

RAMON RÊGO MERVAL

**VITAMINA C E SELÊNIO PARA FRANGOS DE CORTE
ESTRESSADOS NATURALMENTE POR CALOR**

TERESINA, 2019

RAMON RÊGO MERVAL

**VITAMINA C E SELÊNIO PARA FRANGOS DE CORTE
ESTRESSADOS NATURALMENTE POR CALOR**

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

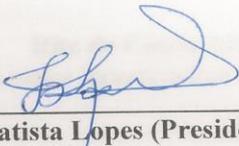
TERESINA, 2019

**VITAMINA C E SELÊNIO PARA FRANGOS DE CORTE ESTRESSADOS
NATURALMENTE POR CALOR**

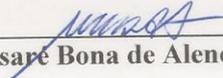
RAMON REGO MERVAL

Tese aprovada em: 28/03/2019

Banca Examinadora:



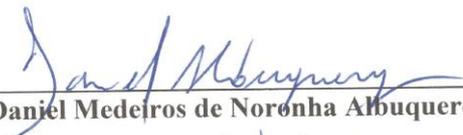
Prof. Dr. João Batista Lopes (Presidente) / DZO/CCA/UFPI



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



Prof. Dr. Domingos Urquiza de Carvalho Filho (Externo) / IESM



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



Profa. Dra. Maria Christina Sanches Muratori (Interna) / DMV/CCA/UFPI

Aos meus pais,

Maria da Conceição Rêgo e José Merval Neto,
Por seus ensinamentos e apoio nos momentos difíceis;

Aos meus irmãos,

Juliano Rêgo Merval e Davi Rêgo Merval
Pela amizade;

A minha amada esposa,

Rita de Cássia Alves de Freitas,
Por ser minha maior incentivadora e tornar meus dias mais felizes.

DEDICO

AGRADECIMENTO

A Deus, por trilhar meus passos no caminho correto.

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

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, em especial ao coordenador Dr. Prof. Arnaud Azevedo Alves, pelo exemplo de profissional e amizade, e ao secretário Luiz Gomes da Silva pelas orientações.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) pela concessão da bolsa de estudos e a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Piauí (FAPEPI) pelo apoio financeiro para execução da pesquisa.

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

Ao Instituto Federal do Piauí, Teresina – Campus Central, por viabilizar a realização de análises no laboratório de Alimentos.

Ao professor Dr. João Batista Lopes, por sempre me instruir da forma mais ética e profissional durante todos os anos em que convivemos no meio acadêmico. E que tenho como um ícone de caráter e profissionalismo a ser seguido por toda vida.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal pelos ensinamentos, em especial a Profa. Dra. Leilane Rocha Barros Dourado, que tive o prazer de lhe ter como orientadora durante o mestrado, e por ainda permitir um vínculo profissional e de amizade.

Ao Departamento de Zootecnia do Centro de Ciências Agrárias da UFPI, lugar em que convivi durante grande parte da vida acadêmica e pelas amizades construídas com os funcionários que contribuem diariamente para funcionamento deste departamento, em especial ao Isaias Soares, Ana Célia e toda equipe de terceirizados pelo apoio incondicional.

Aos vigilantes Bento Santos, Eri Celso Couto e Carlos Magno, que garantiam a segurança dos estudantes dia e noite.

Ao professor Dr. Daniel Louçana da Costa Araújo, ao Engenheiro Agrônomo Sr. Sávio Braga Castelo Branco, aos técnicos de laboratório Sr. Lindomar de Moraes Uchoa e Sr. Manoel José de Carvalho, que contribuíram com o trabalho realizado.

Ao professor Dr. Daniel Medeiros de Noronha Albuquerque pelas contribuições na banca de defesa de projeto, qualificação e anos de amizade.

A professora Dra. Lidiana de Siqueira Nunes Ramos pelo auxílio na realização das análises, disponibilidade e por sua contribuição no início da minha carreira científica.

A toda os familiares pela torcida e palavras de incentivo para a conquista desse sonho.

Aos amigos Agenor Rocha, Antony Sampaio, Carlos Lima e José Alves Neto, que direta e indiretamente contribuíram para a execução do experimento.

Aos Técnicos Luan Ícaro Freitas Pinto e Poliana Brito Sousa do Laboratório de Alimentos do Instituto Federal do Piauí – Campus Teresina, pelo auxílio nas análises.

Aos colaboradores Hidaliana Paumerik Aguiar Bastos, Jackelline Cristina Ost Lopes, Jandson Vieira, Jefferson Douglas Martins Ferreira, Kalliany Kellzer da Silva, Marcos Uchoa, Pedro Eduardo Bitencourt Gomes, Rafael Freitas e Vânia de Sousa Lima Aguiar, pela disponibilidade e colaboração na execução desta pesquisa, sem vocês não teria sido possível a conclusão do trabalho.

As novas amigas Ravena Carvalho Silva e Rayra Rodrigues, por se dedicaram diuturnamente durante todo o período do experimento, sem vocês o trabalho seria mais árduo.

E a minha grande amiga Mabell Nery Ribeiro, por sempre estar disposta a me ajudar, desde 2007.

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

Muito Obrigado.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	viii
LISTA DE GRÁFICOS	ix
RESUMO	x
ABSTRAT	xi
1 INTRODUÇÃO	12
2 REFERENCIAL TEÓRICO	13
2.1 Estresse térmico na criação de frangos de corte	13
2.2 Vitamina C na nutrição de frangos de corte	17
2.3 Selênio na nutrição de frangos de corte	20
3 CAPÍTULO 1	22
4 CAPÍTULO 2	43
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	43
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	66

LISTA DE TABELAS

CAPITULO 1

Tabela 1. Composição percentual e conteúdo nutricional das dietas experimentais para frangos de corte no período de 22 a 33 dias de idade.....	26
Tabela 2. Composição percentual e conteúdo nutricional das dietas experimentais para frangos de corte no período de 34 a 42 dias de idade.....	26
Tabela 3. Condições ambientais observadas durante o período experimental ¹	29
Tabela 4. Desempenho produtivo de frangos de corte, de 22 a 33 dias de idade, alimentados com dietas suplementadas com vitamina C e selênio.....	31
Tabela 5. Desempenho produtivo de frangos de corte, de 22 a 42 dias de idade, alimentados com dietas suplementadas com vitamina C e selênio.....	31
Tabela 6. Rendimento de carcaça, cortes e gordura abdominal de frangos de corte, aos 42 dias de idade, alimentados com dietas suplementadas com vitamina C e selênio.....	34
Tabela 7. Peso relativo de órgãos digestivos e coração de frangos de corte, aos 42 dias de idade, alimentados com dietas suplementadas com vitamina C e selênio	35
Tabela 8. Peso absoluto e relativo de timo, baço e bolsa cloacal de frangos de corte, aos 43 dias de idade, alimentados com dietas suplementadas com vitamina C e selênio.....	37
Tabela 9. Índices econômicos das rações contendo vitamina C e selênio para frangos de corte no período de 22 a 42 dias de idade.....	38

CAPITULO 2

Tabela 1. Composição percentual e conteúdo nutricional das dietas experimentais para frangos de corte no período de 22 a 33 dias de idade.....	49
Tabela 2. Composição percentual e conteúdo nutricional das dietas experimentais para frangos de corte no período de 34 a 42 dias de idade.....	50
Tabela 3. Condições ambientais observadas durante o período experimental ¹	52
Tabela 4. Coeficiente de metabolizabilidade da matéria seca, proteína bruta, energia bruta, de dietas, suplementadas com vitamina C e selênio, para frangos de corte	53
Tabela 5. Balanço de nitrogênio (BN), eficiência de utilização do nitrogênio (EUN) e energia metabolizável aparente corrigida para o balanço de nitrogênio (EMAn) de dietas suplementadas com vitamina C e selênio para frangos de corte na fase final	54

Tabela 6. 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 selênio	56
Tabela 7. Bioquímica sérica de frangos de corte, aos 42 dias de idade, alimentados com dietas suplementadas com vitamina C e selênio	57
Tabela 8. Composição química da carcaça de frangos aos 42 dias de idade, alimentados com dietas suplementadas com vitamina C e selênio	59
Tabela 9. Deposição de nutrientes na carcaça de frangos de corte, aos 42 dias de idade, alimentados com dietas suplementadas com vitamina C e selênio.....	60

LISTA DE GRÁFICOS

CAPITULO 1

Gráfico 1. Média da Temperatura e Umidade relativa do ar galpão 1	30
Gráfico 2. Média da Temperatura e Umidade relativa do ar galpão 2	30

VITAMINA C E SELÊNIO PARA FRANGOS DE CORTE ESTRESSADOS NATURALMENTE POR CALOR

RESUMO

Dois experimentos foram realizados objetivando-se avaliar os efeitos da suplementação de vitamina C e selênio em dietas para frangos de corte, mantidos em condições naturais de temperatura ambiente. No primeiro experimento, foram utilizados 700 frangos de corte machos, para avaliação do desempenho produtivo (consumo de ração, ganho de peso, conversão alimentar, eficiência produtiva e viabilidade criatória) no período 22 a 33 e 22 a 42 dias de idade. Adicionalmente, foram avaliados o peso relativo dos órgãos digestivos e do coração, peso absoluto e relativo dos órgãos linfoides, rendimento de carcaça e de cortes, bioquímica sérica, composição química e deposição de nutrientes de frangos ao completarem 42 dias de idade, e durante o intervalo de 22 a 42 dias de idade, bem como a temperatura corporal dos animais. No segundo experimento, 140 frangos de corte machos, no período de 22 a 29 dias de idade foram utilizados para a avaliação do coeficiente de metabolizabilidade dos nutrientes, balanço e eficiência de utilização do nitrogênio. Nos dois experimentos, os tratamentos consistiram em dietas suplementadas com vitamina C, na forma de ácido ascórbico revestido, em dois níveis: 150 e 300 mg de vitamina C/kg de ração, em associação a três níveis de selênio: 0,2; 0,4 e 0,6 mg de selênio/kg de ração, na forma de selênio levedura, e uma dieta controle (sem suplementação de vitamina C e selênio, mas com níveis basais de 0,492 e 0,472 mg de selênio nas fases de 22 a 33 e 22 a 42 dias de idade, conforme estabelecido pelo fabricante do premix e a composição dos alimentos), totalizando sete tratamentos e cinco repetições. Os níveis de vitamina C e selênio suplementares não interferem positivamente nos parâmetros de desempenho, rendimento de carcaça, principais cortes e gordura abdominal, peso dos órgãos digestivos e coração, e peso absoluto e relativo dos órgãos linfoides em relação ao grupo controle. Adicionalmente, a dieta basal sem suplementação de vitamina C e de selênio é economicamente mais rentável, indicando que esta dieta atende às exigências dos frangos de corte no período de 22 a 42 dias de idade, nas condições ambientes registradas. A suplementação de 300 mg de vitamina C associada a 0,6 mg selênio por quilograma em dietas para frangos sob condições ambientais acima da termoneutralidade para a fase avaliada, melhora a disponibilidade de energia metabolizável aparente quando corrigida para balanço do nitrogênio, e não apresenta efeito positivo para as demais variáveis estudadas em relação ao grupo controle.

Palavras Chave: desempenho, antioxidante, termoneutralidade, metabolismo, bioquímica sérica

VITAMIN C AND SELENIUM FOR BROILER NATURALLY HEAT STRESS

ABSTRAT

Two experiments were carried out to evaluate the effects of vitamin C and selenium supplementation on diets for broiler chickens, kept under natural temperature conditions. In the first experiment, 700 male broilers were used to evaluate the productive performance (feed intake, weight gain, feed:gain ratio, productive efficiency and viability) in the period 22 to 33 and 22 to 42 days old. Also, they were evaluated the weight of digestive organs and heart, absolute and relative weight of the lymphoid organs, carcass yield and cuts, and serum biochemistry, chemistry composition and deposition of the complete nutrient on chickens 42 days old, during the interval of 22 to 42 days old, and body temperature of the animals. In the second experiment, 140 male broilers from 22 to 29 days old, were used to evaluate the nutrient metabolizability coefficient, balance and efficiency of nitrogen utilization. In both experiments, the treatments consisted of diets supplemented with vitamin C, in the form of ascorbic acid, at two levels: 150 and 300 mg of vitamin C/kg of feed, in association with three levels of selenium: 0.2; 0.4 and 0.6 mg selenium/kg feed, in the form of selenium yeast. A control diet (without supplementation of vitamin C and selenium but with basal levels of 0.492 and 0.472 mg of selenium in the phases of 22 to 33 and 22 to 42 days of age, as established by the premix manufacturer and the food composition), totaling seven treatments and five replicates. The levels vitamin C and selenium supplemental not interfere positively with performance, carcass yield, major cuts and abdominal fat, weight of the digestive organs and heart, and absolute and relative weight of the lymphoid organs in relation to the control group. In addition, the basal diet without supplementation of vitamin C and selenium is economically more profitable, indicating that this diet meets the requirements of broiler chickens in the period from 22 to 42 days old, under the registered ambient conditions. The supplementation of 300 mg of vitamin C associated with 0.6 mg selenium per kilogram in diets for chickens, under ambient conditions above of the thermoneutrality for the evaluated phase, it favors a better availability of apparent metabolizable energy when corrected by the nitrogen balance. The other variables studied in relation to the control group does not present a positive effect.

Key words: performance, antioxidant, thermoneutrality, metabolism, serum biochemistry

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é considerado um dos maiores produtores e exportadores de carne de frango mundial, em decorrência dos investimentos nas amplas áreas que compõem a exploração avícola, melhoramento genético, nutrição, ambiência, manejo e sanidade. No entanto, os produtores ainda enfrentam uma série de dificuldades para manter os bons índices de produção, devido às características dos elementos climáticos típicas de países tropicais.

Dentre os elementos atmosféricos que constituem o ambiente em que os animais são criados e afetam o desempenho, destacam-se os térmicos, representados pela temperatura, umidade, velocidade do ar e radiação solar, estes fatores têm preocupado os produtores e técnicos, devido aos prejuízos proporcionados à atividade avícola ao comprometer a função vital mais importante das aves, que é a homeotermia (AMARAL et al., 2011). Particularmente, na região Nordeste brasileira, predominam temperaturas ambiente e intensidade de radiação solar elevadas durante quase todo o ano. Fato que pode comprometer o lucro final da produção avícola, caso medidas compensatórias não sejam adotadas, pois as aves suportam temperaturas, que variam entre 20 e 35°C (ABREU; ABREU, 2011).

É importante ressaltar que as aves, quando submetidas ao estresse por calor, apresentam como primeira ação, a redução do consumo de ração, com o objetivo de minimizar o incremento calórico das dietas, reduzindo a ingestão de nutrientes. Paralelamente, ocorre aumento da ingestão de água, ofegação, produção de glicocorticoides e catecolaminas com diminuição de hormônios da tireoide (BAHRAMI et al., 2012), que são relevantes nos processos metabólicos dos nutrientes.

O estresse oxidativo acontece quando a quantidade de espécies reativas ao oxigênio é superior à atividade do sistema antioxidante em remover os radicais livres formados (VOLJC et al., 2011), sendo um fator relevante na produção de frangos de corte em regiões de temperatura elevada, pois provocam distúrbios que interferem no desempenho e na qualidade do produto final (PANDA; CHERIAN, 2014). Nestas condições, pode ocorrer ainda, aumento da peroxidação lipídica e hipotrofia dos órgãos linfoides, resultando em resposta imune deficiente, prejudicando a saúde e a sobrevivência de animais (SAHIN et al., 2005).

Para manter a competitividade da produção avícola brasileira é imprescindível aperfeiçoar as instalações e o manejo alimentar para amenizar os efeitos deletérios dos fatores ambientais. Assim, as instalações devem manter o conforto térmico e garantir o bem-estar na produção, com o gasto mínimo de energia. As dietas, neste contexto, precisam ser formuladas com ingredientes e nutrientes que contribuam para a manutenção da homeotermia (SCHIASSI et al., 2015), reduzindo a produção de calor da digestão e metabolismo. Dessa forma, o manejo nutricional ganha destaque,

por meio do uso de nutrientes funcionais, que além de exercerem sua função principal de nutrir, poderá beneficiar à saúde animal, destacando as características antioxidantes e imunomoduladoras dos nutrientes, como a vitamina C e o selênio.

A vitamina C é um componente não essencial na dieta de frangos de corte, pois é sintetizada em quantidade suficiente para atender à demanda do organismo (KUMAR et al., 2014). No entanto, a capacidade de síntese é comprometida em condições estressantes como temperaturas ambientes abaixo ou acima da zona de termoneutralidade (WHITEHEAD; KELLER, 2003). Neste cenário, fica reduzida a capacidade de ação da vitamina C na melhoria da resposta imune (KHAN et al., 2012), prevenção da peroxidação lipídica (REDDY et al., 2014) e degradação de corticosteroides liberados durante o estresse (SEVEN; SEVEN, 2009).

O selênio é um constituinte da enzima glutatona peroxidase, com papel importante nos mecanismos de defesa intracelular contra danos oxidativos, prevenindo a formação de espécies reativas de oxigênio que são em excesso lesivas ao organismo animal (PEREZ et al., 2010). Atua, também, influenciando o metabolismo da glicose, aumentando os níveis dos hormônios T3 e T4 circulantes (JIANHUA et al., 2012).

Assim, a pesquisa foi desenvolvida para se avaliar a influência da suplementação de vitamina C associada ao selênio orgânico na dieta de frangos de corte, sobre os parâmetros produtivos, imunológicos e fisiológicos e econômicos de frangos de corte, em condições naturais de estresse por calor, no período de 22 a 42 dias de idade.

Estruturalmente, a tese foi definida nos seguintes componentes: a) Introdução, Referencial Teórico e Referências. Os capítulos subsequentes são constituídos por artigos científicos: I) Vitamina C e Selênio para frangos de corte no período de 22 a 42 dias de idade estressados naturalmente por calor (Capítulo I), que será submetido a revista Semina: Ciências Agrárias; II) Vitamina C e selênio para frangos de corte: metabolizabilidade dos nutrientes, temperatura corporal, bioquímica sanguínea e composição da carcaça (Capítulo II), que será submetido a revista Ciência Agronômica. E por último as Considerações Finais.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Estresse térmico na criação de frangos de corte

O estresse térmico pode ser representado pela reação do organismo (resposta biológica) em função de estímulos adversos que perturbam o equilíbrio fisiológico normal ou homeostase. Fundamentado nesta informação, o estresse térmico resulta do balanço negativo que ocorre entre a quantidade de energia que flui do corpo do animal para o ambiente e a quantidade de energia térmica produzida pelo animal (LARA; ROSTAGNO, 2013).

A instabilidade da energia térmica produzida e transferida do animal para o meio é provocada por uma combinação de fatores ambientais (irradiação térmica, temperatura e umidade relativa do ar) e características do animal (idade, sexo, tamanho do corpo, peso, taxa de metabolismo e mecanismos termorregulatório). As aves são sensíveis aos desafios ambientais associados à temperatura, especialmente ao estresse térmico (MELLO et al., 2015), que compromete a manutenção da temperatura do animal.

O frango de corte é um animal homeotérmico, que possui capacidade de manter a temperatura interna constante, dentro de determinada faixa de variação na temperatura ambiente, correspondente a cada fase da criação do animal (RYU et al., 2016), mantendo-se assim, dentro da zona de conforto térmico, com menor taxa metabólica e menor gasto de energia (NASCIMENTO et al., 2014). Nesta condição, a energia líquida para produção é máxima, pois a energia metabolizável utilizada para a termogênese é mínima, quando os animais se encontram na zona de termoneutralidade (ALMEIDA; PASSINI, 2013).

Animais homeotermos dispõem de um centro termorregulador no sistema nervoso central no hipotálamo, que atua no controle da temperatura corporal por meio de mecanismos fisiológicos e comportamentais (HAMMEL et al., 1963). Em resposta às injúrias provocadas pela temperatura ambiente, as aves agem pelo hipotálamo - hipófise - eixo adrenal, sistema nervoso simpático e outras vias neuroendócrinas, em que o organismo animal retém ou dissipa calor, determinando assim a manutenção da temperatura corporal normal (MILLER; O'CALLAGHAN, 2002). No entanto, o frango de corte possui o aparelho termorregulador pouco desenvolvido, tornando-os sensíveis ao frio quando jovens e ao calor quando adultos (FUNCK; FONSECA, 2008).

