supplementation on performance and carcass traits of broiler chicks. **Pakistan Journal of Nutrition**, v. 11, n. 5, p. 467-472, 2012.

GILOH, M. et al. Skin surface temperature of broiler chickens is correlated to body core temperature and is indicative of their thermoregulatory status. **Poultry Science**, v. 91, n. 1, p. 175-188, 2012.

GONZALES, E.; MACARI, M. Enfermidades metabólicas em frangos de corte. In: BERCHIERI Jr., A.; MACARI, M. **Doenças das aves**. Campinas : FACTA, p.451-464, 2000.

HABIBIAN, M. et al. Effects of dietary selenium and vitamin E on immune response and biological blood parameters of broilers reared under thermoneutral or heat stress conditions. **International Journal of Biometeorology**, v. 58, n. 5, p. 741–752, 2013.

HABIBIAN, M.; GHAZI, S.; MOEINI, M. Lack of effect of dietary chromium supplementation on growth performance and serum insulin, glucose, and lipoprotein levels in broilers reared under heat stress condition. **Biological Trace Element Research**, v. 153, n. 1-3, p. 205-211, 2013.

HEA, X. et al, Chronic heat stress alters hypothalamus integrity, the serum indexes and attenuates expressions of hypothalamic appetite genes in broilers. **Journal of Thermal Biology**, v. 81, p. 110-117, 2019.

HOSSAIN, S. M. et al. Growth performance and carcass composition of broilers fed supplemental chromium from chromium yeast. **Animal Feed Science Technology**, v. 71, p. 217-228, 1998.

HOSSEIN-VASHAN, S.J., et al. The growth performance, plasma biochemistry indices, immune system, antioxidant status, and intestinal morphology of heat-stressed broiler chickens fed grape (*Vitis vinifera*) pomace. **Animal Feed Science and Technology**, v. 259, n.1, 2020.

IMIK, H. et al. Effects of vitamin C and α -lipoid acid dietary supplementations on metabolic adaptation of broilers to heat stress. **Revue de Médecine Vétérinaire**, v. 164, n. 2, p. 52-59, 2013.

ISMAIL, I.B. et al. Oxidative stress biomarkers and biochemical profile in broilers chicken fed zinc bacitracin and ascorbic acid under hot climate. **American Journal of Biochemistry and Molecular Biology**, v. 3, n 2, p. 202–214, 2013.

- JAHANIAN, R.; RASOULI, E. Dietary chromium methionine supplementation could alleviate immunosuppressive effects of heat stress in broiler chicks. **Journal Animal Science**, v. 93, n. 7, p. 3355-3363, 2015.
- JAHANIAN, R; MIRFENDERESKI, E. Effects of dietary organic chromium and vitamin C supplementation on performance, immune responses, blood metabolites, and stress status of laying hens subjected to high stocking density. **Poultry Science**, v. 94, n. 2, p. 281-288, 2015.
- KHAN, R. U. et al. Effect of ascorbic acid in heat – stressed poultry. **World's Poultry Science Journal**, v. 68, n. 3, p. 477-489, 2012.
- KHAN, R. U. et al. Serum antioxidants and trace minerals as influenced by vitamins, probiotics and proteins in broiler breeders. **Journal of Applied Animal Research**, v. 42, n. 3, 2014.
- KHAN, R.U.; NAZ, S.; DHAMA, K. Chromium: pharmacological applications in heat-stress in poultry. **International Journal of Pharmacology**, v. 10, n. 4, p.213-217, 2014.
- KHAN, W.A. et al. Effects of induced heat stress on some biochemical values in broiler chicks. **International Journal of Agriculture e Biology**, v. 4, n. 1, 2002.
- KRÓLICZEWSKA, B.; ZAWADZKI, W.; DOBRAZANSKI, Z. et al. Changes in selected serum parameters of broiler chicken fed supplemental chromium. **Journal Animal Physiologist Animal Nutrition**, v.88, p.393-400, 2004.
- KUMAR, A; NEGI, G; SHARMA, S. S. JSH-23 targets nuclear factor-kappa B and reverses various deficits in experimental diabetic neuropathy: effect on neuroinflammation and antioxidant defence. **Diabetes, Obesity and Metabolism**, v. 13, n. 8, p. 750-758, 2011.
- LAWRIE, R. A. **Ciência da carne**. Porto Alegre: Artmed, 2005.
- LEWICKI, S. et al. The role of Chromium III in the organism and its possible use in diabetes and obesity treatment. **Annals of Agricultural and Environmental Medicine**, v. 21, n. 2, p. 331 335, 2014.
- LIU, J. et al. Exogenous administration of chronic corticosterone affects hepatic cholesterol metabolism in broiler chickens showing long or short tonic immobility. **Comparative Biochemistry and Physiology, Part A**, v. 191, p. 53-58, 2016.
- LOTVEDT, P. et al. Chicken domestication changes expression of stress-related genes in brain, pituitary and adrenals. **Neurobiology of Stress**, v. 7, p. 113–121, 2017.
- LUMEIJ, J. T. Avian clinical biochemistry. In: KANEKO, J. J; HARVEY, J. W.; MACK, L. et al. Genetic variation alter production and behavioral responses following heat stress in 2 strains of laying hens. **Poultry Science**, v. 92 n. 2, p. 285-294, 2013.
- MACARI, M. Ambiência na produção de aves em clima tropical. In: **Ambiência na produção de aves em clima tropical**. Editado por Iran Jose Oliveira da Silva, Piracicaba: FUNEP, p. 149 214. 185p. 2001.

- MACK, L.A. et al. Genetic variation alter production and behavioral responses following heat stress in 2 strains of laying hens. **Poultry Science**, v. 92, p. 285-294, 2013.
- MAHMOUD, U. T. et al. Effects of propolis, ascorbic acid and vitamin E on thyroid and corticosterone hormones in heat stressed broilers. **Journal Advanced Veterinary Research**, v. 4, n. 1, p. 18-27, 2014.
- MARTELLI, F.; NUNES, F. M. F. Radicais livres: em busca do equilíbrio. **Ciência e Cultura**, v. 66, n. 3, p. 54-57, 2014.
- MARZZOCO, A.; TORRES, B. B. **Bioquímica básica**. 3 ed. Rio de Janeiro- RJ: Guanabara Koogan, 2007. 360 p.
- MCKEE, J. S.; HARRISON, P. C. Supplemental ascorbic acid does not affect inferred heat loss in broiler chickens exposed to elevated temperature. **Journal of Thermal Biology**, v. 38, n. 4, p. 159 – 162, 2013.
- MELILLO, A. Applications of serum protein electrophoresis in exotic pet medicine. **Veterinary Clinics of North America: Exotic Animal Practice**, v. 16, n. 1, p. 211-225, 2013.
- MINK, A N. S.; AYO, J. O. Behavioral and rectal temperature responses of Black Harco pullets administered vitamins C and E and transported by road during the hot-dry season. **Journal of Veterinary Behavior Clinical Application and Research**, v. 5, n. 3, p. 134-144, 2010.
- MOHAMMADI, A.; GHAZANFARI, S.; SHARIFI, S. D. Comparative effects of dietary organic, inorganic, and Nano-selenium complexes and rosemary essential oil on performance, meat quality and selenium deposition in muscles of broiler chickens. **Livestock Science**, v. 226, p. 21-30, 2019.
- MOHAMMED, H. H. The Influence of Chromium Sources on Growth Performance, Economic Efficiency, Some Maintenance Behaviour, Blood Metabolites and Carcass Traits in Broiler Chickens. **Global Veterinaria**, v. 12, n. 5, p. 599-605, 2014.
- MOORES, J. Vitamin C: a wound healing perspective. **British Journal of Community Nursing**, v. 18, p. S6-S8, 2013.
- MORMEDE, P. et al. Exploration of the hypothalamic-pituitary-adrenal function as a tool to evaluate animal welfare. **Physiology e Behavior**, v. 92, p. 317–339, 2007.
- MUJAHID, A. et al. Superoxide radical production in chicken skeletal muscle induced by acute heat stress. **Poultry Science**, v. 84, n.2, p. 307-314, 2005.
- NÄÄS, I. A. et al. Impact of global warming on beef cattle production cost in Brazil. **Scientia Agricola**, v. 67, n. 1, p. 1-8, 2010.
- NASCIMENTO, S. T. et al. Mean surface temperature prediction models for broiler chickens – a study of sensible heat flow. **International Journal of Biometeorology**, v. 58, n. 2, p. 195-201, 2014.

NASCIMENTO, S.T. et al. Bands of respiratory rate and cloacal temperature for different broiler chicken strains. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 41, n. 5, p. 1318-1324, 2012.

NOFAL, M. E. et al. Effect of dietary betaine supplementation on productive, physiological and immunological performance and carcass characteristic of growing developed chicks under the condition of heat stress. **Egypt Poultry Science**, v. 35, p. 237–259, 2015.