Durante o processo de manutenção da temperatura corporal ocorre a liberação de hormônios glicocorticoides que constituem o sistema de resposta ao estresse, e que são necessários para controlar a homeostase do corpo (CHUNG et al., 2011). No entanto, o excesso de glicocorticoide atua de forma antagônica ao desenvolvimento e à resposta imune dos animais, causando inibição do crescimento, supressão do sistema imunológico e indução de estresse oxidativo (COUTINHO; CHAPMAN, 2011; SHINI et al., 2010).

No contexto mundial, o Brasil ocupa a segunda posição em produção e a primeira em exportação de carne de frango (USDA, 2017), posto conquistado com avanços na área da genética, nutrição, ambiência e sanidade. Entretanto, o clima do Brasil apresenta características ambientais que são típicas de países tropicais, com grande variação na temperatura e níveis inadequados de umidade relativa entre suas regiões, podendo ser um fator limitante na produtividade avícola.

Desse modo, o crescimento nos índices de produtividade avícola está intimamente ligado às condições ambientais de criação, ressaltando a importância de manter os índices bioclimáticos de conforto dentro da zona de termoneutralidade das aves (BARBOSA et al., 2017). De acordo com Abreu e Abreu (2011), a zona de conforto térmico ideal para cada estágio de crescimento do frango de corte é, 32 a 35, 29 a 32, 26 a 29, 23 a 26, 20 a 23 e 20°C, correspondente respectivamente à cada uma das seis primeiras semanas de produção e com a umidade relativa entre 60 e 70%. Temperaturas acima ou a baixo do intervalo indicado para cada semana podem promover estresse por frio ou calor aos animais, dificultando a manutenção da temperatura interna (41,5°C) com consequentes alterações nas funções metabólicas (FERREIRA, 2011; RYU et al., 2016).

Em ambientes considerados confortáveis, as aves apresentam maior produtividade e melhores parâmetros de desempenho. Portanto, o excesso de calor no ambiente prejudica o rendimento e qualidade da carne e ovos, promovendo o aumento da mortalidade durante o ciclo produtivo (FOUAD et al., 2016, TAN et al., 2010) e durante o pré-abate dos animais, em que, 40% das perdas podem estar relacionadas ao estresse térmico, seja por frio ou calor (RITZ et al., 2005). O prejuízo no desempenho produtivo animal está associado com a redução do consumo de ração, na busca de minimizar o calor endógeno produzido pela digestão alimentar, limitando o aporte nutricional para o desempenho (SILVA et al., 2015).

Na busca para amenizar o estresse térmico os animais recorrem a mecanismos para manter a homeostase. Em temperaturas ambientais de até 21°C predominam as perdas sensíveis de calor pelos processos de radiação, condução e convecção (BROSSI et al., 2009; HILLMAN et al., 1985), pois estes dependem de um diferencial de temperatura entre a superfície corporal das aves e a temperatura ambiente. Já em temperaturas mais altas, aumenta a perda de calor por evaporação (perda latente), principalmente pelo trato respiratório, uma vez que as aves não possuem glândulas sudoríparas.

Outras medidas também podem ser acionadas para manutenção da homeostase, como manter as asas afastadas do corpo, promover a vasodilatação, aumentando o fluxo sanguíneo periférico, tornando a distribuição de temperatura do corpo mais uniforme (TEIXEIRA; ABREU, 2011). Em condições ambientais de temperatura acima da zona de conforto térmico requerido pelo

frango de corte, o aumento na taxa respiratória acaba por envolver grande esforço muscular, o que resultará em maior uso de energia, gerando mais calor com a consequente redução da eficiência do rendimento produtivo (BOIAGO et al., 2015).

Adicionalmente, o estresse térmico por calor tem sido associado a alterações metabólicas relacionadas ao estresse oxidativo (VESCO et al., 2017), que resulta em distúrbio no sistema de defesa antioxidante, levando à superprodução de radicais livres e espécies reativas de oxigênio - ROS (GANAIE et al., 2013). Como consequência, surgem as lesões oxidativas, como peroxidação lipídica, disfunção das células (danos oxidativos a proteínas e DNA), alteração no sistema imune, deterioração da qualidade e queda no desempenho produtivo.

Como defesa, o organismo apresenta sistemas antioxidantes que podem ser produzidos pelo corpo ou absorvidos na dieta. O primeiro é composto pelas enzimas, superóxido dismutase (SOD), enzima catalase (CAT), e glutathiona peroxidase (GSH-Px) (SLIMEN et al. 2016). O segundo sistema é constituído por substâncias lipossolúveis (vitamina A, E, carotenoides e ubiquinonas), hidrossolúveis (ácido ascórbico, ácido úrico, taurina e pigmentos da bile) e os minerais (cromo, selênio, zinco, cobre, ferro), que visam manter a concentração adequada de radicais livres gerados (BARBOSA et al., 2010).

A temperatura ambiente elevada também afeta os processos metabólicos das aves, controlados principalmente pelos hormônios tireoidianos, triiodotironina (T3) e tiroxina (T4), que influenciam o crescimento das diferentes estruturas corporais, a eficiência alimentar, o consumo de oxigênio, a síntese e metabolismo de proteínas, carboidratos e lipídios, a termogênese e a composição corporal (MACK et al., 2013). Em condições de temperatura elevada as concentrações dos hormônios T3 diminuem, e do T4 são variáveis (ELNAGAR; SCHEIDELER; BECK, 2010), enquanto outros hormônios, como a corticosterona, aumentam (MC NABB; KING, 1993). Então, a redução no crescimento é consequência também de ajustes endócrinos e metabólicos dos animais em resposta ao ambiente térmico.

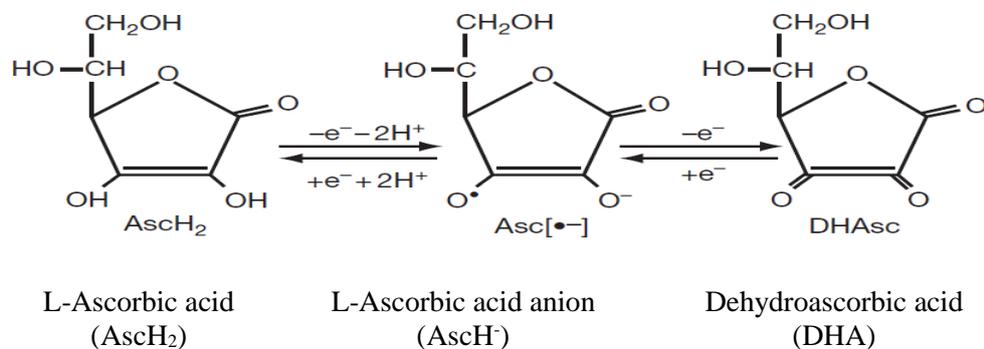
Do mesmo modo, na avicultura, em vários estudos foram investigados os efeitos do estresse térmico por calor na resposta imune. Normalmente, os resultados dos estudos mostram efeito imunossupressor do estresse térmico em frangos de corte e galinhas poedeiras, representado por menores pesos relativos dos órgãos linfoides como timo e baço em galinhas poedeiras submetidas ao estresse térmico (GHAZI et al. 2012; NIU et al. 2009). Além disso, frangos submetidos a estresse por calor apresentaram níveis mais baixos de anticorpos circulantes totais, assim como níveis mais baixos de IgM e IgG específicos, tanto durante respostas humorais primárias quanto secundárias (LARA; ROSTAGNO, 2013).

2.2 Vitamina C na nutrição de frangos de corte

Para o bom desenvolvimento animal, o organismo necessita de nutrientes essenciais, por exemplo, as vitaminas, não por serem fontes de energia para o desenvolvimento, mas sim, por participarem como cofatores em reações metabólicas, estimulando a eficiência dos sistemas de síntese do organismo a atuar com maior eficiência.

As vitaminas são classificadas em hidrossolúveis (C e vitaminas do complexo B) e lipossolúveis (A, D, E e K) (MACARI; FURLAN; GONZALES, 1994). A vitamina C de fórmula química $C_6H_8O_6$ (176,13 g/mol) refere-se a todos os compostos que exibem atividade biológica equivalente à do ácido L-ascórbico (forma reduzida), ou à do seu ânion, ascorbato, e seus produtos de oxidação como o ácido dehidroascórbico (forma oxidada) (Figura 1). O ácido ascórbico, considerado um dos mais importantes agentes antioxidantes (TRABER; STEVENS, 2011), pode ser sintetizado pela maioria dos vertebrados, incluindo as aves domésticas (PADAYATTY; LEVINE, 2016).

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



Fonte: Czyzowska (2016)

Para a maioria das espécies, o ácido ascórbico é um metabólito normal sintetizado a partir de açúcares como manose, frutose e glicose, via ácido glucorônico, e não um constituinte dietético essencial. A capacidade de síntese é devido à presença de uma enzima essencial neste processo, chamada L-gulonolactona oxidase (GLO, EC 1.1.3.8), que catalisa a etapa terminal da síntese do ácido ascórbico (MARIK, 2018). Os rins e o fígado são considerados os principais órgãos envolvidos na síntese da vitamina C (DROUIN; GODIN; PAGÉ, 2011). As espécies que sintetizam o ácido ascórbico não possuem meio de transporte ativo para sua absorção entérica, sendo a vitamina C absorvida estritamente pela borda da escova da mucosa intestinal por difusão passiva (COMBS; GERALD, 2012).

Após absorção, chegando ao plasma, o ácido ascórbico é transportado (80 a 90%), predominantemente, como ascorbato, que é a forma biologicamente ativa da vitamina C. Por ser uma vitamina hidrossolúvel, não necessita de transportador para circular em meio extracelular. Também, estão presentes pequenas quantidades de ácido dehidroascórbico formado pela oxidação de ascorbato por oxidantes difusíveis de origem celular (SHAGHAGHI et al., 2014). O ascorbato é transportado pelas hemácias na forma de dehidroascorbato, por ser um composto mais permeável à membrana, transformando-se novamente em ascorbato ao estar no interior da célula (VANNUCCHI; ROCHA, 2012).

Muitas das funções biológicas do ácido ascórbico são baseadas na sua capacidade de fornecer equivalentes redutores para uma variedade de compostos bioquímicos e co-substrato enzimático. A vitamina C pode atuar reduzindo a maioria das espécies reativas fisiologicamente relevantes, por meio da doação de elétrons como, também, pelo sinergismo com diferentes enzimas antioxidantes (superóxido dismutase, glutathione peroxidase e catalase), impedindo que outros compostos sejam oxidados e, com isso, protege as células metabolicamente do estresse oxidativo (BÜRZLE; HEDIGER, 2012). A vitamina C é de grande importância para a biossíntese do colágeno, síntese e metabolismo de neurotransmissores, estando envolvida na manutenção do epitélio da mucosa e da parede dos vasos (ATTIA et al., 2016), bem como participando também da formação dos glóbulos vermelhos do sangue e do controle dos níveis de corticosteroides circulantes (KHAN et al., 2012).

A insuficiência do nível de ácido ascórbico para atuar como composto redutor ocasiona aumento na produção de radicais livres ou espécies reativas de oxigênio que ocorrem durante situação de estresse. Na presença de níveis cada vez maiores de radicais livres, gorduras poli-insaturadas são degradadas levando à formação de malondialdeído, que é um dos produtos metabólicos dos peróxidos lipídicos, gerado pela reação de oxidação lipídica induzida por radicais livres de oxigênio nos tecidos, e é um importante indicador do estresse oxidativo em frangos de corte submetidos a estresse térmico (ROUSHDY; ZAGLOOL; EL-TARABANY, 2018).

Em condições ambientais adequadas, a temperatura corporal das aves permanece superior à do ambiente, mantendo perda contínua de calor do corpo para o meio por evaporação, radiação, convecção e condução, e nessas condições, a síntese de vitamina C pelos rins é suficiente para atender as exigências do animal (ALBA; ESMAEILIPOUR; MIRMAHMOUDI, 2015). No entanto, o nível de vitamina C torna-se insuficiente sob estresse térmico, devido ao aumento na demanda para a limpeza de radicais livres, comprometendo assim o desempenho animal.

Desta forma, recomenda-se que, em condições de estresse térmico a dieta seja suplementada com ácido ascórbico (IMIK et al., 2012; RAFIEE et al., 2016). Comercialmente, a vitamina C apresenta-se revestida para que a decomposição ocorra no meio alcalino (intestino), de modo a contribuir com a não redução da perda de atividade, durante o período de armazenamento da dieta (INFINITYPHARMA, 2012).

Estudos tentam reduzir os impactos negativos do estresse por calor em frangos de corte usando diferentes estratégias, como a suplementação da dieta com aditivos (vitaminas, minerais e antioxidantes), equilíbrio na alteração de eletrólitos e gestão ambiental. Assim, a vitamina C surge como um potencial aditivo, para reduzir as taxas de glicocorticoides, o que resulta em diminuição da degradação tissular, aumentando o ganho de peso (FERNANDES et al., 2013) e melhora da resposta imune humoral em frangos de corte (ATTIA et al., 2009).

Abudabos et al. (2018), pesquisaram a suplementação de vitamina C em dietas para frangos de corte expostos a diferentes temperaturas. Eles identificaram melhor ganho de peso, ao adicionar 200 mg de ácido ascórbico/L de água, sob temperatura de 32°C. Este resultado corrobora com os encontrados por Chand et al. (2014), que ao avaliarem o desempenho de frangos durante estresse térmico cíclico, observaram aumento no consumo de ração, peso corporal e melhoria da conversão alimentar dos animais alimentados com dietas contendo 60 mg de zinco/kg e 300 mg de ácido ascórbico/kg de ração, com similar aumento do peso médio do baço, timo e bolsa cloacal.

Ao complementar dietas para frangos de corte fêmeas com antioxidantes (vitamina C, vitamina E e ácido alfa-lipóico - ALA), submetidos a estresse oxidativo, induzido pela aplicação de glicocorticoide sintético usado como agente imunossupressor – dexametasona (DEX), El-Senousey et al. (2017) identificaram níveis de malondialdeído (MDA), significativamente, menor no plasma, fígado e baço de aves alimentadas com dietas contendo ácido ascórbico (200 mg/kg) em relação a dieta controle. Resultados semelhantes foram obtidos por Reddy et al. (2014), que detectaram redução nos níveis plasmáticos de MDA após suplementação da dieta com vitamina C (300 mg/kg). No entanto, Jang et al. (2014) não encontraram diferença nos níveis de MDA no plasma ou fígado de aves alimentadas com dietas contendo vitamina C (200 mg/kg) de três a 35 dias de idade.

Oral Toplu et al. (2014), ao avaliarem o condicionamento térmico de frangos de corte em ambientes de estresse por calor (temperatura de 35° C por seis horas diárias a partir de quatro a seis semana de idade), constataram que a complementação com vitamina C na dieta (500 mg/kg) melhorou o rendimento de carcaça e reduziu a taxa de mortalidade no período avaliado.

2.3 Selênio na nutrição de frangos de corte

O selênio (Se) é um elemento químico pertencente à família dos calcogênios de massa atômica $78,96 \text{ g mol}^{-1}$. É envolvido na regulação do estresse oxidativo e outras respostas imunes cruciais em quase todos os tecidos e tipos de células, desempenhando papel vital na fisiologia normal de uma grande variedade de espécies, incluindo frangos de corte (HATFIELD et al., 2014).

A suplementação do Se nas dietas de frangos de corte ocorre na forma inorgânica com selenito de sódio, ou na forma orgânica, com destaque para selenocisteína e selenometionina, obtidas a partir de culturas de levedura (*Saccharomyces cerevisiae*) (FUNARI et al., 2012). As leveduras enriquecidas com Se inorgânico são as formas mais apropriadas para uso em suplementos nutricionais para animais, devido à excelente biodisponibilidade e menor toxicidade entre as várias formas de Se (SKRIVAN et al., 2012).

Rostagno et al. (2017) definiram o nível de exigência de selênio nas dietas para frango de corte de acordo com a fase de produção (pré-inicial, inicial, crescimento I e II e final) e a fonte, que pode ser inorgânica (0,351; 0,317; 0,250; 0,204 e 0,183 mg/kg de ração) ou orgânico (0,153; 0,138; 0,109; 0,089 e 0,080 mg/kg ração). E de acordo com National research council (1994), a exigência de Se para frango foram dadas como 0,15 mg/kg de dieta, enquanto o nível máximo permitido é de 0,5 mg de Se/kg de dieta (EUROPEAN COMMISSION, 2003).

A utilização do selênio na nutrição animal é considerado como nutriente essencial, porém pode ser extremamente tóxico, quando ingerido em altas concentrações. O Se na forma do aminoácido selenocisteína participa da composição de pelo menos 25 selenoproteínas que estão envolvidas em várias funções de regulação do corpo, como a manutenção do equilíbrio redox e defesas antioxidantes (SURAI; FISININ, 2014). Todo Se dietético absorvido de origem orgânica ou inorgânica será utilizado para síntese de selenoproteínas, estocado ou excretado (SEYEDALI; BERRY, 2014).

Os sistemas antioxidantes no corpo contêm inúmeras enzimas antioxidantes, como superóxido dismutase (SOD) e glutatona peroxidase (GSH-Px). Nesse contexto, o Se aparece como um integrante essencial da glutatona peroxidase (GSH-Px). As enzimas antioxidantes participam da defesa contra o estresse oxidativo, catalisando a redução do peróxido de hidrogênio e dos peróxidos lipídicos em hidróxidos menos nocivos (HARDY; HARDY, 2004).

O Se está envolvido em outros processos metabólicos, desempenhando funções variadas, como a participação na conversão do T4 em T3, na proteção contra a ação nociva de metais

pesados e xenobióticos e o aumento da resistência do sistema imunológico (DALGAARD et al., 2018).

Safdari-Rostamabad et al. (2017) identificaram que a massa relativa da bolsa cloacal e do timo reduziu significativamente quando as aves se encontravam expostas a estresse térmico ($37\pm 1^{\circ}\text{C}$), no entanto, a suplementação de selênio aumentou a massa relativa do timo. Já Dalia et al. (2018) não encontraram diferença significativa sobre os pesos dos órgãos linfoides em dietas suplementadas com selênio (0,3 mg/kg de ração) em diferentes fontes. Esta última constatação corrobora com o observado por Niu et al. (2009), em que o peso do timo, bolsa cloacal e baço de frangos de corte sob estresse térmico não apresentaram efeito com o incremento dos níveis de suplementação de selênio nas dietas.

Acredita-se que a deficiência de Se torna o corpo das aves mais suscetível a estresses nutricionais e bioquímicos, bem como a doenças infecciosas. Dietas deficientes em Se interferem na função normal dos órgãos imunológicos de frangos de corte devido ao estresse oxidativo (ZHANG et al., 2012), podendo inibir o crescimento do timo em frangos de corte (YU et al., 2011). Além disso, proteínas relacionadas ao estresse (Hsps) foram identificadas em grande expressão no baço e timo de frangos de corte, alimentados com dietas deficientes em Se sob estresse térmico (KHOSO et al., 2016).

3 CAPÍTULO 1

(Semina: Ciências Agrárias)

Vitamina C e Selênio para frangos de corte no período de 22 a 42 dias de idade estressados naturalmente por calor ambiente

Vitamina C e Selênio para frangos de corte no período de 22 a 42 dias de idade estressados naturalmente por calor ambiente

Vitamin C and Selenium for broilers in the period from 22 to 42 day's old naturally stressed by ambient heat

Resumo: Este estudo foi conduzido com o objetivo de se avaliar o efeito da vitamina C e selênio sobre o desempenho, eficiência produtiva, rendimento de carcaça e principais cortes, órgãos digestivos e coração, peso absoluto e relativo dos órgãos linfoides e viabilidade econômica de frangos de corte de 22 a 42 dias de idade, submetidos a estresse natural por calor. Foram utilizados 700 pintos, distribuídos em delineamento em blocos ao acaso, em esquema fatorial $2 \times 3 + 1$, sendo dois níveis de vitamina C (150 e 300 mg de ácido ascórbico revestido/kg de ração), associados a três níveis de selênio (0,2, 0,4 e 0,6 mg de selênio levedura/kg de ração), além de um tratamento controle (sem suplementação de vitamina C e selênio) totalizando sete tratamentos e cinco repetições, com vinte aves por unidade experimental. O experimento compreendeu duas fases, 22 a 33 e 22 a 42 dias de idade, com os animais submetidos a uma condição natural de alta temperatura. Os níveis de vitamina C e selênio suplementares não interferem nos parâmetros de desempenho, rendimento de carcaça, principais cortes e gordura abdominal, peso dos órgãos digestivos e coração, e peso absoluto e relativo dos órgãos linfoides em relação ao grupo controle. Adicionalmente, a dieta basal sem suplementação de vitamina C e selênio é economicamente mais rentável, indicando que esta dieta atende às exigências dos frangos de corte no período de 22 a 42 dias de idade, nas condições ambientes registradas.

Palavras Chave: ácido ascórbico, antioxidante, desempenho produtivo, mineral traço, órgão linfoide

Abstrat: This study was conducted with the objective of evaluating the effect of vitamin C and selenium on performance, productive efficiency, carcass yield and main cuts, weight of digestive organs and heart, weight absolute and relative of lymphoid organs and economic viability of broilers from 22 to 42 days old, submitted to natural heat stress. 700 chicks were distributed in a randomized complete block design in a $2 \times 3 + 1$ factorial scheme with two levels of vitamin C (150 and 300 mg of ascorbic acid/kg of feed) associated to three levels of selenium (0.2, 0.4 and 0.6 mg of selenium /kg of feed) in addition to a control treatment (without supplementation of vitamin C and selenium). It were use the total of seven treatments and five replications, with twenty birds per experimental unit. The experiment comprised two phases, from 22 to 33 and 22 to 42

days old, with animals submitted to a natural high temperature condition. Supplemental vitamin C and selenium levels do not interfere with performance, carcass yield, major cuts and abdominal fat, weight of the digestive organs and heart, and absolute and relative weight of the lymphoid organs in relation to the control group. In addition, the basal diet without supplementation of vitamin C and selenium is economically more profitable, indicating that this diet meets the requirements of broiler chickens in the period from 22 to 42 days old, under the registered ambient conditions.

Key words: ascorbic acid, antioxidant, productive performance, trace mineral, lymphoid organs

Introdução

As condições ambientais afetam significativamente o metabolismo e desempenho de frangos de corte, comprometendo a eficiência e rentabilidade do setor avícola. Assim, em regiões tropicais, que apresentam fatores climáticos com temperatura e níveis inadequados de umidade relativa do ar podem comprometer a produtividade do setor avícola. E o Brasil, que possui grande variação na classificação climática com características equatorial até desértica, de acordo com a classificação de Koppen, ainda ocupa posição de destaque na produção e exportação de carne de frango no cenário mundial.

A fim de manter os bons índices produtivos, o setor avícola é estimulado a buscar opções tecnológicas que minimizem os efeitos dos fatores que comprometem o potencial de crescimento de frangos de corte. Dentro deste contexto, a região Nordeste brasileira, que contribui com 2,3% da produção nacional de carne de frango oriunda de estabelecimentos sob inspeção (ABPA, 2018), enfrenta um dos principais fatores limitantes da produção, que é a temperatura acima da zona de conforto térmico animal.

O estresse por calor é considerado fator representativo na produção avícola, reduzindo o desempenho produtivo, prejudicando o equilíbrio redox induzindo a produção de espécies reativas de oxigênio (ROS) (ROUSHDY et al., 2018), além de aumentar a produção de corticosteroides (SUN et al., 2015). Uma das estratégias para reduzir o impacto da alta temperatura ambiente no desempenho e estado de saúde dos frangos diz respeito à manipulação da dieta (LIAO et al., 2018), por meio da suplementação de nutrientes funcionais como a vitamina C e o selênio, por exemplo.

Normalmente, o frango de corte é capaz de sintetizar a vitamina C, no entanto, em condições de estresse térmico pelo calor essa capacidade pode ser reduzida. Assim, a suplementação da dieta com vitamina C pode ser eficiente para superar deficiências e aumentar a

resistência ao estresse oxidativo (TORKI; ZANGENEH; HABIBIAN, 2014), uma vez que a vitamina C é o mais importante antioxidante hidrossolúvel atuante na proteção das biomembranas contra a peroxidação lipídica durante o estresse (LESKOVEC et al., 2018).

O selênio é um dos minerais essenciais, necessário para o ideal crescimento e produtividade em frangos de corte, sendo parte integrante da enzima antioxidante glutathiona peroxidase, que atua no controle dos níveis de peróxido de hidrogênio e peróxidos lipídicos (AHMADI et al., 2018). Rao et al. (2016) afirmam que a suplementação de selênio resulta em efeitos positivos sobre o desempenho, respostas antioxidantes e imunes em frangos de corte mantidos em ambientes de estresse por calor.

Neste contexto, objetivou-se investigar o efeito da suplementação de vitamina C e selênio na dieta de frangos de corte, sobre parâmetros de desempenho, eficiência produtiva, características de carcaça, peso de órgãos linfoides, digestivos e coração, em condições naturais de estresse por calor, bem como a viabilidade econômica das rações, no período de 22 a 42 dias de idade.

Material e Métodos

A pesquisa foi conduzida nos galpões de desempenho do Setor de Avicultura do Departamento de Zootecnia (DZO) do Centro de Ciências Agrárias (CCA) da Universidade Federal do Piauí (UFPI), em Teresina, município situado na latitude 05° 05' 21'' sul e longitude 42° 48' 07'' oeste e altitude de 74,4 metros (SILVA et al., 2015). Todos os procedimentos inerentes à pesquisa realizados, foram submetidos e aprovados pelo comitê de ética no uso de animais da UFPI sob o protocolo nº 355/17.

No período pré-experimental, contemplando a fase de 1 a 21 dias de idade, os animais foram criados em galpão convencional, consumindo ração padrão, formulada para atender às exigências nutricionais, de acordo com cada fase, segundo (ROSTAGNO et al., 2017), e manejados de acordo com o manual da linhagem (ROSS-AVIAGEN, 2014). Na fase experimental, foram selecionados 700 pintos machos com 22 dias de idade da linhagem Ross 308 AP, com peso médio inicial de 879 ± 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), associados a três níveis de selênio (0,2 , 0,4 e 0,6 mg de selênio levedura/kg de ração) e uma dieta controle (sem suplementação de vitamina C e selênio, mas com níveis basais de 0,492 e 0,472 mg de selênio na fases de 22 a 33 e 34 a 42 dias de idade, respectivamente, em conformidade com a composição nutricional dos ingredientes e o premix), totalizando sete tratamentos e cinco repetições. A unidade experimental foi

representada por 20 aves/boxe, utilizando-se 35 boxes, contendo cada um, área de 2,70 m², sendo distribuídos em dois galpões de alvenaria, cobertos com telhas de barro e piso cimentado.

Os frangos receberam uma dieta de crescimento de 22 a 33 dias de idade (Tabela 1), e posteriormente, a dieta para a fase final, dos 34 aos 42 dias de idade (Tabela 2), formuladas para atender às exigências nutricionais segundo Rostagno et al. (2017). O manejo dos animais em todo o período experimental foi similar ao recomendado pelo manual de criação da linhagem Ross e a cama nos boxes foi de palha de arroz, com espessura aproximada de 5,0 cm.

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 Selênio (mg/kg)						
	0/0	150/0,2	150/0,4	150/0,6	300/0,2	300/0,4	300/0,6
Milho (7,86% PB)	57,348	57,297	57,277	57,257	57,265	57,244	57,224
Farelo de soja (46% PB)	34,491	34,500	34,503	34,507	34,505	34,509	34,512
Óleo vegetal	4,467	4,484	4,491	4,498	4,495	4,502	4,509
Fosfato bicálcico	1,444	1,444	1,444	1,444	1,444	1,444	1,444
Calcário calcítico	0,722	0,721	0,721	0,721	0,721	0,721	0,721
Sal comum (NaCl)	0,492	0,492	0,492	0,492	0,492	0,492	0,492
L-Lisina-HCl (79%)	0,036	0,036	0,036	0,036	0,036	0,036	0,036
DL-Metionina (98%)	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
¹ Premix	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
² Selênio	0,000	0,010	0,020	0,030	0,010	0,020	0,030
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)	3.150	3.150	3.150	3.150	3.150	3.150	3.150
Lisina digestível (%)	1,124	1,124	1,124	1,124	1,124	1,124	1,124
Metionina digestível (%)	0,548	0,548	0,548	0,548	0,548	0,548	0,548
Metionina + cistina digestível (%)	0,832	0,832	0,832	0,832	0,832	0,832	0,832
Treonina digestível (%)	0,708	0,708	0,708	0,708	0,708	0,708	0,708
Triptofano digestível (%)	0,238	0,238	0,238	0,238	0,238	0,238	0,238
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
Selênio (mg/kg)	0,492	0,692	0,892	1,092	0,692	0,892	1,092
Vitamina C (mg/kg)	0,000	150,000	150,000	150,000	300,000	300,000	300,000

¹Níveis de garantia por kg do produto: ferro 4.000,00 mg; cobre 1.000,00 mg; manganês 7.000,00 mg; zinco 6.000,00 mg; iodo 100,00 mg; selênio 30,00 mg; vitamina A 700.000,00 UI; vitamina D3 160.000,00 UI; vitamina E 1.400,00 UI; vitamina K3 180,00 mg; vitamina B1 150,40 mg; vitamina B2 500,00 mg; niacina 3.000,00 mg; ácido pantotênico 1.160,00 mg; vitamina B6 240,00 mg; ácido fólico 80,00 mg; biotina 4,00 mg; vitamina B12 1.000,00 mcg; colina 37,00 g; lisina 90,00 g; metionina 265,00 g; salinomicina 6.600,00; enramicina 1.000,00 mg; ²Níveis de garantia: Selênio levedura (mín.): 2.000,00 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 Selênio (mg/kg)						
------------------	--	--	--	--	--	--	--

	0/0	150/0,2	150/0,4	150/0,6	300/0,2	300/0,4	300/0,6
Milho (7,86% PB)	64,334	64,283	64,263	64,242	64,250	64,230	64,210
Farelo de soja (46% PB)	28,909	28,918	28,921	28,925	28,923	28,927	28,930
Óleo vegetal	3,859	3,876	3,883	3,890	3,887	3,894	3,900
Fosfato bicálcico	1,063	1,063	1,063	1,063	1,063	1,063	1,063
Calcário calcítico	0,688	0,688	0,688	0,688	0,688	0,688	0,688
Sal comum (NaCl)	0,465	0,465	0,465	0,465	0,465	0,465	0,465
L-Lisina-HCl (79%)	0,064	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063
DL-Metionina (98%)	0,018	0,018	0,018	0,018	0,018	0,018	0,018
¹ Premix	0,600	0,600	0,600	0,600	0,600	0,600	0,600
² Selênio	0,000	0,010	0,020	0,030	0,010	0,020	0,030
³ Vitamina C	0,000	0,015	0,015	0,015	0,031	0,031	0,031
TOTAL	100,00						
Proteína bruta (%)	18,570	18,570	18,570	18,570	18,570	18,570	18,570
EM (kcal/kg)	3,200	3,200	3,200	3,200	3,200	3,200	3,200
Lisina digestível (%)	1,014	1,014	1,014	1,014	1,014	1,014	1,014
Metionina digestível (%)	0,489	0,489	0,489	0,489	0,489	0,489	0,489
Metionina + cistina digestível (%)	0,750	0,750	0,750	0,750	0,750	0,750	0,750
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
Selênio (mg/kg)	0,472	0,672	0,872	1,072	0,672	0,872	1,072
Vitamina C (mg/kg)	0,000	150,000	150,000	150,000	300,000	300,000	300,000

¹Níveis de garantia por kg do produto: ferro 5.000,00 mg; cobre 1.666,00 mg; manganês 11 g; zinco 10,00 g; 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: Selênio levedura (mín.): 2.000,00 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 termohigrômetros de máxima e mínima, 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 (oito e as 16 horas). O termohigrômetro foi aferido apenas as oito horas da manhã. 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 diário em que os animais eram expostos a temperatura acima da zona de termoneutralidade, como definida por Abreu e Abreu (2011), realizou-se a leitura da

temperatura e umidade relativa do ar nos galpões, duas vezes por semana, durante 24 h, com intervalo entre as leituras de 60 minutos.

Os parâmetros de desempenho avaliados nos períodos de 22 a 33 e de 22 a 42 dias de idade foram: ganho de peso (kg/ave), consumo de ração (kg/ave), conversão alimentar (kg/kg), viabilidade criatória (%) e índice de eficiência produtiva, bem como rendimento de carcaça, cortes, gordura abdominal, peso relativo de órgãos digestivos e coração, peso absoluto e relativo de órgãos linfóides.

O consumo de ração no período de 22 a 33 e 22 a 42 dias de idade foi calculado pela diferença entre a quantidade de ração fornecida no início do período experimental, e as sobras das rações testadas, considerando a correção do consumo pela mortalidade (SAKOMURA; ROSTAGNO, 2016). Para determinar o ganho de peso, as aves foram pesadas no início e no final de cada fase. A partir dos dados de consumo de ração e de ganho de peso, foi calculado a conversão alimentar dos animais.

A Viabilidade Criatória (VC) e o Índice de Eficiência Produtiva (IEP) foram calculados segundo as 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 (STRINGHINI et al., 2006).

No 42º dia, o experimento foi finalizado e quatro aves de cada unidade experimental (140 no total), com peso corporal próximo ao da média da parcela ($\pm 10\%$) foram submetidas a jejum alimentar de 12 horas, sendo em seguida abatidas para avaliar o rendimento da carcaça, cortes, gordura abdominal, órgãos digestivos (fígado, proventrículo, moela, pâncreas, intestino), coração e órgãos linfóides (baço, bolsa cloacal e timo), conforme procedimento de abate preconizado pelo Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal – RIISPOA (BRASIL, 2017).

Na determinação do rendimento de carcaça levou-se em consideração o peso da carcaça depenada e eviscerada (sem pés, com cabeça e pescoço) e o peso vivo das aves após jejum. Foi considerada gordura abdominal, todo o tecido adiposo aderido ao redor da bolsa cloacal, moela e dos músculos abdominais adjacentes.

Para os cálculos da viabilidade econômica das rações, foram consideradas as seguintes variáveis primárias: consumo médio da ração (kg) (CMR), custo da ração (kg) (CR), ganho de peso médio (kg) (GPM), peso vivo médio (kg) (PVM) e preço do frango vivo (kg) (PFV). Com base nos valores observados para essas variáveis primárias, foram obtidos, conforme Togashi (2004), os seguintes indicadores econômicos: a) custo médio de arraçamento (CMA) = $CMR \times$

CR; b) relação CMA/GPM; c) renda bruta média (RBM) = PVM x PFV; d) margem bruta média (MBM) = RBM – CMA. Estimou-se a margem bruta (MB), considerando-se: MB = (kg frango produzido x preço de venda do frango) - (preço da ração x ração consumida), envolvendo os preços dos ingredientes das rações.

O preço médio do quilograma do frango vivo (R\$ 3,50) foi obtido no comércio local do município de Teresina- PI, enquanto que o preço do quilograma da ração foi considerado a partir dos preços de aquisição dos demais ingredientes no período de dezembro de 2017 (milho - R\$ 0,70; farelo de soja 46% - R\$ 1,83; óleo de soja – R\$ 3,20; fosfato bicálcico – R\$ 4,64; calcário – R\$ 0,35; sal comum – R\$ 0,85; suplemento vitamínico e mineral - R\$ 19,60; DL-metionina – R\$ 28,00; L-lisina HCL – R\$ 12,00; vitamina C – R\$ 120,00 e selênio levedura – R\$ 10,67).

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 selênio 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 da temperatura máxima e umidade relativa do ar mantiveram-se acima da zona de conforto para frangos de corte. Pois a temperatura ideal varia de 20 a 26 °C e a umidade relativa de 60 a 70% para o período avaliado, de acordo com Abreu e Abreu (2011). E o ITGU analisado, que apresentou valores acima de 77 (Tabela 3). De acordo com Oliveira et al. (2006), os animais encontram-se em conforto térmico quando o ITGU corresponde a $69,8 \pm 0,95$ no período de 22 a 42 dias de idade. A oscilação da média da temperatura e umidade relativa (Gráficos 1 e 2), durante as 24 horas do dia, também aponta que os animais foram submetidos a condições ambientais desfavoráveis ao seu bem-estar, durante maior parte do dia.

Tabela 3. Condições ambientais observadas durante o período experimental¹

Semanas	Temperatura °C		Umidade Relativa (%)	ITGU
	Mínima	Máxima		

1 ^a	23,83 ± 1,16	32,60 ± 1,25	73,96 ± 5,96	79,45 ± 3,23
2 ^a	24,69 ± 0,69	32,37 ± 1,16	74,64 ± 6,52	78,81 ± 3,23
3 ^a	24,78 ± 0,75	32,38 ± 1,43	71,43 ± 10,76	78,93 ± 3,75
Média	24,43 ± 0,87	32,45 ± 1,28	73,34 ± 7,75	79,06 ± 3,40

¹Valores médios. ITGU - Índice de Temperatura de Globo e Umidade

Gráfico 1. Média da Temperatura e Umidade relativa do ar galpão 1

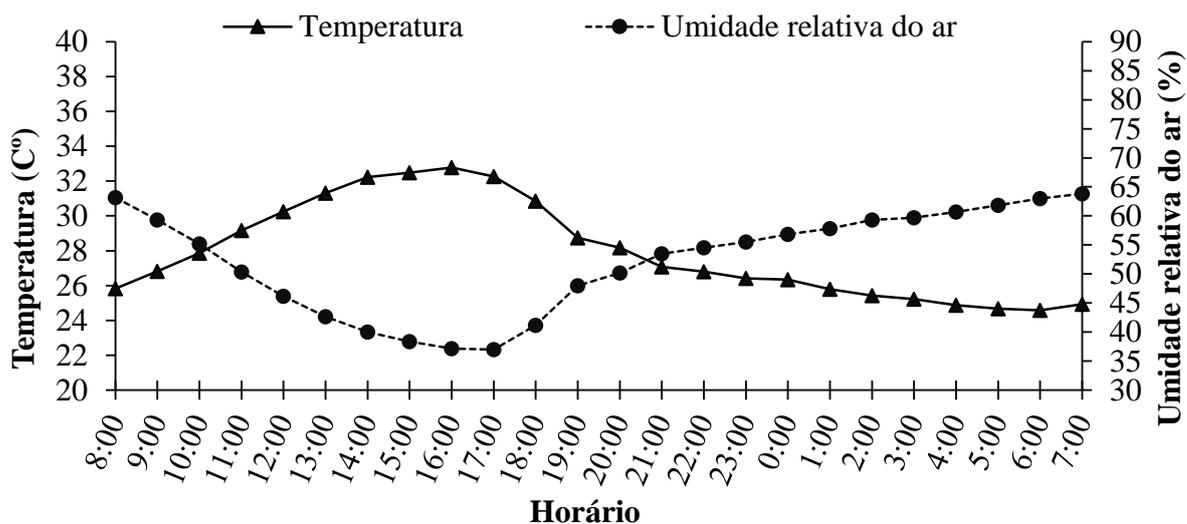
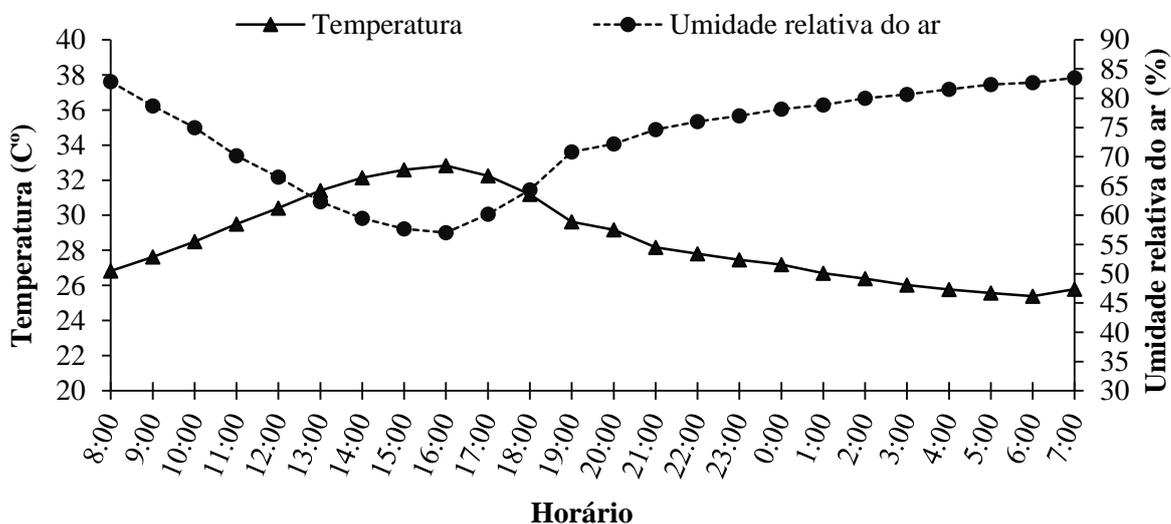


Gráfico 2. Média da Temperatura e Umidade relativa do ar galpão 2



Nessas condições, o esforço fisiológico dos animais para perder calor é intensificado. Assim, a exposição à temperatura ambiente elevada durante longo período induz o frango de corte a estresse por calor, provocando mudanças no seu comportamento, prejudicando o apetite e desempenho (HE et al., 2018), além de minimizar a utilização da energia destinada ao seu desenvolvimento produtivo, pois parte da energia é direcionada para manutenção da temperatura.