NUNES, M. T. Hormônios Tiroideanos: Mecanismo de Ação e Importância Biológica. Revisao. **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia e Metabologia**, v 47, n. 6, 2003.

OBA, A. et al. Características produtivas e imunológicas de frangos de corte submetidos a dietas suplementadas com cromo, criados sob diferentes condições de ambiente. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 41, n. 5, p. 1186-1192, 2012.

OLÁH, I. VERVELDE, L. Structure of the avian lymphoid system. In: **Avian Immunology**. 1.ed. San Diego: Elsevier, cap.2, p.13-50, 2008.

OLANREWAJU, et al. Effect of ambient temperature and light intensity on physiological reactions of heavy broiler chickens. **Poultry Science**, v. 89, p. 2668-2677, 2010.

PERAI, H. et al. Effects of chromium and chromium+vitamin C combination on metabolic, oxidative, and fear responses of broilers transported under summer conditions. **International Journal of Biometeorology**, v. 59, n. 4, p. 453-462, 2015.

PERAI, H. et al. Effects of Supplemental Vitamin C and Chromium on Metabolic and Hormonal Responses, Antioxidant Status, and Tonic Immobility Reactions of Transported Broiler Chickens. **Biological Trace Element Research**, v. 157, n. 3, p. 224-233, 2014.

QUINTEIRO-FILHO, W. M. et al. Heat stress impairs performance parameters, induces intestinal injury, and decreases macrophage activity in broiler chickens. **Poultry Science**, v. 89, n. 9, p.1905-1914, 2010.

RAJMAN, M. et al. The effects of feed restriction on plasma biochemistry in growing meat type chickens (*Gallus gallus*). **Comparative Biochemistry and Physiology**, v. 145, p. 363-371, 2006.

RAO, S. V. R. et al. Effect of dietary supplementation of organic chromium on performance, carcass traits, oxidative parameters, and immune responses in commercial broiler chickens. **Biological Trace Element Research**, v. 147, n. 1-3, p. 135-141, 2012.

RIMOLD, S. et al. Expression profile of six stress-related genes and productive performances of fast and slow growing broiler strains reared under heat stress conditions. **Meta Gene**, v. 6, p. 17-25, 2015.

ROMERO, L.M. et al. Understanding stress in the healthy animal—potential paths for progress. **Stress**, v. 18, p. 491-497, 2015.

ROSS-AVIAGEN. **Manual de Manejo Ross**: para o frango Ross 308 AP (AP95), 2014. 130p.

ROUSHDY, E. M., ZAGLOOL, A. W., EL-TARABANY, M. S. Effects of chronic thermal stress on growth performance, carcass traits, antioxidant indices and the expression of HSP70, growth hormone and superoxide dismutase genes in two broiler strains. **Journal of Thermal Biology**, v. 74, p. 337-343, 2018.

RUTZ, F.; ANCIUTI, M.A.; MAIER, J.C. Digestão, Absorção e Metabolismo das Vitaminas. In: SAKOMURA, N.K.; SILVA, J.H.V.; COSTA, F.G.P.; FERNANDES, J.B K.; HAUSCHILD, L. **Nutrição de Não Ruminantes**. 1 ed. Jaboticabal-SP: FUNEP/UNESP, p.143-166, 2014.

RUTZ, F.; LOPES, D. C.N.; LUVIZOTTO, J. M. Absorção e metabolismo de vitaminas. In: MACARI, M.; MAIORKA, A. **Fisiologia das aves comerciais**. 1 ed. Jaboticabal-SP: FUNEP/UNESP, p. 274-315, 2017.

SAHIN, K.; KUÇUK, O. Heat stress and dietary vitamin supplementation of poultry diets. **Nutrition Abstracts and Reviews. Series B: Livestock Feeds and Feeding**, v. 73, n. 7, p. 41-53, 2003.

SAHIN, N. et al. Effects of supplemental chromium sources and levels on performance, lipid peroxidation, and proinflammatory markers in heat-stressed quails. **Animal Feed Science and Technology**, v. 159, p. 143-149, 2010.

SAHIN, N. et al. Effects of the supplemental chromium form on performance and oxidative stress in broilers exposed to heat stress. **Poultry Science**, v. 96, n. 12, p. 4317-4324, 2017.

SETHI, J.K.; HOTAMISLIGIL, G.S. The role of TNF α in adipocyte metabolism. **Cell Developmental Biology**, v. 10, n. 1, p. 19-29, 1999.