Não foram observadas interações ($P>0,05$) entre os níveis de vitamina C e selênio para as variáveis de desempenho, viabilidade criatória e índice de eficiência produtiva, avaliadas no período de 22 a 33 dias (Tabela 4) e 22 a 42 dias de idade (Tabela 5). Além disso, não houve diferença entre o tratamento controle e os tratamentos testes nos dois períodos avaliados ($P>0,05$).

Tabela 4. Desempenho produtivo de frangos de corte, de 22 a 33 dias de idade, alimentados com dietas suplementadas com vitamina C e selênio

Controle	Vit C mg/kg	Selênio (mg/kg)			Média ¹	CV (%)	Valor P ²	
		0,2	0,4	0,6			L	Q
Consumo ração (kg/ave)								
1,778	150	1,761	1,779	1,744	1,761 ^a	2,37	0,9218	0,6755
	300	1,756	1,750	1,769	1,758 ^a			
	Média	1,759	1,765	1,757				
Ganho peso (kg/ave)								
1,178	150	1,170	1,195	1,147	1,171 ^a	4,16	0,8576	0,4445
	300	1,166	1,166	1,181	1,171 ^a			
	Média	1,168	1,181	1,164				
Conversão alimentar								
1,511	150	1,506	1,491	1,521	1,506 ^a	3,06	0,8612	0,5264
	300	1,506	1,501	1,498	1,502 ^a			
	Média	1,506	1,496	1,510				
Viabilidade criatória (%)								
98,000	150	100,000	100,000	100,000	100,000 ^a	0,92	1,0000	0,1737
	300	100,000	99,000	100,000	99,667 ^a			
	Média	100,000	99,500	100,000				
Índice de eficiência produtiva								
637,031	150	648,508	670,697	629,669	649,625 ^a	6,94	0,8601	0,5414
	300	645,255	641,086	656,921	647,754 ^a			
	Média	646,882	655,892	643,295				

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

Desta forma, pode-se deduzir que a dieta controle e a síntese endógena de vitamina C atenderam às exigências nutricionais dos frangos de corte nos períodos avaliados, podendo-se deduzir de acordo com Halliwell et al. (2000), que a quantidade foi suficiente para contribuir com o sistema de defesa antioxidante, sendo capaz de regenerar o substrato ou prevenir a oxidação do organismo, nas condições de altas temperaturas dominantes. No entanto, a tendência geral observada em frangos de corte, quando submetidos a estresse térmico e alimentados com dietas contendo os nutrientes necessários à ativação do sistema antioxidante, é que os parâmetros de desempenho sejam melhorados, como observado por Ming et al. (2012). Neste sentido, Alba et al. (2015) relatam que a suplementação da vitamina C (250 mg/kg de ração) aumentou

significativamente o consumo de ração e o ganho de peso em 6,8 g/dia e 9,1 g/dia, respectivamente, bem como melhorou a conversão alimentar em 0,11 quando comparado ao grupo controle. Também, Oral Toplu et al. (2014), ao avaliarem frangos de corte em ambientes de estresse por calor, com dietas suplementados com vitamina C, observaram melhor ganho de peso (g/ave) e conversão alimentar no período de 4 a 6 semana de vida.

Com relação ao selênio, Safdari-Rostamabad et al. (2016), ao avaliarem os efeitos de diferentes níveis deste mineral (0,0; 0,6 e 1,2 mg/kg de ração) no desempenho de frangos de corte aos 42 dias de idade em condições de estresse por calor ($37 \pm 1,0$ °C), observaram melhor ganho de massa e conversão alimentar nas dietas suplementadas com o maior nível de selênio em relação ao grupo controle, que se encontrava em ambiente termoneutro (21°C). Da mesma forma, Dalia et al. (2018), avaliando a utilização de fontes de selênio em dietas para frangos de corte aos 42 dias, afirmam que o ganho de peso e conversão alimentar foram melhores para as dietas suplementadas com selênio orgânico em comparação com a dieta controle.

Tabela 5. Desempenho produtivo de frangos de corte, de 22 a 42 dias de idade, alimentados com dietas suplementadas com vitamina C e selênio

Controle	Vit C mg/kg	Selênio (mg/kg)			Média ¹	CV (%)	Valor P ²	
		0,2	0,4	0,6			L	Q
Consumo ração (kg/ave)								
3,573	150	3,497	3,551	3,480	3,509 ^a	2,56	0,5964	0,2777
	300	3,451	3,496	3,511	3,486 ^a			
	Média	3,474	3,524	3,496				
Ganho peso (kg/ave)								
2,001	150	1,937	1,931	1,975	1,948 ^a	6,08	0,6905	0,2511
	300	1,939	1,858	1,942	1,913 ^a			
	Média	1,938	1,895	1,959				
Conversão alimentar								
1,791	150	1,812	1,849	1,769	1,810 ^a	5,69	0,8979	0,0712
	300	1,781	1,889	1,811	1,827 ^a			
	Média	1,797	1,869	1,790				
Viabilidade criatória (%)								
97,000	150	97,000	95,000	96,000	96,000 ^a	3,94	0,7722	0,4064
	300	97,000	97,000	99,000	97,667 ^a			
	Média	97,000	96,000	97,500				
Índice de eficiência produtiva								
454,791	150	436,695	418,182	450,234	435,037 ^a	12,08	0,7137	0,1249
	300	439,879	402,679	443,678	428,745 ^a			
	Média	438,287	410,431	446,956				

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

Pesquisas relatam que a elevada produção de radicais livres e a ineficiência do sistema oxidante estão associados ao estresse térmico (AZAD et al., 2010; TAN et al., 2010), no entanto, os resultados deste estudo mostraram que a suplementação de vitamina C e selênio na dieta não melhorou o desempenho dos frangos (consumo de ração, ganho de peso e conversão alimentar), mesmo em condições de estresse por calor, corroborando com resultados apresentados por Egbuniwe et al. (2018), Albuquerque et al. (2017), Souza et al. (2011) e Niu et al. (2009).

Desta forma, pode-se presumir que, por mais que os animais estivessem submetidos a condição de elevadas temperaturas, o estresse não foi suficiente para desencadear efeito oxidativo a ponto de comprometer o sistema antioxidante, uma vez que, os efeitos danosos do estresse térmico sobre o desempenho dos frangos de corte podem ser, pelo menos parcialmente, atribuídos a grande quantidade de radicais livres (ALBA et al., 2015).

Não foram observadas interações ($P > 0,05$) entre os níveis de vitamina C e os de selênio, para os parâmetros de rendimento da carcaça, cortes e gordura abdominal (Tabela 6). No entanto, de modo independente os níveis de inclusão do selênio na dieta, afetaram de forma quadrática o rendimento de peito ($P < 0,05$), de acordo com a equação: $Y = 24,875x^2 - 18,575x + 38,080$ ($R^2 = 0,8$), com menor peso do peito estimado com 0,37 mg de selênio/kg da dieta. Por outro lado, os demais parâmetros relacionados ao rendimento de carcaça e dos demais cortes, não foram influenciados pelos os níveis de vitamina C e nem pelos de selênio ($P > 0,05$). Também, não se observou diferença entre o tratamento controle e os tratamentos testes ($P > 0,05$).

Os resultados observados para peso relativo da carcaça, coxa e sobrecoxa neste estudo encontram em consonância com os observados por Souza et al. (2011), que ao conduzirem estudo com frangos de corte estressados por calor, também, não observaram efeito da adição da vitamina C (230 ppm) em comparação com a dieta controle sobre os pesos relativos da carcaça, peito, coxa e sobrecoxa. De forma semelhante, Fernandes et al. (2013) não observaram efeito da suplementação da vitamina C sobre os pesos relativos da carcaça, peito e coxas de frangos submetidos ao estresse térmico.

Oral Toplu et al. (2014), ao investigarem o rendimento da carcaça de frangos de corte, em ambientes de estresse por calor (35 °C por seis horas diárias) a partir da quarta até a sexta semana de vida, observaram que os animais que receberam dieta suplementada com vitamina C (500 mg/kg) apresentaram melhores resultados para rendimento de carcaça, mas não demonstraram diferença significativa para rendimento de peito, coxa, asa e gordura abdominal. Assemelhando-se, em parte, com os dados obtidos neste estudo.

A respeito da suplementação de selênio, Sevcikova et al. (2006) não relataram efeito da suplementação dietética de Se na forma de Se levedura ou Se Chlorella (0,3 mg/kg) nos pesos de peito, coxa e gordura abdominal, enquanto Ahmadi et al. (2018), avaliando níveis de nano-selênio (0,1 até 0,5 mg/kg), constataram que todos os níveis avaliados apresentaram-se de forma semelhante, tendo melhor rendimento para peito e sobrecoxa, quando comparados ao grupo controle.

Tabela 6. Rendimento de carcaça, cortes e gordura abdominal de frangos de corte, aos 42 dias de idade, alimentados com dietas suplementadas com vitamina C e selênio

Controle	Vit C mg/kg	Selênio (mg/kg)			Média ¹	CV (%)	Valor P ²	
		0,2	0,4	0,6			L	Q
Rendimento de carcaça (%)								
79,75	150	79,71	80,03	80,13	79,96 ^a	1,15	0,8251	0,7625
	300	80,86	80,23	80,25	80,45 ^a			
	Média	80,29	80,13	80,19				
Rendimento de peito (%)								
35,84	150	35,18	34,41	35,95	35,18 ^a	3,13	0,2967	0,0295
	300	35,54	34,85	35,82	35,40 ^a			
	Média	35,36	34,63	35,89				
Rendimento de coxa (%)								
12,98	150	13,28	13,12	12,73	13,04 ^a	3,10	0,2268	0,2268
	300	12,99	13,09	13,03	13,04 ^a			
	Média	13,14	13,11	12,88				
Rendimento de sobrecoxa (%)								
15,07	150	15,50	15,83	15,29	15,54 ^a	4,72	0,2408	0,3866
	300	15,60	15,37	15,04	15,34 ^a			
	Média	15,55	15,60	15,17				
Rendimento de asa (%)								
4,22	150	4,62	4,63	4,57	4,61 ^a	3,90	0,8919	0,2999
	300	4,51	4,64	4,53	4,56 ^a			
	Média	4,57	4,64	4,55				
Rendimento de entreaça (%)								
5,30	150	5,63	5,66	5,30	5,53 ^a	6,30	0,4913	0,2553
	300	5,32	5,50	5,45	5,42 ^a			
	Média	5,48	5,58	5,38				
Gordura abdominal (%)								
1,34	150	1,64	1,72	1,80	1,72 ^a	19,21	0,6537	0,3236
	300	1,49	1,72	1,46	1,56 ^a			
	Média	1,57	1,72	1,63				

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

A exigência nutricional de selênio para frangos de corte de acordo com National Research Council (1994) é de 0,15 mg/kg da dieta, e o nível máximo estabelecido pela European

Commission (2003) é de 0,5 mg/kg da dieta, porém, neste estudo, o nível máximo utilizado de selênio foi 0,6 mg/kg de ração, superando essa recomendação, e as aves apresentaram, de forma independente da vitamina C, maior rendimento de peito. Considerando que este corte representa parte nobre da carcaça do frango, provavelmente, a demanda necessária para maior rendimento deste corte seja superior aos níveis estabelecidos na literatura, quando os animais são mantidos em condições naturais de temperatura elevada.

Desse modo, mais estudos sobre o efeito da suplementação desses nutrientes em questão, sobre as características da carcaça de frangos em ambientes de temperatura elevada, tornam-se essenciais para evidenciar todos os seus benefícios.

Na avaliação dos pesos relativos dos órgãos digestivos e coração, não foram observadas interações ($P > 0,05$) entre os níveis de vitamina C e os de selênio (Tabela 7). No entanto, de modo independente os níveis de inclusão do selênio na dieta influenciaram de forma quadrática o rendimento do proventrículo ($P < 0,05$), de acordo com a equação: $Y = 1,450x^2 - 1,090x + 0,53$ ($R^2 = 0,97$), com menor peso estimado em 0,37 mg de selênio/kg da dieta. Também, o rendimento do coração foi influenciado pelos níveis de selênio suplementares ($P = 0,05$), de acordo com a equação: $Y = -0,15x + 0,513$ ($R^2 = 0,96$). Para os demais parâmetros, não houve interferência dos níveis dos nutrientes avaliados de forma isolada ($P > 0,05$). Na comparação entre o tratamento controle e os demais, também, não foi constatada diferença ($P > 0,05$) para os pesos dos órgãos digestivos e coração.

Tabela 7. Peso relativo de órgãos digestivos e coração de frangos de corte, aos 42 dias de idade, alimentados com dietas suplementadas com vitamina C e selênio

Controle	Vit C mg/kg	Selênio (mg/kg)			Média ¹	CV (%)	Valor P ²	
		0,2	0,4	0,6			L	Q
Fígado (%)								
2,26	150	2,14	2,23	2,17	2,18 ^a	7,70	0,4710	0,7553
	300	2,16	2,09	2,25	2,17 ^a			
	Média	2,15	2,16	2,21				
Proventrículo (%)								
0,36	150	0,38	0,32	0,43	0,37 ^a	14,71	0,2590	0,0109
	300	0,36	0,33	0,37	0,35 ^a			
	Média	0,37	0,32	0,40				
Moela (%)								
2,28	150	2,32	2,41	2,04	2,26 ^a	11,23	0,6654	0,0881
	300	1,97	2,17	2,15	2,10 ^a			
	Média	2,14	2,29	2,10				
Pâncreas (%)								
0,30	150	0,28	0,26	0,27	0,27 ^a	13,17	0,9009	0,9427
	300	0,25	0,27	0,27	0,26 ^a			
	Média							

	Média	0,26	0,26	0,27				
		Intestino (%)						
8,08	150	7,22	6,50	7,42	7,43 ^a	14,01	0,5724	0,4667
	300	7,19	7,59	7,52	7,05 ^a			
	Média	7,21	7,05	7,47				
		Coração (%)						
0,50	150	0,51	0,47	0,42	0,47 ^a	14,43	0,0500	0,6291
	300	0,45	0,45	0,42	0,44 ^a			
	Média	0,48	0,46	0,42				

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

De acordo com Ahmadi et al. (2018), os níveis de selênio também não influenciam o peso relativo do fígado, coração, moela, pâncreas e proventrículo, diferindo dos resultados do presente estudo em relação ao coração e proventrículo, em que, os níveis de selênio apresentaram efeito linear e quadrático, respectivamente. De forma contrária, Safdari-Rostamabad et al. (2016) relataram aumento das massas relativas do fígado, coração, moela e pâncreas, em frangos de corte submetidos a ambiente de estresse térmico (37°C), alimentados com dieta suplementada com selênio, em comparação ao grupo controle (ambiente termoneutro - 21 °C e dieta basal). Os autores observaram, também, que o rendimento do fígado, moela e coração das aves submetidas a estresse por calor e alimentadas com dietas suplementadas com 0,6 mg de selênio/kg de ração, apresentou menor peso relativo entre os níveis avaliados, o que difere do presente estudo.

A deficiência de selênio pode provocar hipertrofia cardíaca (LIU, et al. 2014), miopatia do músculo liso da moela (THOMPSON; SCOTT, 1970), aumentando a massa relativa desses órgãos, principalmente em condição de estresse oxidativo. Dessa forma, esperava-se nesse estudo que os animais alimentados com dietas suplementadas com selênio apresentassem menor rendimento dos órgãos digestivos em comparação aos alimentados com ração padrão. Então, provavelmente, a concentração de selênio na dieta controle atendeu às necessidades dos frangos evitando um quadro de estresse oxidativo.

Não se observou interação entre os níveis dos nutrientes testados ($P>0,05$) para os pesos absoluto e relativo dos órgãos linfoides (Tabela 8). Assim, verificou-se que de modo independente, os níveis de vitamina C e os de selênio não influenciaram os parâmetros relativos aos órgãos linfoides ($P>0,05$). Também, não foi constatada diferença entre o tratamento controle e os tratamentos testes ($P>0,05$). Esse estudo está em harmonia com os resultados de Alba et al. (2015), que ao avaliarem níveis de vitamina C na dieta (250 mg/kg de ração), sob condições de estresse por calor, não identificaram efeito para os pesos relativos do baço e bolsa cloacal em relação ao

grupo controle. No entanto, Chand et al. (2014) identificaram influência da dieta suplementada com vitamina C (300 mg/kg de ração) sobre o peso absoluto dos órgãos linfoides, em ambiente de estresse por calor.

Em relação aos níveis de selênio, Boostani et al. (2015), ao avaliarem o efeito de fontes desse mineral para frangos de corte aos 42 dias de idade sob condições de estresse oxidativo, não observaram diferença significativa entre a fonte de selênio orgânico e o grupo controle para o peso relativo dos órgãos linfoides. Estes resultados se assemelham ao de Niu et al. (2009), que avaliaram a suplementação de selênio orgânico (0,0; 0,2 e 0,4 mg/kg) para frangos de corte sob estresse térmico e também não observaram melhora para peso relativo de órgãos linfoides. Também, esses resultados encontram-se em consonância com os encontrados por Rao et al. (2013) e Dalia et al. (2018).

Tabela 8. Peso absoluto e relativo de timo, baço e bolsa cloacal de frangos de corte, aos 43 dias de idade, alimentados com dietas suplementadas com vitamina C e selênio

Paramêtros	Controle	Vit C g/kg	Selênio (mg/kg)			Média ¹	CV (%)	Valor P ²	
			0,2	0,4	0,6			L	Q
Peso absoluto (g)									
Timo (g)	9,55	150	7,48	6,21	5,99	6,56 ^a	42,25	0,2869	0,3730
		300	7,65	5,61	6,43	6,56 ^a			
		Média	7,57	5,91	6,21				
Baço (g)	3,25	150	2,99	2,56	2,99	2,85 ^a	21,30	0,5051	0,6097
		300	2,45	2,83	2,81	2,70 ^a			
		Média	2,72	2,70	2,90				
Bolsa cloacal (g)	3,25	150	2,85	2,70	2,77	2,77 ^a	34,38	0,3194	0,3427
		300	3,55	2,51	2,74	2,93 ^a			
		Média	3,20	2,61	2,76				
Peso relativo (%)									
Timo (%)	0,31	150	0,24	0,21	0,19	0,21 ^a	42,31	0,3037	0,4160
		300	0,25	0,19	0,22	0,22 ^a			
		Média	0,25	0,20	0,21				
Baço (%)	0,10	150	0,09	0,08	0,10	0,09 ^a	22,05	0,4532	0,8519
		300	0,08	0,09	0,09	0,09 ^a			
		Média	0,09	0,09	0,10				
Bolsa cloacal (%)	0,10	150	0,09	0,08	0,09	0,09 ^a	34,00	0,2562	0,2967
		300	0,12	0,08	0,09	0,10 ^a			
		Média	0,11	0,08	0,09				

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

O timo, baço e bolsa cloacal são órgãos do sistema imune que participam da imunidade celular e humoral em aves, sendo a bolsa cloacal e o timo considerados órgãos linfoides primários

e o baço um órgão imunológico secundário (ETO, et al 2015). Quando os animais estão em estresse por calor, ocorrem danos aos órgãos linfoides, provocando atrofia e consequente redução do peso (LIU, et al. 2014), no entanto, algumas vitaminas e minerais como a vitamina C e o selênio reduzem esses efeitos durante o estresse térmico (LAGANÁ et al. 2007).

Dentro desse contexto, pode-se perceber que os grupos testes deste estudo apresentaram valores de peso absoluto e relativo dos órgãos linfoides, que não diferiram do controle ($P>0,05$), sugerindo que o nível de selênio existente no suplemento mineral utilizado e a síntese de vitamina C pelos animais foi suficiente para suportar os efeitos danosos da alta temperatura registrada durante o experimento.

Na avaliação dos índices econômicos obtidos de 22 a 42 dias de idade (Tabela 9), identificou-se maior custo médio de arraçamento para o nível mais elevado de inclusão dos nutrientes testes, 300 e 0,6 mg de vitamina C e selênio, respectivamente, diferiu 1,2% em relação ao grupo controle (sem suplementação dos nutrientes) e 2% em relação no menor custo médio observado ao tratamento com 150 e 0,6 mg de vitamina C e selênio, respectivamente.

Tabela 9. Índices econômicos das rações contendo vitamina C e selênio para frangos de corte no período de 22 a 42 dias de idade

Variáveis	Níveis de vitamina C (mg/kg)/níveis de selênio (mg/kg)						
	0/0	150/0,2	150/0,4	150/0,6	300/0,2	300/0,4	300/0,6
Custo médio de arraçamento (CMA)	4,83	4,80	4,88	4,79	4,80	4,87	4,89
Relação CMA/GPM	4,10	4,10	4,08	4,17	4,12	4,18	4,14
Renda bruta (RBM)	10,07	9,86	9,84	9,98	9,87	9,58	9,89
Margem bruta média (MBM)	5,24	5,06	4,96	5,20	5,06	4,71	4,99

CMA = custo médio de arraçamento; GPM = ganho de peso médio

A relação custo médio de arraçamento/ganho de peso médio foi maior para os tratamentos com 300 mg de vitamina C associadas aos níveis de selênio/kg da dieta. O valor de 2,40% representou a maior diferença observada na relação CMA/GPM, que foi observada entre a dieta com 150 mg de vitamina C e 0,4 mg de selênio na dieta (menor valor) em comparação a suplementação de 300 mg de vitamina C e 0,4 de selênio (maior valor).

Já para os parâmetros de renda bruta e margem bruta média, a dieta controle apresentou os melhores índices em relação às dietas testes, comprovando assim, os dados inerentes ao desempenho dos animais, que não apresentaram diferença significativa em comparação aos grupos com a suplementação de vitamina C e selênio na dieta. Desta forma, pode-se confirmar o não

benefício econômico na inclusão destes nutrientes na alimentação de frangos de corte no período de 22 a 42 dias de idade, baseados nos índices zootécnicos e econômicos deste estudo.

Conclusão

Os níveis suplementares de vitamina C e selênio não interferem positivamente nos parâmetros de desempenho, rendimento de carcaça, principais cortes e gordura abdominal, peso dos órgãos digestivos e coração, e peso absoluto e relativo dos órgãos linfoides em relação ao grupo controle. Principalmente, a dieta basal sem suplementação de vitamina C e selênio é economicamente mais rentável, indicando que esta dieta atende às exigências dos frangos de corte no período de 22 a 42 dias de idade, nas condições ambientes registradas.

Referências Bibliográficas

- ABPA – Associação Brasileira de Produção Animal. **Relatório Anual, 2018**. Disponível em: <http://abpa-br.com.br/storage/files/relatorio-anual-2018.pdf>. Acessado em setembro de 2018.
- ABREU, V. M. N.; ABREU, P. G. Os desafios da ambiência sobre os sistemas de aves no Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 2, p. 1-14, 2011.
- AHMADI, M., AHMADIAN, A., SEIDAVI, A. R. Effect of Different Levels of Nano-selenium on Performance, Blood Parameters, Immunity and Carcass Characteristics of Broiler Chickens. **Poultry Science Journal**, v. 6, n. 1, p. 99- 108, 2018.
- ALBA, M.; ESMAEILIPOUR, O.; MIRMAHMOUDI, R. Effects of *Withania coagulans* fruit powder and vitamin C on growth performance and some blood components in heat stressed broiler chickens. **Livestock Science**. v. 173, p. 64-68, 2015.
- ALBUQUERQUE, D. M. N. et al. Vitamin E and organic selenium for broilers from 22 to 42 days old: performance and carcass traits. **Annals of the Brazilian Academy of Sciences**, v.89, n.2, p.1259-1268, 2017.
- AZAD, M. A. et al. Metabolic characteristics and oxidative damage to skeletal muscle in broiler chickens exposed to chronic heat stress. **Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology**, v. 155, n. 3, p. 401-406, 2010.
- BOOSTANI, A. et al. Effects of organic, inorganic, and nano-Se on growth performance, antioxidant capacity, cellular and humoral immune responses in broiler chickens exposed to oxidative stress. **Livestock Science**. v. 178, p. 330-336, 2015.
- BUFFINGTON, D. E. et al. Black globe humidity index (BGHI) as comfort equation for dairy cows. **American Society of Agricultural Engineers**, v. 24, n. 3, p. 711-714, 1981.
- 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 02 outubro 2018.

- 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.
- DALIA, A. M. et al. Effects of vitamin E, inorganic selenium, bacterial organic selenium, and their combinations on immunity response in broiler chickens. **BMC Veterinary Research**, v. 14, n. 1, p. 249-259 2018.
- EGBUNIWE, I. et al. Betaine and ascorbic acid modulate indoor behavior and some performance indicators of broiler chickens in response to hot-dry season. **Journal of Thermal Biology**, v. 76, p. 38-44, 2018.
- ETO, S. F. et al. Histologia dos órgãos e tecidos linfoides de galinhas poedeiras White Leghorn. **Revista Portuguesa de Ciências Veterinárias**. v. 110, n. 593, p. 74-78, 2015.
- EUROPEAN COMMISSION. European Union Register of Feed Additives Pursuant to Regulation (EC), nº 1831, ed. 182, 2003.
- FERNANDES, J. I. M. et al. Relação vitamina E:vitamina C sobre a qualidade da carne de frangos submetidos ao estresse pré-abate. **Arquivos Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 65, n. 1, p. 294-300, 2013.
- HALLIWELL, B., CLEMENT, M. V., LONG, L. H. et al. Hydrogen peroxide in the human body. **Febs Letters**, v. 486, n. 1, p. 10-13, 2000.
- HE, X. et al. Effects of chronic heat exposure on growth performance, intestinal epithelial histology, appetite-related hormones and genes expression in broilers. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 98, n. 12, p. 4471-4478, 2018.
- LAGANÁ, C. et al. Effect of the supplementation of vitamins and organic minerals on the performance of broilers under heat stress. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v. 9, n. 1, p. 39-43. 2007.
- LESKOVEC, J. et al. Effects of supplementation with α -tocopherol, ascorbic acid, selenium, or their combination in linseed oil-enriched diets on the oxidative status in broilers. **Poultry Science**, v. 97, n. 5, p. 1641-1650, 2018.
- LIAO, X. et al. Effects of environmental temperature and dietary zinc on egg production performance, egg quality and antioxidant status and expression of heat-shock proteins in tissues of broiler breeders. **British Journal of Nutrition**, v.120, n. 01, p. 3-12, 2018.
- LIU, L. L. et al. Resveratrol induces antioxidant and heat shock protein mRNA expression in response to heat stress in black-boned chickens. **Poultry Science**, v. 93, n. 1, p. 54-62. 2014.
- 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**, v. 32, p. 5, p. 651-661, 2012.

- NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). **Nutrient Requirements of Poultry**. National Academy Press, Washington, DC. ed. 9th rev. 1994
- NIU, Z. Y. et al. Effects of different levels of selenium on growth performance and immune competence of broilers under heat stress. **Archives of Animal Nutrition**, v. 63, n. 1, p. 56-65, 2009.
- OLIVEIRA, R. F. M. et al. Efeitos da temperatura e da umidade relativa sobre o desempenho e o rendimento de cortes nobres de frangos de corte de 1 a 49 dias de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, p.797-803, 2006.
- 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**. v. 61, p. 295-302, 2014.
- RAO, S.V.R. et al. Effect of supplementing organic selenium on performance, carcass traits, oxidative parameters and immune responses in commercial broiler chickens. **Journal of Animal Science**, v.26, n.2, p.247-252, 2013.
- RAO, S. V. R. et al. Effect of Supplementing Organic Forms of Zinc, Selenium and Chromium on Performance, Anti-Oxidant and Immune Responses in Broiler Chicken Reared in Tropical Summer. **Biological Trace Element Research**, v. 172, n. 2, p. 511-520, 2016.
- ROSS-AVIAGEN. **Manual de Manejo Ross**: para o frango Ross 308 AP (AP95). 2014. 130 p.
- ROSTAGNO, H. S. et al. **Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos**: composição de alimentos e exigências nutricionais. 4^o ed, Viçosa: UFV, 2017. p. 488.
- 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.
- SAFDARI-ROSTAMABAD, et al. Nanoselenium Supplementation of Heat-Stressed Broilers: Effects on Performance, Carcass Characteristics, Blood Metabolites, Immune Response, Antioxidant Status, and Jejunal Morphology. **Biological Trace Element Research**, v. 178, n. 1, p. 105-116. 2016.
- SAKOMURA, N. K.; ROSTAGNO, H. S. **Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos**. Jaboticabal-SP: FUNEP, 2016. 262p.
- ŠEVČÍKOVÁ, S. et al. The effect of selenium source on the performance and meat quality of broiler chickens. **Czech Journal of Animal Science**, v. 51, n. 10, p. 449-457, 2006.
- SILVA, V. M. A. et al. Climatologia da precipitação no município de Teresina, PI, Brasil. In: **CONGRESSO TÉCNICO CIENTÍFICO DE ENGENHARIA E DA AGRONOMIA**, 72. Fortaleza, 2015. Anais. Fortaleza, 2015. Disponível em: <http://www.confex.org.br/media/Agronomia_climatologia_da_precipitacao_no_municipio_de_teresina_pi_brasil.pdf>. Acesso em: 20 de novembro de 2018.

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.

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**, v. 35, n. 6, p. 2350-2358, 2006.

SUN, X. et al. Effects of heat stress on the gene expression of nutrient transporters in the jejunum of broiler chickens (*Gallus gallus domesticus*). **International Journal of Biometeorology**, v. 59, n. 2, p. 127-135, 2015.

TAN, G. Y. et al. Effects of different acute high ambient temperatures on function of hepatic mitochondrial respiration, antioxidative enzymes, and oxidative injury in broiler chickens. **Poultry Science**, v. 89, p. 115-122, 2010.

THOMPSON, J. N.; SCOTT, M. L. Impaired Lipid and Vitamin E Absorption Related to Atrophy of the Pancreas in Selenium-deficient Chicks. **The Journal of Nutrition**, v. 100, n. 7, p. 797-809, 1970.

TOGASHI, C. K. **Teores de colesterol e ácidos graxos em tecidos e soro de frangos de corte submetidos a diferentes programas nutricionais**. 2004. 97f. Tese (Doutorado em Zootecnia)-Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes, RJ.

TORKI, M., ZANGENEH, S., HABIBIAN, M. Performance, Egg Quality Traits, and Serum Metabolite Concentrations of Laying Hens Affected by Dietary Supplemental Chromium Picolinate and Vitamin C Under a Heat-Stress Condition. **Biological Trace Element Research**, v. 157, n. 2, p. 120-129, 2014.

4 CAPÍTULO 2

(Ciência Agrônômica)

Vitamina C e selênio sobre variáveis fisiológicas, metabolizabilidade da dieta e composição nutricional da carcaça de frangos de corte

Vitamina C e selênio sobre variáveis fisiológicas, metabolizabilidade da dieta e composição nutricional da carcaça de frangos de corte

Resumo: Este estudo foi conduzido com o objetivo de avaliar o efeito da vitamina C e selênio sobre a metabolizabilidade dos nutrientes, balanço e eficiência de utilização do nitrogênio (experimento 1), temperatura corporal, bioquímica sanguínea, composição química e deposição de nutrientes na carcaça (experimento 2). Foram utilizados 140 frangos para o ensaio de metabolismo e 700 para determinação dos demais parâmetros. Nos dois ensaios experimentais, utilizou-se um esquema fatorial $2 \times 3 + 1$, sendo dois níveis de suplementação de vitamina C (150 e 300 mg de ácido ascórbico revestido/kg de ração), associados a três níveis de selênio (0,2; 0,4 e 0,6 mg de selênio levedura/kg de ração) além de um tratamento controle (sem suplementação de vitamina C e selênio) totalizando sete tratamentos e cinco repetições, com animais submetidos a uma condição natural de temperatura elevada. A suplementação de 300 mg de vitamina C associada a 0,6 mg de selênio por quilograma em dietas para frangos, sob condições ambientais acima da zona de termoneutralidade para a fase avaliada, propicia melhor disponibilidade de energia metabolizável aparente quando corrigida para balanço do nitrogênio, e não apresenta efeito positivo para as demais variáveis estudadas em relação ao grupo controle.

Palavras Chave: estresse térmico, antioxidante, enzimas hepáticas, deposição nutricional

Vitamin C and selenium about physiological variables, metabolizability of the diet and nutritional composition of the carcass of broilers

Abstract: This study was conducted to evaluate the effect of vitamin C and selenium on nutrient metabolizability, balance and efficiency of nitrogen utilization (experiment 1), body temperature, blood biochemistry, chemical composition and nutrient deposition in the carcass (experiment 2). In the Experiment 1, relative to metabolism test, 140 chickens were used and for Experiment 2, 700 birds were used. In the two studies, the broilers were distributed in a factorial arrangement ($2 \times 3 + 1$) with two supplementation of vitamin C levels (150 and 300 mg of ascorbic acid/kg of feed), associated with three selenium levels (0.2; 0.4 and 0.6 mg of yeast selenium/kg diet) and a control treatment (no supplemental vitamin C and selenium). It was used the total of seven treatments and five replications, with the birds submitted to a natural high temperature condition. The supplementation of 300 mg of vitamin C associated with 0.6 mg of selenium/kg under ambient conditions above the thermoneutrality, favors a better availability of apparent metabolizable energy, when corrected for nitrogen balance. For other variables studied in relation to the control group does not present positive effect.

Key words: thermal stress, antioxidant, hepatic enzymes, nutritional deposition

Introdução

O frango de corte apresenta elevados índices produtivos, com ciclo de produção cada vez mais curto, decorrente do rápido crescimento corporal associado às tecnologias adotadas nos mais diferenciados extratos de exploração da atividade avícola. No entanto, o desempenho pode ser prejudicado quando as aves são submetidas a condições de elevadas temperaturas, fora da zona de termoneutralidade, e este fator ambiental pode funcionar como indutor de estresse térmico (WAN et al., 2018), representado pela reação biológica e comportamental do organismo animal a estímulos, que perturbam seu equilíbrio fisiológico normal ou homeostase.

O estresse térmico altera o metabolismo fisiológico, provoca desordem no sistema endócrino (LARA; ROSTAGNO, 2013), prejudica a função imunológica (HOSSEINI-VASHAN; GOLIAN; YAGHOBFAR, 2015) e induz ao dano oxidativo (HABIBIAN; GHAZI; MOEINI, 2015). Assim, a busca de alternativas para melhorar os indicadores produtivos de frangos, em ambientes de elevada temperatura, vem mobilizando produtores e técnicos nas diversas regiões brasileiras, dada às condições tropicais dominantes em nosso território. Neste contexto, Liao et al. (2018) destacam que entre outras alternativas, a doção de estratégias nutricionais, como suplementação vitamínica e mineral para atender às necessidades dos frangos durante o estresse por calor, despontam como perspectiva de minimizar os efeitos deletérios provocados pelas altas temperaturas.

A vitamina C, essencial na manutenção e na eficiência da homeostase, é um potente antioxidante doador de elétrons, usado com a finalidade de reduzir os efeitos adversos do estresse térmico, como a peroxidação lipídica (PISOSCHI; POP, 2015). Em condições de homeostase, os frangos sintetizam o ácido ascórbico nos rins, sendo capaz de atender às suas exigências (MAURICE et al., 2002). Porém, essa produção se torna insuficiente para atender às demandas biológicas, em condições ambientais adversas, como as de temperatura elevada.

O selênio é um mineral essencial que desempenha papel importante no sistema antioxidante por meio das selenoproteínas, que atuam na manutenção do equilíbrio redox e defesas antioxidantes (SURAI; FISININ, 2014). O selênio se destaca na associação como parte essencial da selenoproteína glutathiona peroxidase (GSH-Px), para catalisar a redução de peróxido de hidrogênio e peróxidos lipídicos para hidróxidos menos nocivos (DALIA et al., 2018).

Diante dessas considerações, objetivou-se avaliar o efeito da suplementação de vitamina C e selênio em dietas para frangos de corte, sobre a metabolizabilidade dos nutrientes, balanço e eficiência de utilização do nitrogênio, temperatura corporal, bioquímica sanguínea, composição química e deposição de nutrientes na carcaça.

Material e métodos

Dois experimentos foram realizados, um para avaliar a metabolizabilidade dos nutrientes, balanço de nitrogênio e eficiência de utilização do nitrogênio das dietas (experimento 1), e o outro para a avaliação da temperatura corporal, bioquímica sanguínea, composição química e deposição de nutrientes na carcaça de frangos de corte (experimento 2). Os dois experimentos foram conduzidos nos galpões do setor de avicultura do Departamento de Zootecnia (DZO), do Centro de Ciências Agrárias (CCA), da Universidade Federal do Piauí (UFPI) em Teresina – Piauí. Todos os procedimentos inerentes à pesquisa realizados, foram submetidos e aprovados pelo comitê de ética no uso de animais da UFPI sob o protocolo nº 355/17.

O município de Teresina fica situado na latitude 05° 05' 21'' sul e longitude 42° 48' 07'' oeste tendo altitude de 74,4 metros, apresentando temperaturas médias anuais mínima e máxima de 22,2 e 34°C, respectivamente (SILVA et al., 2015).

Experimento 1 – Metabolizabilidade dos nutrientes da dieta

Foram utilizados 140 frangos de corte machos, da linhagem Ross 308 AP, no período de 22 a 29 dias de idade. Até 21º dia de vida, as aves foram mantidas em galpão convencional de alvenaria e piso cimentado, recebendo dieta formulada para atender às exigências nutricionais, conforme programas de alimentação recomendados por Rostagno et al. (2017). No 22º dia de idade, as aves foram pesadas e distribuídas em gaiolas metabólicas para iniciar o período de adaptação à ração e às instalações com duração de quatro dias e posteriormente, foi iniciado o período de coleta de excretas, com duração de quatro dias, totalizando oito dias de ensaio.

O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2 x 3 + 1, sendo dois níveis de vitamina C (150 e 300 mg de ácido ascórbico revestido/kg de ração), associados a três níveis de selênio (0,2, 0,4 e 0,6 mg de selênio levedura/kg de ração) e uma dieta controle (sem suplementação de vitamina C e selênio, mas com níveis basais de 0,492 mg de selênio na fase de 22 a 33, em conformidade com a composição nutricional dos ingredientes e o premix), totalizando sete tratamentos e cinco repetições. A unidade experimental foi representada por quatro aves/gaiola, totalizando 20 aves por tratamento.

Os frangos receberam dietas experimentais isoproteicas e isoenergéticas, à base de milho e farelo de soja, formuladas para atender às exigências nutricionais na fase de crescimento (22 a 33 dias de idade) (Tabela 1), conforme recomendações de Rostagno et al. (2017).

As rações foram fornecidas à vontade e pesadas no início e no final do período de coleta, para quantificação do consumo por unidade experimental. Em cada tratamento foi adicionado o marcador óxido férrico às primeiras refeições do primeiro e último dia de coleta. Assim, a

definição do início e final do período de coleta foi com base no aparecimento da excreta marcada, de forma que, as excretas não marcadas na primeira coleta, e as marcadas na última coleta, foram desprezadas.