SIRIRAT, N. et al. Effects different levels of nanoparticles chromium picolinate supplementation on growth performance, mineral retention, and immune responses in broiler chickens. **Journal of Agricultural Sciences**, v. 4, n. 12, p. 48-58, 2012.

SORIO, A. Estudo de viabilidade técnica e econômica destinado à implantação do Parque produtivo nacional de aditivos da indústria de alimentação de animais de produção. Passo Fundo: **Méritos**, 2012. 300 p.

SOUZA, L. M. G, et al. Influência do cromo no desempenho, na qualidade da carne e no teor de lipídeos no plasma sanguíneo de frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, n. 4, p. 808-814, 2010.

SOUZA, M. G. et al. Utilização das vitaminas C e E em rações para frangos de corte mantidos em ambiente de alta temperatura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 10, p. 2192-2198, 2011.
SUGIHARTO, S. et al. Dietary supplementation of probiotics in poultry exposed to heat stress – a review. *Annals of Animal Science*, v. 17, n. 3, 2017.

TANG, S. et al. Effects of different heat stress periods on various blood and meat quality parameters in young Arbor Acer broiler chickens. **Journal Animal Science**, v. 93, n. 1, p. 453-460, 2013.

TAWFEEK, S.S. et al. The effect of dietary supplementation of some antioxidants on performance, oxidative stress and blood parameters in broilers under natural summer condition. **Journal World's Poultry**, v. 4, n. 1, p.10-14, 2014.

TOGHYANI, M. et al. Chromium supplementation can alleviate the negative effects of heat stress on growth performance, carcass traits, and meat lipid oxidation of broiler chicks without any adverse impacts on blood constituents. **Biological Trace Element Research**, v. 146, n. 2, p. 171-180, 2012.

VANNUCCHI, H.; ROCHA, M. M. Funções Plenamente Reconhecidas de Nutrientes – Ácido ascórbico (Vitamina C). São Paulo: **International Life Sciences Institute**, v. 21, p. 1-12, 2012.

VINCENT, J. B. Chromium: celebrating 50 years as an essential element? **Dalton Transactions**, v. 39, n. 16, p. 3787-3794, 2010.

VIRDEN, W. S.; KIDD, M. T. Physiological stress in broilers: ramifications on nutrient digestibility and responses. **The Journal of Applied Poultry Research**, v. 18, n. 2, p 338-347, 2009.

XIAO, F. et al. Effects of supplemental chromium propionate on serum lipids, carcass traits, and meat quality of heat-stressed broilers. **Biological Trace Element Research**, v. 176, n. 2, p. 401-406, 2016.

YAHAV, S. Alleviating heat stress in domestic fowl: different strategies. **World's Poultry Science Journal**, v. 65, p. 719-732, 2009.

YANG, L. et al. Effects of acute heat stress and subsequent stress removal on function of hepatic mitochondrial respiration, ROS production and lipid peroxidation in broiler chickens. **Comparative Biochemistry and Physiology - Part C: Toxicology & Pharmacology**, v. 151, n. 2, p. 204-208, 2010.

YARI P. et al. Productive and serum biological responses of broiler chicks to use of different patterns of diet formulation. **Interenational Journal of Plant, Animal e Environmetal Sciences**, v. 4, n. 3, p. 459-464, 2014.

ZAGLOOL, et al. Impact of strain and duration of thermal stress on carcass yield, metabolic hormones, immunological indices and the expression of *HSP90* and Myogenin genes in broilers. **Research in Veterinary Science**, v. 122, p. 193-199, 2019.

ZHA, L.Y. et al. Efficacy of trivalent chromium on growth performance, carcass characteristics and tissue chromium in heat-stressed broilers chicks. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 89, n. 10, p. 1782-1786, 2009.

ZHANG, Z. Y. et al. Effects of constant and cyclic heat stress on muscle metabolism and meat quality of broiler breast fillet and thigh meat. **Poultry Science**, v. 91, n. 11, p. 2931-2937, 2012.
ZHOU, Y. et al. Effect of relative humidity at chronic temperature on growth performance, glucose consumption, and mitochondrial atp production of broilers. **Journal of Integrative Agriculture**, v. 18, n. 6, p. 1321-1328, 2019.

ZULKIFLI, A. A. et. al. Crating and heat stress influence blood parameters and heat shock protein 70 expression in broiler chickens showing short or long tonic immobility reactions. **Poultry Science**, v. 88, p. 471-476, 2009.