Durante o período experimental, as aves receberam água limpa à vontade, trocada duas vezes ao dia para evitar aquecimento e a fermentação de matéria orgânica. O monitoramento da temperatura ambiental foi realizado por meio de termohigrômetros. O registro da temperatura foi realizado diariamente, às 8 e 16 horas. O programa de luz adotado foi o contínuo (24 horas de luz natural + artificial), utilizando-se lâmpadas fluorescentes.

Foi utilizada a técnica de coleta total de excretas em cada gaiola, realizadas duas vezes ao dia, em intervalos de 12 horas, evitando fermentação e perda de nutrientes. Após coletadas, as excretas foram acondicionadas em sacos plásticos, identificadas, pesadas e armazenadas em freezer, para realização das análises laboratoriais.

Ao final do período de coleta, toda a excreta proveniente da mesma unidade experimental foi descongelada a temperatura ambiente e misturada uniformemente para a retirada de uma amostra. Após pré-secagem, em estufa de circulação forçada de ar, por 72 horas a $60 \pm 5^\circ\text{C}$, as excretas foram moídas, em moinho tipo facas e, assim como as dietas testes. As amostras foram analisadas quanto aos teores de matéria seca, nitrogênio total e energia bruta e matéria mineral de acordo com os procedimentos de Silva e Queiroz, (2002).

A partir dos dados de consumo de ração, produção de excretas e das análises laboratoriais das dietas e excretas, foram calculados os coeficientes de metabolizabilidade: a) da matéria seca (CMMS), b) da proteína bruta (CMPB), c) da energia bruta; d) balanço de nitrogênio (BN); e) eficiência de utilização do nitrogênio (EUN) e f) energia metabolizável aparente corrigida para o balanço de nitrogênio (EMAn). Para o cálculo do coeficiente de metabolizabilidade, foi utilizada a seguinte equação proposta por Matterson et al. (1965).

$$\text{CM} = [(\text{nutriente ingerido} - \text{nutriente excretado}) \times 100] / \text{nutriente ingerido};$$

$$\text{BN} = \text{N ingerido} - \text{N excretado};$$

$$\text{EUN} = [(\text{N ingerido} - \text{N excretado}) \times 100] / \text{N ingerido};$$

$$\text{EMAn} = [\text{EB ingerida} - (\text{EB excretada} + 8,22 \times \text{BN})] / \text{MS ingerida}.$$

Experimento 2 – Temperatura corporal, bioquímica sérica, composição química e deposição de nutrientes na carcaça de frangos de corte

No período pré-experimental de 1 a 21 dias de idade, os animais foram criados em galpão convencional, consumindo ração formulada para atender às exigências nutricionais, de acordo com cada fase da criação, segundo Rostagno et al. (2017). Foram selecionados 700 pintos machos da linhagem Ross 308 AP, com 22 dias de idade, com peso médio inicial de 879 ± 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), associados a três níveis de selênio (0,2, 0,4 e 0,6 mg de selênio levedura/kg de ração) e uma dieta controle (sem suplementação de vitamina C e selênio, mas com níveis basais de 0,492 e 0,472 mg de selênio na fases de 22 a 33 e 34 a 42 dias de idade, respectivamente, em conformidade com a composição nutricional dos ingredientes e o premix) totalizando sete tratamentos e cinco repetições.

A unidade experimental foi representada por 20 aves/boxe, utilizando-se 35 boxes, com área de $2,7 \text{ m}^2$ providos de comedouros tubulares e bebedouros automáticos pendulares, localizados em galpão de alvenaria coberto de telhas de cerâmica e piso cimentado.

Os frangos receberam duas dietas experimentais, uma na fase de crescimento de 22 a 33 dias (Tabela 1) e outra na fase final de 34 a 42 dias (Tabela 2), para atender às exigências nutricionais das aves conforme as recomendações de Rostagno et al. (2017). Os animais tiveram livre acesso à água e às rações durante todo período experimental.

As informações sobre temperatura e umidade relativa do ar foram aferidas duas vezes ao dia, às 8 às 16 horas, por meio de termohigrômetros de máxima e mínima, bulbo seco e bulbo úmido e de globo negro, posicionados no centro do galpão, à altura do dorso das aves. As temperaturas foram, posteriormente, convertidas em Índice de Temperatura de Globo e Umidade (ITGU), conforme proposto por Buffington et al. (1981).

No início da fase experimental (22º dia de idade), foram selecionados dez frangos com peso médio do lote, que foram abatidos, depenados, eviscerados, pesados e armazenados em freezer a (-5°C), para posterior avaliação da composição bromatológica inicial das carcaças, cujos dados foram utilizados na determinação das taxas de deposição de nutrientes na carcaça.

Tabela 10. 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 Selênio (mg/kg)						
	0/0	150/0,2	150/0,4	150/0,6	300/0,2	300/0,4	300/0,6
Milho (7,86% PB)	57,348	57,297	57,277	57,257	57,265	57,244	57,224
Farelo de soja (46% PB)	34,491	34,500	34,503	34,507	34,505	34,509	34,512
Óleo vegetal	4,467	4,484	4,491	4,498	4,495	4,502	4,509
Fosfato bicálcico	1,444	1,444	1,444	1,444	1,444	1,444	1,444
Calcário calcítico	0,722	0,721	0,721	0,721	0,721	0,721	0,721
Sal comum (NaCl)	0,492	0,492	0,492	0,492	0,492	0,492	0,492
L-Lisina-HCl (79%)	0,036	0,036	0,036	0,036	0,036	0,036	0,036
DL-Metionina (98%)	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
¹ Premix	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
² Selênio	0,000	0,010	0,020	0,030	0,010	0,020	0,030
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)	3.150	3.150	3.150	3.150	3.150	3.150	3.150
Lisina digestível (%)	1,124	1,124	1,124	1,124	1,124	1,124	1,124
Metionina digestível (%)	0,548	0,548	0,548	0,548	0,548	0,548	0,548
Metionina + cistina digestível (%)	0,832	0,832	0,832	0,832	0,832	0,832	0,832
Treonina digestível (%)	0,708	0,708	0,708	0,708	0,708	0,708	0,708
Triptofano digestível (%)	0,238	0,238	0,238	0,238	0,238	0,238	0,238
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
Selênio (mg/kg)	0,492	0,692	0,892	1,092	0,692	0,892	1,092
Vitamina C (mg/kg)	0,000	150,000	150,000	150,000	300,000	300,000	300,000

¹Níveis de garantia por kg do produto: ferro 4.000,00 mg; cobre 1.000,00 mg; manganês 7.000,00 mg; zinco 6.000,00 mg; iodo 100,00 mg; selênio 30,00 mg; vitamina A 700.000,00 UI; vitamina D3 160.000,00 UI; vitamina E 1.400,00 UI; vitamina K3 180,00 mg; vitamina B1 150,40 mg; vitamina B2 500,00 mg; niacina 3.000,00 mg; ácido pantotênico 1.160,00 mg; vitamina B6 240,00 mg; ácido fólico 80,00 mg; biotina 4,00 mg; vitamina B12 1.000,00 mcg; colina 37,00 g; lisina 90,00 g; metionina 265,00 g; salinomicina 6.600,00; enramicina 1.000,00 mg; ²Níveis de garantia: Selênio levedura (mín.): 2.000,00 mg/kg; ³Níveis de garantia: vitamina C revestida – ácido ascórbico 97,68%.

Tabela 11. 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 Selênio (mg/kg)						
	0/0	150/0,2	150/0,4	150/0,6	300/0,2	300/0,4	300/0,6
Milho (7,86% PB)	64,334	64,283	64,263	64,242	64,250	64,230	64,210
Farelo de soja (46% PB)	28,909	28,918	28,921	28,925	28,923	28,927	28,930
Óleo vegetal	3,859	3,876	3,883	3,890	3,887	3,894	3,900
Fosfato bicálcico	1,063	1,063	1,063	1,063	1,063	1,063	1,063
Calcário calcítico	0,688	0,688	0,688	0,688	0,688	0,688	0,688
Sal comum (NaCl)	0,465	0,465	0,465	0,465	0,465	0,465	0,465
L-Lisina-HCl (79%)	0,064	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063
DL-Metionina (98%)	0,018	0,018	0,018	0,018	0,018	0,018	0,018
¹ Premix	0,600	0,600	0,600	0,600	0,600	0,600	0,600
² Selênio	0,000	0,010	0,020	0,030	0,010	0,020	0,030
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 (%)	18,570	18,570	18,570	18,570	18,570	18,570	18,570
EM (kcal/kg)	3,200	3,200	3,200	3,200	3,200	3,200	3,200
Lisina digestível (%)	1,014	1,014	1,014	1,014	1,014	1,014	1,014
Metionina digestível (%)	0,489	0,489	0,489	0,489	0,489	0,489	0,489
Metionina + cistina digestível (%)	0,750	0,750	0,750	0,750	0,750	0,750	0,750
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
Selênio (mg/kg)	0,472	0,672	0,872	1,072	0,672	0,872	1,072
Vitamina C (mg/kg)	0,000	150,000	150,000	150,000	300,000	300,000	300,000

¹Níveis de garantia por kg do produto: ferro 5.000,00 mg; cobre 1.666,00 mg; manganês 11 g; zinco 10,00 g; 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: Selênio levedura (mín.): 2.000,00 mg/kg; ³Níveis de garantia: vitamina C revestida – ácido ascórbico 97,68%.

Também, no primeiro dia do experimento, duas aves de cada boxe foram escolhidas aleatoriamente para aferição das temperaturas da asa, cabeça, canela e dorso, por meio de um termômetro digital infravermelho e cloacal por meio de um termômetro clínico digital. A temperatura superficial e cloacal foram aferidas duas vezes por semana às 14h, totalizando seis coletas durante período experimental. Após a obtenção desses dados, calculou-se a temperatura superficial média [TSM = (0,12Tasa) + (0,03Tcabeça) + (0,15Tcanela) + (0,70Tdorso)] e temperatura corporal média [TCM = (0,3TSM) + (0,7Tcloacal)] (BUENO, et al., 2014).

No 42º dia, os frangos foram pesados, sendo selecionada uma ave de cada unidade experimental, totalizando 35 aves, com peso corporal próximo ao da média da parcela ($\pm 10\%$).

Essas aves foram submetidas a jejum alimentar de 12 horas e abatidas, conforme procedimento de abate preconizado pelo Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal – RIISPOA (BRASIL, 2017).

As carcaças evisceradas (com pés, cabeça e pescoço) foram acondicionadas em sacos plásticos, devidamente identificados, e armazenadas em freezer (-5°C), até a realização das análises bromatológicas. Durante o preparo das amostras, as carcaças dos frangos de 22 e 42 dias de idade foram descongeladas, cortadas em pedaços, processadas em moinho de carne industrial para obtenção de um material homogêneo e pré-secas por processo de liofilização.

Depois de liofilizadas, as amostras foram trituradas e analisadas quanto à composição química da matéria seca, nitrogênio total, matéria mineral e energia bruta, conforme procedimentos metodológicos propostos por Silva e Queiroz (2002). O teor de vitamina C nas carcaças foi determinado pelo método de Tillmans (ODAIR ZENEBO; TIGLEA, 2005).

Os dados de composição química e de deposição foram expressos na matéria seca a 105°C. A deposição de nutrientes na carcaça foi calculada pela diferença do peso e composição química, no 42º e 22º dia de idade, de acordo com a seguinte equação:

$$\text{Deposição de nutrientes} = (\text{PF} \times \% \text{NF}) - (\text{PI} \times \% \text{NI}) / (\text{PF} - \text{PI})$$

PF: Peso final

PI: Peso inicial

% NF: porcentagem do nutriente final

% NI : porcentagem do nutriente inicial

Na avaliação do perfil bioquímico sérico, duas aves de cada repetição, totalizando dez aves por tratamento, foram selecionadas para coleta de sangue no 42º dia de experimento. Por punção na veia jugular, 3 mL de sangue foram coletados e acondicionados em tubo a vácuo sem anticoagulante. Os tubos foram mantidos em repouso por, aproximadamente, quatro horas para a retração do coágulo, e, em seguida foram centrifugados para obtenção do soro, que foi congelado a - 20°C. Posteriormente, as alíquotas de soro foram descongeladas à temperatura ambiente para realização das seguintes análises bioquímicas: aspartato transaminase (AST), alanina transaminase (ALT), proteína total, albumina, glicose e ácido úrico, utilizando-se kits comerciais da Labtest®, conforme protocolo do fabricante, em analisador bioquímico semiautomático. O conteúdo de globulinas no sangue foi obtido pela diferença entre os níveis de proteínas totais e de albumina.

Para os dois ensaios foram calculados a média e o desvio padrão das variáveis ambientais. Os demais parâmetros foram submetidos à avaliação de homogeneidade e normalidade, sendo os outliers identificados removidos. Posteriormente, os dados foram submetidos à análise da variância, e quando significativos, os níveis de suplementação de vitamina C foram comparados pelos testes de Tukey, e para os níveis de selênio usou-se a análise de regressão polinomial. No

confronto de cada tratamento com a dieta controle, aplicou-se o teste de Dunnett, segundo os procedimentos estatísticos do PROC GLM do software Statistical Analysis System. Considerou-se o $\alpha = 0,05$.

Resultados e Discussão

Os valores médios das temperaturas máxima, mínima mantiveram-se acima da zona de conforto nos dois ensaios experimentais, já a umidade relativa do ar estava fora da zona termoneutra somente no experimento 2, de acordo com Abreu e Abreu (2011) (Tabela 3). O ITGU (experimento 2), índice bioclimático, que melhor representa o conforto ou desconforto dos animais em um determinado ambiente (NASCIMENTO et al., 2013), apresentou valores acima de 77, e segundo Oliveira et al. (2006) proporciona desconforto térmico aos frangos de corte nas fases avaliadas.

Tabela 12. Condições ambientais observadas durante o período experimental¹

Experimento 1				
Dias de vida	Temperatura (°C)		Umidade Relativa (%)	
	Mínima	Máxima		
22 - 28	23,86 ± 0,90	32,84 ± 3,11	66,30 ± 13,28	
Experimento 2				
Dias de vida	Temperatura		Umidade Relativa (%)	ITGU
	Mínima	Máxima		
22 - 28	23,83 ± 1,16	32,60 ± 1,25	73,96 ± 5,96	79,45 ± 3,23
29 - 35	24,69 ± 0,69	32,37 ± 1,16	74,64 ± 6,52	78,81 ± 3,23
36 - 42	24,78 ± 0,75	32,38 ± 1,43	71,43 ± 10,76	78,93 ± 3,75
Média	24,43 ± 0,87	32,45 ± 1,28	73,34 ± 7,75	79,06 ± 3,40

¹Valores médios. ITGU - Índice de Temperatura de Globo e Umidade.

Em ambientes considerados termoneutro, o intestino dos frangos de corte tem a capacidade de digerir e absorver de forma eficiente os nutrientes via receptores específicos. No entanto, o estresse térmico por calor influencia negativamente o consumo de nutrientes e metabolismo, reduzindo a concentração de micronutrientes tais como vitaminas A, E e C, e Se (RENAUDEAU et al., 2011), também prejudica a integridade da parede intestinal e provoca distúrbios do sistema imunológico. Todos esses fatores causam baixo desempenho, maior suscetibilidade a doenças e maior mortalidade em frangos (VARASTEH et al., 2015).

De acordo com Sahin et al. (2009), frangos de corte submetidos a estresse por calor apresentam aumento na excreção mineral e redução nas concentrações de vitaminas antioxidantes (Vitaminas E, C e A) e minerais (por exemplo, Se, Zn e Cr) no soro e fígado de aves.

Com relação à metabolizabilidade, não foi observada interação entre os níveis de vitamina C e selênio para os coeficientes de metabolizabilidade da matéria seca (MS) e proteína bruta (PB) ($P>0,05$), com exceção para o coeficiente da energia bruta (EB) ($P<0,05$) (Tabela 4). Os níveis de vitamina C e de selênio, de forma isolada, não influenciaram os coeficientes de metabolizabilidade da matéria seca e da proteína bruta ($P>0,05$). No confronto do tratamento controle com os demais, não se observou diferença ($P>0,05$). Na decomposição da interação, observa-se que no nível de 0,6 mg de selênio/kg da dieta, associado ao nível de 300 mg de vitamina C ($P<0,05$), proporcionou maior valor para o coeficiente de metabolizabilidade da energia, enquanto nos níveis 0,2 e 0,4 mg de selênio/kg de ração, não houve diferença nos entre os dois níveis de vitamina C ($P>0,05$). Para essa mesma variável, verificou-se efeito quadrático dos níveis de selênio associados a 300 mg de vitamina C/kg da dieta, representado pela equação $Y = 43,75x^2 - 29,9x + 76,44$ ($R^2 = 1$), com menor eficiência metabólica observada no nível 0,34 mg de selênio. No confronto do tratamento controle com os demais tratamentos testados para estes parâmetros, não foi observado diferença significativa ($P>0,05$).

Tabela 13. Coeficiente de metabolizabilidade da matéria seca, proteína bruta, energia bruta, de dietas, suplementadas com vitamina C e selênio, para frangos de corte de 22 a 42 dias

Controle	Vit C mg/kg	Selênio (mg/kg)			Média ¹	CV (%)	Valor P ²	
		0,2	0,4	0,6			L	Q
Coeficiente de metabolizabilidade da matéria seca (%)								
69,85	150	69,97	69,49	69,25	69,57 ^a	1,46	0,7195	0,8689
	300	69,31	69,76	69,70	69,59 ^a			
	Média	69,64	69,62	69,47				
Coeficiente de metabolizabilidade da proteína bruta (%)								
65,24	150	66,24	64,17	63,80	64,74 ^a	2,11	0,1049	0,6591
	300	63,77	65,28	64,13	64,39 ^a			
	Média	65,00	64,72	63,97				
Coeficiente de metabolizabilidade da energia bruta (%)								
72,85	150	73,20 ^a	71,90 ^a	72,09 ^b	72,40	1,60	0,1419	0,2437
	300	72,21 ^a	71,48 ^a	74,25 ^a	72,65			
	Média	72,70	71,69	73,17				

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

A necessidade de se manter o conforto térmico dos frangos de corte tem como objetivo, assegurar que a menor fração da energia dos alimentos seja utilizada na manutenção da temperatura corporal, e que a produção corporal seja beneficiada com a maior parte (DALÓLIO et al., 2015). No entanto, a média das temperaturas registradas (experimento 1), demonstram que os animais estavam submetidos a uma temperatura acima da zona de termoneutralidade, o que

pode ter influenciado em maior produção de radicais livres, conduzindo a estresse oxidativo e redução na quantidade da energia para produção (EL-TARABANY, 2015).

Assim, considerando que a vitamina C por apresentar função antioxidante (TORKI; ZANGENEH; HABIBIAN, 2014), favorece a manutenção do epitélio da mucosa intestinal e da parede dos vasos (ATTIA et al., 2016) e promove a diminuição da degradação tissular (FERNANDES et al., 2013), agindo em associação com o selênio, que também possui características antioxidantes no organismo (KHOSO, 2016). Neste cenário, esperava-se que a suplementação das dietas com estes nutrientes apresentasse melhor aproveitamento nos coeficientes da metabolizabilidade da matéria seca, proteína bruta e energia bruta, em relação ao grupo controle. Porém, no presente trabalho não se observou diferença do tratamento controle com os demais para os coeficientes de metabolizabilidade da matéria seca, proteína e energia.

O efeito negativo da alta temperatura é bem retratado por Souza et al. (2016), que ao avaliarem os coeficientes de digestibilidade da matéria seca, proteína bruta e energia bruta no período de 39 a 42 dias de idade para frangos de corte em diferentes condições ambientais (22° e 32° C), observaram melhores coeficientes para as variáveis avaliadas nos animais submetidos a temperatura de 22° C.

Ao suplementar 200 mg de ácido ascórbico/kg da dieta para aves de postura submetidas a estresse por calor, Attia et al. (2016) encontraram melhor digestibilidade da proteína bruta e valores equivalentes para digestibilidade da matéria seca em comparação ao grupo controle, comprovando, assim, a eficiência da vitamina C na digestibilidade da proteína bruta em ambientes de alta temperatura, o que implica no melhor aproveitamento dos aminoácidos (ABU-DIEYEH, 2006). No entanto, estes resultados não foram corroborados no presente estudo.

Verificou-se que não houve interação ($P>0,05$) entre os níveis de vitamina C e selênio testados, para o balanço de nitrogênio (BN), porém esse efeito foi evidenciado ($P<0,05$) para eficiência de utilização de nitrogênio (EUN) e para energia metabolizável aparente corrigida para o balanço de nitrogênio (EMAn) ($P<0,05$) (Tabela 5).

Com relação ao balanço de nitrogênio, não houve influência dos níveis de vitamina C nem dos de selênio ($P>0,05$). E no confronto do tratamento controle com os demais não foi observado diferença para balanço de nitrogênio e eficiência de utilização do nitrogênio ($P>0,05$).

Tabela 14. Balanço de nitrogênio (BN), eficiência de utilização do nitrogênio (EUN) e energia metabolizável aparente corrigida pelo balanço de nitrogênio (EMAn) de dietas suplementadas com vitamina C e selênio para frangos de corte na fase final

Controle	Vit C mg/kg	Selênio (mg/kg)			Média ¹	CV (%)	Valor P ²	
		0,2	0,4	0,6			L	Q
Balançaço de nitrogênio (g/dia)								
2,09	150	2,14	2,08	2,09	2,10 ^a	5,19	0,5226	0,9634
	300	2,03	2,07	2,02	2,04 ^a			
	Média	2,09	2,07	2,05				
Eficiência de utilização do nitrogênio (%)								
63,15	150	64,10 ^a	61,99 ^a	61,44 ^a	62,51	2,47	0,0091	0,3143
	300	61,51 ^a	63,12 ^a	61,93 ^a	62,19			
	Média	62,81	62,55	61,68				
EMAn (kcal/kg)								
3126,21	150	3149,82 ^a	2984,55 ^{a*}	3079,65 ^b	3071,34	1,63	0,0387	0,0003
	300	3134,43 ^a	2910,27 ^{a*}	3366,80 ^{a*}	3137,17			
	Média	3142,12	2947,41	3223,23				

¹ Médias seguidas de asterisco diferem do tratamento controle pelo teste de Dunnett (P<0,05). ²Médias seguidas de mesma letra minúscula, na coluna, para uma mesma variável, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P>0,05). ³L, Q: efeitos de ordem linear e quadrática, respectivamente, relativos à inclusão de selênio na dieta.

Em relação a EUN, foi observado efeito linear (P<0,05) para os níveis de selênio associado a 150 mg de vitamina C/kg da dieta, de acordo com a equação $y = 65,17 - 6,65x$ ($R^2 = 0,89$), de forma que, à medida que os níveis de selênio foram aumentando, houve redução da EUN. Por outro lado, no nível de 300 mg de vitamina C/kg de ração, não houve efeito dos níveis de selênio (P>0,05), e em cada nível de selênio, não houve diferença entre os níveis da vitamina C (P>0,05).

Para Temim et al. (1999), a exposição do frango a temperaturas elevadas, afeta negativamente o metabolismo proteico, diminuindo o consumo de nitrogênio, comprometendo sua eficiência. No entanto, estratégias envolvendo suplementação dietética com ácido ascórbico e selênio, podem amenizar esses efeitos negativos.

Para a variável de EMAn, foi observado que no nível de 0,6 mg de selênio/kg da dieta, o maior valor ocorreu quando associada a 300 mg em comparação ao nível de 150 mg de vitamina C (<0,05). Porém, nos níveis 0,2 e 0,4 mg de selênio, não houve efeito da vitamina C (P>0,05). Também, verificou-se efeito quadrático (P<0,05) dos níveis de selênio associados a 150 e 300 mg de vitamina C/kg da dieta, representados, respectivamente, pelas equações $Y=3254,6x^2 - 2779,1x + 3575,5$ ($R^2 = 1$), com menor valor observado no nível 0,42 mg de selênio e $Y = 8508,6x^2 - 6226x + 4039,3$ ($R^2 = 1$), com menor nível energético observado com 0,36 mg de selênio.

No confronto do tratamento controle com os demais tratamentos testes, o valor da EMAn da dieta controle apresentou maior valor em comparação a suplementação de 150 e 300 mg de vitamina C/kg da dieta associado a 0,4 mg de selênio, e menor valor, quando comparado ao maior nível de associação dos nutrientes testes. Assim, possivelmente, essa maior associação pode ter

contribuído para melhor fornecimento de energia ao desenvolvimento corporal nos momentos em que estes animais foram submetidos a temperaturas fora da zona de conforto térmico.

Com relação à temperatura corporal, não se constatou interação entre os níveis dos nutrientes testados ($P>0,05$) para temperatura superficial média (TSM), temperatura cloacal (TC) e temperatura corporal média (TCM) (Tabela 6). Adicionalmente, não se observou diferença entre o tratamento controle e os tratamentos testes ($P>0,05$) para as variáveis da temperatura corporal, nem influência isolada dos níveis de vitamina C e de selênio para os parâmetros avaliados ($P>0,05$).

De acordo com os dados registrados de temperatura, umidade relativa do ar e ITGU, durante o período experimental, pode-se perceber que os animais estavam submetidos a condições ambientais desfavoráveis ao seu bem-estar (ABREU; ABREU, 2011), em que provavelmente, ocorreu desbalanceamento entre a perda e a produção de calor, pois gradientes desfavoráveis de temperatura e umidade relativa do ar reduzem a possibilidade de perda de calor por meio de mecanismo sensíveis e evaporativos (WIDOWSKI, 2010). No entanto, não foi observado diferença entre o tratamento controle e os tratamentos testes, indicando que possivelmente, os níveis de vitamina C sintetizados pelos frangos nas condições ambientais registrada e o teor de selênio apresentado na dieta controle contribuem para amenizar os efeitos deletérios do estresse por calor.

Tabela 15. 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 selênio

Controle	Vit C mg/kg	Selênio (mg/kg)			Média ¹	CV (%)	Valor P ²	
		0,2	0,4	0,6			L	Q
TSM (C°)								
30,36	150	30,51	30,36	30,36	30,41 ^a	0,57	0,2906	0,5916
	300	30,38	30,51	30,36	30,42 ^a			
	Média	30,44	30,44	30,36				
TC (C°)								
41,79	150	41,99	41,80	41,79	41,86 ^a	0,57	0,3122	0,5354
	300	41,80	42,00	41,78	41,86 ^a			
	Média	41,89	41,90	41,78				
TCM (C°)								
38,36	150	38,54	38,37	38,36	38,42 ^a	0,57	0,3066	0,5492
	300	38,37	38,55	38,35	38,43 ^a			
	Média	38,46	38,46	38,35				

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

Na avaliação da bioquímica sérica das aves, aos 42 dias de idade (Tabela 7), não se observou interação entre os níveis de vitamina C e os de selênio para os parâmetros avaliados ($P>0,05$). Adicionalmente, não se constatou diferença entre o tratamento controle e os tratamentos testes ($P>0,05$) para as todas as variáveis. Também, os níveis isolados de vitamina C e os de selênio não influenciaram os valores dos parâmetros bioquímicos séricos avaliados ($P>0,05$).

As variações nos níveis bioquímicos séricos, de acordo com Barbosa et al. (2011), estão intrinsecamente relacionadas a fatores climáticos, e segundo Vila (2013), a concentração de alguns elementos no sangue reflete a capacidade do animal manter a homeostasia de alguns processos fisiológicos e que a alteração nos índices de alguns desses elementos pode ser um bom indicador de enfermidade. Neste contexto, os parâmetros bioquímicos séricos do presente estudo não foram alterados em decorrência dos níveis de nutrientes testados.

A enzima AST tem distribuição ampla nas aves, estando presente em elevada concentração em tecidos, coração, fígado, rim e cérebro. Ressalte-se que as altas concentrações da enzima ALT ocorrem no rim, no coração, musculatura esquelética, fígado e pulmão (BENEZ, 2004), existindo grande variação de distribuição dessas enzimas entre as espécies aviárias. Os níveis plasmáticos de AST, encontrados neste trabalho apresentam valores acima dos demonstrados por Borsa et al. (2006) e corroboram com os obtidos por Bueno et al. (2017).

Tabela 16. Bioquímica sérica de frangos de corte, aos 42 dias de idade, alimentados com dietas suplementadas com vitamina C e selênio

Parâmetros	Controle	Vit C mg/kg	Selênio (mg/kg)			Média ¹	CV (%)	Valor P ²	
			0,2	0,4	0,6			L	Q
AST (UI/L)	343,66	150	267,17	311,07	288,47	288,90 ^a	19,42	0,6946	0,9311
		300	313,67	283,92	312,87	303,49 ^a			
Média			290,42	297,50	300,67				
ALT (UI/L)	17,80	150	15,69	17,33	16,11	16,37 ^a	13,04	0,7990	0,8049
		300	17,13	16,16	17,21	16,83 ^a			
Média			16,41	16,74	16,66				
PT (g/dL)	4,41	150	3,69	3,44	3,88	3,67 ^a	13,46	0,2961	0,1004
		300	3,93	3,74	4,23	3,97 ^a			
Média			3,81	3,59	4,06				
Alb (g/dL)	2,04	150	1,91	1,81	1,90	1,87 ^a	8,80	0,8944	0,3250
		300	1,92	1,88	1,91	1,90 ^a			
Média			1,91	1,84	1,90				
Glob (g/dL)	2,37	150	1,78	1,63	1,98	1,80 ^a	22,95	0,2104	0,1210
		300	2,01	1,86	2,32	2,06 ^a			
Média			1,89	1,74	2,15				
Gli (mg/dL)	167,96	150	163,08	157,31	164,23	161,54 ^a	4,03	0,3955	0,0511
		300	163,62	156,49	157,45	159,18 ^a			
Média			163,35	156,90	160,84				

AU	6,51	150	5,94	5,13	4,22	5,09 ^a	29,79	0,8976	0,5270
(mg/dL)		300	4,77	4,72	6,31	5,26 ^a			
Média			5,35	4,92	5,26				

¹Médias seguidas de mesma letra minúscula, na coluna, para uma mesma variável, não diferem entre si pelo teste de SNK ($P > 0,05$). ²L, Q: efeito de ordem linear e quadrática, respectivamente, relativos à inclusão de Selênio na dieta. Legenda: AST- aspartato transaminase; ALT- alanina transaminase; PT- proteína total; Alb- albumina; Glob- globulina; Gli- glicose; AU –ácido úrico.

As proteínas plasmáticas são tidas como importantes componentes complementares no diagnóstico de doenças gastrintestinais, hepáticas, renais e infecciosas. Neste estudo, as concentrações das proteínas totais e albumina da dieta controle e dos tratamentos, apresentaram níveis dentro do padrão normal para aves de acordo com Thrall; Baker; Campbell (2007), variando de 2,5 a 4,5 g/dL e 0,8 a 2,0 g/dL, respectivamente. Já, os padrões de normalidade níveis séricos de globulina podem variar de 0,5 a 1,8 g/dL (THRALL; BAKER; CAMPBELL, 2007).

Mesmo que os dados apresentados pelas pesquisas utilizem animais da mesma espécie, sexo e faixa etária, as divergências observadas são justificadas por Ravel (1997), ao destacar que diferentes técnicas disponíveis para o fracionamento das proteínas séricas, provavelmente, não fornecem valores iguais para todas as frações proteicas ou proteínas individuais.

Os níveis de glicose para uma ave sadia de acordo com Swenson e O’Reece (1996) pode varia entre 130 a 270 mg/dL, enquanto para Schmidt et al. (2007), estes valores podem variar entre 200 a 500 mg/dL, e para González e Silva (2006), a concentração de glicose no soro pode se elevar, em condições de estresse. Então, considerando os níveis de glicose encontrados nos animais experimentais, os valores estão dentro da normalidade, considerando o intervalo de 130 a 270 mg/dL. Já o ácido úrico é o principal catabólito do metabolismo proteico em aves, em que 90% são secretados em frangos saudios, e os valores normais encontram-se na faixa de 2-15mg/dL (BENEZ, 2004).

No Brasil, há escassez de dados sobre os níveis de referência para valores hematológicos e parâmetros bioquímicos em frangos de corte, por isso, é importante estabelecer um perfil para esses animais em diversas situações experimentais (BUENO, et al., 2017). Os parâmetros de bioquímica sérica nesta pesquisa sugerem que, por mais que os animais estivessem submetidos a estresse térmico por calor, possivelmente, não foi suficiente para desencadear estresse oxidativo e alterar significativamente a bioquímica sérica destes animais.

Em relação à composição química da carcaça, não foi constatada interação entre os níveis dos nutrientes testados ($P > 0,05$) para as variáveis: matéria seca (MS), proteína bruta (PB), energia bruta (EB) e vitamina C (VC) da carcaça de frangos aos 42 dias de idade (Tabela 8). Porém, constatou-se interação para a matéria mineral (MM) ($P < 0,05$).

Os níveis de inclusão do selênio na dieta, de modo independente, afetaram de forma quadrática a proporção da PB na carcaça dos frangos, representada pela equação $Y = 71,25x^2 - 53,3x + 64,05$ ($R^2 = 1$), com menor valor do percentual de proteína bruta obtido no nível 0,37 mg de selênio/kg. Por outro lado, não foi observada diferença entre o tratamento controle e os tratamentos testes ($P > 0,05$) para as variáveis de composição da carcaça. Também, observou-se que os níveis de vitamina C e os de selênio da dieta, de forma isolada, não influenciaram os percentuais de matéria seca, de energia bruta e de vitamina C na carcaça dos frangos de corte aos 42 dias de idade ($P > 0,05$).

Na decomposição da interação para proporção de matéria mineral na carcaça, foi observado que o nível 0,2 e 0,4 mg de selênio/kg da dieta, o maior valor para MM ocorreu, quando associado a 300 mg em comparação ao nível de 150 mg de vitamina C, enquanto no nível 0,6 mg de selênio, não houve diferença nos níveis de vitamina C associados ($P > 0,05$). Para essa mesma variável, foi observado efeito linear ($P < 0,05$) para os níveis de selênio associado a 150 mg de vitamina C/kg da dieta, de acordo com a equação $y = 3,25x + 6,4933$ ($R^2 = 0,91$), de forma que, à medida que os níveis de selênio foram aumentando, houve aumento da proporção da MM na composição da carcaça. Entretanto, no nível de 300 mg de vitamina C, observou-se que não houve efeito para a proporção da matéria mineral na carcaça ($P > 0,05$).

Tabela 17. Composição química e energia da carcaça de frangos aos 42 dias de idade, alimentados com dietas suplementadas com vitamina C e selênio

Controle	Vit C mg/kg	Selênio (mg/kg)			Média ¹	CV (%)	Valor P ²				
		0,2	0,4	0,6			L	Q			
Matéria Seca (%)											
32,14	150	33,68	31,75	31,36	32,26 ^a	7,47	0,6000	0,520 3			
	300	30,42	32,99	31,61	31,68 ^a						
	Média	32,05	32,37	31,48							
Proteína Bruta (%)											
56,45	150	56,11	53,72	57,03	55,62 ^a	5,74	0,3141	0,032 1			
	300	56,37	54,55	58,42	56,45 ^a						
	Média	56,24	54,13	57,72							
Energia Bruta (Kcal/kg)											
6117,38	150	6107,05	6302,58	6209,86	6206,49 ^a	3,60	0,7564	0,397 5			
	300	6267,46	6263,05	6227,73	6252,75 ^a						
	Média	6187,30	6282,60	6218,8							
Matéria mineral (%)											
7,76	150	7,26 ^b	7,56 ^b	8,56 ^a	7,79	11,0	0,0435	0,493 6			
	300	8,49 ^a	8,55 ^a	7,57 ^a	8,21				6	0,1104	0,280 2
	Média	7,88	8,06	8,07							

		Vitamina C (%)						
0,28	150	0,29	0,26	0,29	0,28 ^a	24,8	0,8533	0,349
	300	0,24	0,23	0,25	0,24 ^a	7		
Média		0,26	0,24	0,27				

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

Quanto à deposição dos nutrientes na carcaça de frangos aos 42 dias de idade (Tabela 9), verificou-se que não houve interação entre os níveis de vitamina C e os de selênio ($P>0,05$) para os parâmetros: Água, MM, EB e VC, em contrapartida, para proteína bruta foi evidenciado efeito ($P<0,05$). No confronto da dieta controle com os tratamentos testes, não foi observado diferença ($P>0,05$) para as variáveis de deposição dos nutrientes na carcaça.

Na decomposição da interação, foi observado que o nível 0,2 mg de selênio/kg da dieta, o maior valor para PB foi observado, quando associado a 300 mg em comparação ao nível de 150 mg de vitamina C. Para essa mesma variável, constatou-se efeito linear ($P<0,05$) para os níveis de selênio associado a 300 mg de vitamina C/kg da dieta, de acordo com a equação $y = -18,3x + 61,59$ ($R^2 = 0,97$), de forma que, à medida que os níveis de selênio foram elevados, houve redução na deposição da PB na carcaça.

Tabela 18. Deposição de nutrientes na carcaça de frangos de corte, aos 42 dias de idade, alimentados com dietas suplementadas com vitamina C e selênio

Frangos de corte aos 42 dias de idade								
Controle	Vit C mg/kg	Selênio (mg/kg)			Média ¹	CV (%)	Valor P ²	
		0,2	0,4	0,6			L	Q
Água (g/dia)								
65,64	150	66,61	66,62	67,18	66,81	3,93	0,5689	0,0965
	300	68,84	64,58	66,88	66,76			
Média		67,84	65,60	67,03				
Proteína Bruta (g/dia)								
47,10	150	48,09 ^b	52,59 ^a	49,58 ^a	49,91 ^b	7,21	0,6343	0,2142
	300	58,27 ^a	53,59 ^a	50,95 ^a	54,27 ^a			
Média		53,18	53,14	50,27				
Matéria mineral (g/dia)								
4,22	150	5,96	7,00	5,27	6,08	31,05	0,8095	0,0765
	300	5,00	6,35	5,29	5,55			
Média		5,48	6,68	5,28				
Energia Bruta (Kcal/kg)								
6251,30	150	6358,13	6078,26	6327,43	6254,6	5,59	0,5136	0,1792
	300	6170,06	6176,97	6419,33	6255,4			
Média		6264,10	6127,62	6373,38				

		Vitamina C (g/dia)						
0,18	150	0,24	0,26	0,23	0,24	30,99	0,0532	0,2394
	300	0,27	0,28	0,25	0,27			
Média		0,26	0,27	0,24				

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

A vitamina C pode atuar na redução da maioria das espécies reativas, fisiologicamente, relevantes por meio da doação de elétrons. Como consequência ocorre redução das taxas de glicocorticoides e outros compostos ficam impedidos de serem oxidados. Desta forma, as células ficam, metabolicamente, protegidas do estresse oxidativo, da degradação tissular, permitindo assim, maior ganho de peso das aves, após um período de estresse (BÜRZLE; HEDIGER, 2012). Da mesma forma, o selênio atua protegendo os órgãos e tecidos contra o dano por espécies radicais de oxigênio, ao compor enzimas antioxidantes do corpo.

De acordo com Liao et al. (2012) e Wang e Xu, (2008), o selênio orgânico possui maior biodisponibilidade e taxas de retenção tecidual do que o selênio inorgânico. E, possivelmente, pode explicar o aumento desse mineral na composição e deposição das carcaças, quando associado a 150 mg de vitamina C.

No entanto, o incremento desses nutrientes na dieta não surtiu diferença nas variáveis avaliadas em comparação ao grupo controle, demonstrando, assim, que embora os animais estivessem submetidos a estresse térmico, provavelmente, ele não foi suficiente para desencadear dano oxidativo nos tecidos (ALBA et al., 2015). Neste contexto, o nível da vitamina C sintetizada pelos animais e o selênio da dieta controle são suficientes para atender às exigências dos animais nas condições desse experimento.

Conclusão

A suplementação de 300 mg de vitamina C associada a 0,6 mg selênio por quilograma em dietas para frangos em condições ambientais acima da zona de termoneutralidade para a fase de 22 a 42 dias de vida, melhora a disponibilidade de energia metabolizável aparente corrigida para balanço do nitrogênio.

Referências Bibliográficas

- ABREU, V. M. N.; ABREU, P. G. Os desafios da ambiência sobre os sistemas de aves no Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 2, p. 1-14, 2011.
- ABU-DIEYEH Z. H. M. Effect of chronic heat stress and long-term feed restriction on broiler performance. **International Journal of Poultry Science**, v. 5, n. 2, p. 185-190, 2006.
- ALBA, M.; ESMAELIPOUR, O.; MIRMAHMOUDI, R. Effects of *Withania coagulans* fruit powder and vitamin C on growth performance and some blood components in heat stressed broiler chickens. **Livestock Science**. v. 173, p. 64-68, 2015.
- 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.
- BARBOSA, T. S. et al. Perfil bioquímico das galinhas poedeiras na região de Araçatuba-SP. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 32, n. 4, p. 1583-1588, 2011.
- BENEZ, S. M. **Aves: criação, clínica, teoria, prática: silvestres, ornamentais, avinhados**. 4^o ed. Ribeirão Preto: SP: Tecmedd, 2004.
- BORSA, A. et al. Níveis séricos de enzimas de função hepática em frangos de corte de criação industrial clinicamente saudáveis. **Arquivos Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 58, n. 4, p. 675-677, 2006.
- 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 02 outubro 2018.
- BUENO, J. P. R. et al. Características de termorregulação em frangos de corte, machos e fêmeas, criados em condições naturais de temperatura e umidade. **Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer**, v.10, n.19, p. 437, 2014.
- BUENO, J. P. R. et al. Effect of age and cyclical heat stress on the serum biochemical profile of broiler chickens. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 38, n. 3, p. 1383-1392, 2017.
- BUFFINGTON, D. E. et al. Black globe humidity index (BGHI) as comfort equation for dairy cows. **American Society of Agricultural Engineers**, v. 24, n. 3, p. 711-714, 1981.
- BÜRZLE, M.; HEDIGER, M. A. Functional and Physiological Role of Vitamin C Transporters. **Current Topics in Membranes**, v. 70, p. 357–375. 2012.
- DALIA, A. M. et al. Effects of vitamin E, inorganic selenium, bacterial organic selenium, and their combinations on immunity response in broiler chickens. **BMC Veterinary Research**, v. 14, n. 1, p. 249. 2018.

- DALÓLIO, F. S. et al. Heat stress and vitamin E in diets for broilers as a mitigating measure. **Animal Sciences**, v. 37, n. 4, p. 419, 2015.
- EL-TARABANY, M.S. Impact of temperature-humidity index on egg-laying characteristics and related stress and immunity parameters of Japanese quails. **International Journal of Biometeorology**, v. 60, n. 7, p. 957-964, 2015.
- FERNANDES, J. I. M. et al. Relação vitamina E:vitamina C sobre a qualidade da carne de frangos submetidos ao estresse pré-abate. **Arquivos Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 65, n. 1, p. 294-300, 2013.
- GONZÁLEZ, F. H. D.; SILVA, S. C. **Introdução à bioquímica clínica veterinária**. 2. ed. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2006. 364 p.
- HABIBIAN, M., GHAZI, S., MOEINI, M. M. Effects of Dietary Selenium and Vitamin E on Growth Performance, Meat Yield, and Selenium Content and Lipid Oxidation of Breast Meat of Broilers Reared Under Heat Stress. **Biological Trace Element Research**, v. 169, n. 1, p. 142–15, 2015.
- HOSSEINI-VASHAN, S. J., GOLIAN, A., YAGHOBFAR, A. Growth, immune, antioxidant, and bone responses of heat stress-exposed broilers fed diets supplemented with tomato pomace. **International Journal of Biometeorology**, v. 60, n. 8, p. 1183-1192. 2015.
- KHOSO, P. A. et al. Selenium Deficiency Activates Heat Shock Protein Expression in Chicken Spleen and Thymus. **Biological Trace Element Research**, v. 173, n. 2, p. 492–500, 2016.
- LARA, L.; ROSTAGNO, M. Impact of Heat Stress on Poultry Production. **Animals**, v. 3, n. 2, p. 356-369, 2013.
- LIAO, X. et al. Effects of environmental temperature and dietary zinc on egg production performance, egg quality and antioxidant status and expression of heat-shock proteins in tissues of broiler breeders. **British Journal of Nutrition**, v.120, n. 01, p. 3-12, 2018.
- LIAO, X. et al. Effects of Selenium Source and Level on Growth Performance, Tissue Selenium Concentrations, Antioxidation, and Immune Functions of Heat-Stressed Broilers. **Biological Trace Element Research**, v. 150, p. 158-165, 2012.
- MATTERSON, L. D. et al. **The metabolizable energy of feed ingredients for chickens**. Storrs: The University of Connecticut, Agricultural Experiment Station, 1965. 11p.
- MAURICE, D. V. et al. Factors affecting ascorbic acid biosynthesis in chickens: III. Effect of dietary fluoride on l-gulonolactone oxidase activity and tissue ascorbic acid (AsA) concentration. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v. 86, n. 11-12, p. 383-388. 2002.
- NASCIMENTO, G. V. et al. Indicadores produtivos, fisiológicos e comportamentais de vacas de leite. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 9, n. 4, p. 28-36, 2013.
- ODAIR ZENEBON, N. S. P., TIGLEA, P. **Métodos Físico-Químicos para a Análise de Alimentos**: Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz. 4. ed. São Paulo: IMESP, 2005. p.1020.

OLIVEIRA, R.F.M. et al. Efeitos da temperatura e da umidade relativa sobre o desempenho e o rendimento de cortes nobres de frangos de corte de 1 a 49 dias de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, p.797-803, 2006.

PISOSCHI, A. M., POP, A. The role of antioxidants in the chemistry of oxidative stress: A review. **European Journal of Medicinal Chemistry**, v. 97, p. 55-74, 2015.

RAVEL, R. **Laboratório clínico – aplicações clínicas dos dados laboratoriais**. 6.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1997. 616p.

RENAUDEAU, D. et al. Adaptation to hot climate and strategies to alleviate heat stress in livestock production. **Animal. The Animal Consortium**, v. 6, n. 05, p. 707-728, 2011.

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

ROSTAGNO, H. S. et al. **Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos**: composição de alimentos e exigências nutricionais. 4º ed, Viçosa: UFV, 2017. p. 488.

SAHIN, K. et al. Role of dietary zinc in heat-stressed poultry: A review. **Poultry Science**, v. 88, n. 10, p. 2176-2183, 2009.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, C., 2002: **Análise de alimentos (Métodos químicos e biológicos)**. Universidade Federal de Viçosa: Viçosa. 235p.

SILVA, V. M. A. et al. Climatologia da precipitação no município de Teresina, PI, Brasil. In: **CONGRESSO TÉCNICO CIENTÍFICO DE ENGENHARIA E DA AGRONOMIA**, 72. Fortaleza, 2015. Anais. Fortaleza, 2015. Disponível em: <http://www.confea.org.br/media/Agronomia_climatologia_da_precipitacao_no_municipio_de_teresina_pi_brasil.pdf>. Acesso em: 20 de novembro de 2018.

SOUZA, L. F. A. et al. How heat stress (continuous or cyclical) interferes with nutrient digestibility, energy and nitrogen balances and performance in broilers. **Livestock Science**, v. 192, p. 39-43, 2016.

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

SURAI, P. F.; FISININ, V. I. Selenium in poultry breeder nutrition: An update. **Animal Feed Science and Technology**, v. 191, p. 1-15, 2014.

TEMIM, S. et al. Effects of chronic heat exposure and protein intake on growth performance, nitrogen retention and muscle development in broiler chickens. **Reproduction Nutrition Development**, v. 39, n. 1, p. 145-156, 1999.

THRALL M. A.; BAKER, D. C.; CAMPBELL, T. W. et al. **Hematologia e bioquímica clínica veterinária**. São Paulo: Roca, 2007. p. 582.

TORKI, M.; ZANGENEH, S.; HABIBIAN, M. Performance, egg quality traits, and serum metabolite concentrations of laying hens affected by dietary supplemental chromium picolinate

and vitamin C under a heat-stress condition. **Biological Trace Element Research**. v. 157, n. 2, p. 120–129, 2014.

VARASTEH, S. et al. Differences in Susceptibility to Heat Stress along the Chicken Intestine and the Protective Effects of Galacto-Oligosaccharides. **Plos One**, v. 10, n. 9, p. 1-18, 2015.

VILA, L. G. **Bioquímica em aves: Revisão de literatura**. Universidade Federal de Goiás, Goiás. 56 f. 2013. Disponível em:
https://ppgca.evz.ufg.br/up/67/o/2013_Laura_Vila_2corrig.pdf. Acesso em: janeiro de 2019.

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**, v. 98, n. 10, p. 3715-3721, 2018.

WANG Y. B, XU, B. H. Effect of different selenium source (sodium selenite and selenium yeast) on broiler chickens. **Animal Feed Science Technology**, v. 144, p. 306-314, 2008.

WIDOWSKI, T. The Physical Environment and Its Effect on Welfare. **Animal Welfare**, p, 137-164, 2010.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A suplementação das dietas de frangos de corte com nutrientes que apresentem características antioxidantes pode constituir uma alternativa para os produtores e técnicos adotarem no âmbito das granjas, buscando minimizar os efeitos deletérios, provocados no comportamento e metabolismo desses animais, quando expostos a temperaturas acima da zona de termoneutralidade, embora os resultados dessa pesquisa não tenham, plenamente, comprovado este efeito, em termos de desempenho.

As altas temperaturas registradas, durante a execução da pesquisa, com valores acima da zona de conforto térmico para a fase avaliada, provavelmente não foram suficientes para desencadear estresse e comprometer o funcionamento normal do organismo. E adicionalmente o nível da produção endógena de vitamina C e do selênio presente na dieta basal, foram suficientes para atender à exigência destes nutrientes dentro das condições estudadas.

Então considerando o valor elevado dos nutrientes suplementados, orienta-se estimar o custo das dietas em relação aos parâmetros de interesse econômico na indústria avícola, afim de que, a adição da vitamina C e selênio seja justificada em circunstâncias que o desempenho e saúde dos animais sejam afetados ou por meio de indicadores fisiológicos de estresse.

Desse modo, mais estudos sobre o efeito da suplementação desses nutrientes em questão, sobre as características da carcaça de frangos em ambientes de temperatura elevada, tornam-se essenciais para evidenciar todos os seus benefícios.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABPA – Associação Brasileira de Produção Animal. **Relatório Anual, 2018**. Disponível em: <http://abpa-br.com.br/storage/files/relatorio-anual-2018.pdf>. Acessado em setembro de 2018.

ABREU, V. M. N.; ABREU, P. G. Os desafios da ambiência sobre os sistemas de aves no Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 2, p. 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 Pakistan**, v. 50, n. 3, p. 951-955, 2018.

ABU-DIEYEH Z. H. M. Effect of chronic heat stress and long-term feed restriction on broiler performance. **International Journal of Poultry Science**, v. 5, n. 2, p. 185-190, 2006.

AHMADI, M., AHMADIAN, A., SEIDAVI, A. R. Effect of Different Levels of Nano-selenium on Performance, Blood Parameters, Immunity and Carcass Characteristics of Broiler Chickens. **Poultry Science Journal**, v. 6, n. 1, p. 99- 108, 2018.

ALBA, M.; ESMAEILIPOUR, O.; MIRMAHMOUDI, R. Effects of *Withania coagulans* fruit powder and vitamin C on growth performance and some blood components in heat stressed broiler chickens. **Livestock Science**. v. 173, p. 64-68, 2015.

ALBUQUERQUE, D.M.N.; LOPES, J.B.; FERRAZ, M.S.; RIBEIRO, M.N.; SILVA, S.R.G.; COSTA, E.M.S.; LIMA, D.C.P.; FERREIRA, J.D.M.; GOMES, P.E.B; LOPES, J.C.O .Vitamin E and organic selenium for broilers from 22 to 42 days old: performance and carcass traits. **Annals of the Brazilian Academy of Sciences**, v.89, n.2, p.1259-1268, 2017.

ALMEIDA, E. A.; PASSINI, R. Thermal comfort in reduced models of broilers' houses, under different types of roofing materials. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 33, n. 1, p. 19-27, 2013.

AMARAL, A. G. et al. Efeitos do ambiente de produção sobre frangos de corte sexados criados em galpão comercial. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 36, n. 3, p. 649-658, 2011.

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, 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 Production**, v. 41, p. 807-818, 2009.

AZAD, M. A. et al. Metabolic characteristics and oxidative damage to skeletal muscle in broiler chickens exposed to chronic heat stress. **Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology**, v. 155, n. 3, p. 401-406, 2010.

- BAHRAMI, A. et al. The effect of different levels of organic and inorganic chromium supplementation on immune function of broiler chicken under heat-stress conditions. **The Journal of Applied Poultry Research**, v. 21, p. 209-215, 2012.
- BARBOSA, K. B. F. et al. Estresse oxidativo: conceito, implicações e fatores modulatórios. **Revista de Nutrição**, v. 23, n. 4, p. 629-643, 2010.
- BARBOSA, R. C. et al. Análise de viabilidade econômica de sistemas de aquecimento de instalações agropecuárias para criação de frangos de corte. **Engenharia na Agricultura**, v. 25, n. 3, p. 212-222, 2017.
- BARBOSA, T. S. et al. Perfil bioquímico das galinhas poedeiras na região de Araçatuba-SP. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 32, n. 4, p. 1583-1588, 2011.
- BENEZ, S. M. **Aves: criação, clínica, teoria, prática: silvestres, ornamentais, avinhados**. 4^o ed. Ribeirão Preto: SP: Tecmedd, 2004.
- BOIAGO, M. J. L. M. et al. Periods of heat stress during the growing affects negatively the performance and carcass yield of broilers. **Archivos de Zootecnia**, v. 64, n. 248. p. 339-345. 2015.
- BOOSTANI, A. et al. Effects of organic, inorganic, and nano-Se on growth performance, antioxidant capacity, cellular and humoral immune responses in broiler chickens exposed to oxidative stress. **Livestock Science**, v. 178, p. 330-336, 2015.
- BORSA, A. et al. Níveis séricos de enzimas de função hepática em frangos de corte de criação industrial clinicamente saudáveis. **Arquivos Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 58, n. 4, p. 675-677, 2006.
- 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 02 outubro 2018.
- BROSSI, C. et al. Estresse térmico durante o pré-abate em frangos de corte. **Ciência Rural**, v. 39, n. 4, p. 1284-1293, 2009.
- BUENO, J. P. R. et al. Características de termorregulação em frangos de corte, machos e fêmeas, criados em condições naturais de temperatura e umidade. **Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer**, v.10, n.19, p. 437, 2014.
- BUENO, J. P. R. et al. Effect of age and cyclical heat stress on the serum biochemical profile of broiler chickens. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 38, n. 3, p. 1383-1392, 2017.
- BUFFINGTON, D. E. et al. Black globe humidity index (BGHI) as comfort equation for dairy cows. **American Society of Agricultural Engineers**, v. 24, n. 3, p. 711-714, 1981.
- BÜRZLE, M.; HEDIGER, M. A. Functional and Physiological Role of Vitamin C Transporters. **Current Topics in Membranes**, v. 70, p. 357–375. 2012.

- CHAND, 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.
- CHUNG, S.; G. H. SON.; K. KIM. Adrenal peripheral oscillator in generating the circadian glucocorticoid rhythm. **Annals of the New York Academy of Sciences**. v. 1220, p.71-81, 2011.
- COMBS, G. F.; GERALD, F. C. **The Vitamins fundamental aspects in nutrition and health / Vitamin C**. New York: Academic Press, p. 233–259. 2012.
- COUTINHO, A. E.; CHAPMAN, K. E. The anti-inflammatory and immunosuppressive effects of glucocorticoids, recent developments and mechanistic insights. **Molecular and Cellular Endocrinology**. v. 335, p. 2-13, 2011.
- CZYZOWSKA, A. **Vitamins: Vitamin C. Encyclopedia of Dairy Sciences**. 2 ed. Poland. p. 667–674. 2016.
- DALGAARD, T. S. et al. The influence of selenium and selenoproteins on immune responses of poultry and pigs. **Animal Feed Science and Technology**, v. 238, p. 73-83, 2018.
- DALIA, A. M. et al. Effects of vitamin E, inorganic selenium, bacterial organic selenium, and their combinations on immunity response in broiler chickens. **BMC Veterinary Research**, v. 14, n. 1, p. 249. 2018.
- DALÓLIO, F. S. et al. Heat stress and vitamin E in diets for broilers as a mitigating measure. **Animal Sciences**, v. 37, n. 4, p. 419, 2015.
- DROUIN, G.; GODIN, J. R.; PAGÉ, B. The Genetics of Vitamin C Loss in Vertebrates. **Current Genomics**, v. 12, n. 5, p. 371-378, 2011.
- EGBUNIWE, I. et al. Betaine and ascorbic acid modulate indoor behavior and some performance indicators of broiler chickens in response to hot-dry season. **Journal of Thermal Biology**, v. 76, p. 38-44, 2018.
- ELNAGAR, S.A.; SCHEIDELER, S.E.; BECK, M.M. Reproductive hormones, hepatic deiodinase messenger ribonucleic acid, and vasoactive intestinal polypeptide-immunoreactive cells in hypothalamus in the heat stress-induced or chemically induced hypothyroid laying hen. **Poultry Science**, v. 89, p. 2001-2009, 2010.
- 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.
- EL-TARABANY, M.S. Impact of temperature-humidity index on egg-laying characteristics and related stress and immunity parameters of Japanese quails. **International Journal of Biometeorology**, v. 60, n. 7, p. 957-964, 2015.

ETO, S. F. et al. Histologia dos órgãos e tecidos linfóides de galinhas poedeiras White Leghorn. **Revista Portuguesa de Ciências Veterinárias**, v. 110, n. 593, p. 74-78, 2015.

EUROPEAN COMMISSION. European Union Register of Feed Additives Pursuant to Regulation (EC), nº 1831, ed. 182, 2003.

FERNANDES, J. I. M. et al. Relação vitamina E: vitamina C sobre a qualidade da carne de frangos submetidos ao estresse pré-abate. **Arquivos Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 65, n. 1, p. 294-300, 2013.

FERREIRA, R. A. **Maior produção com melhor ambiente: para aves, suínos e bovinos**. 2.ed. Viçosa, MG: Editora Aprenda Fácil, 2011. p. 401.

FOUAD, A. M. et al. Impact of heat stress on meat, egg quality, immunity and fertility in poultry and nutritional factors that overcome these effects: A review. **International Journal of Poultry Science**, v. 15, p. 81-95, 2016.

FUNARI JUNIOR, P. et al. Diferentes fontes e níveis de selênio sobre a imunidade humoral de frangos de corte. **Ciência Rural**, v. 42, n. 1, p. 154-159, 2012.

FUNCK, S. R.; FONSECA, A. R. Avaliação energética e de desempenho de frangos com aquecimento automático e a lenha. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 12, n. 1, p. 91-97, 2008.

GANAIÉ, A. H. et al. Biochemical and physiological changes during thermal stress in bovines. **Journal of Veterinary and Science Technology**, v. 4, p. 126. 2013.

GONZÁLEZ, F. H. D.; SILVA, S. C. **Introdução à bioquímica clínica veterinária**. 2. ed. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2006. 364 p.

GHAZI, S.H. et al. Effects of different levels of organic and inorganic chromium on growth performance and immunocompetence of broilers under heat stress. **Biological Trace Element Research**, v. 146, p. 309-317, 2012.

HABIBIAN, M., GHAZI, S., MOEINI, M. M. Effects of Dietary Selenium and Vitamin E on Growth Performance, Meat Yield, and Selenium Content and Lipid Oxidation of Breast Meat of Broilers Reared Under Heat Stress. **Biological Trace Element Research**, v. 169, n. 1, p. 142-15, 2015.

HALLIWELL, B., CLEMENT, M. V., LONG, L. H. et al. Hydrogen peroxide in the human body. **Febs Letters**, v. 486, n. 1, p. 10-13, 2000.

HAMMEL, H. T. et al. Temperature regulation by hypothalamic proportional control with an adjustable set point. **Journal of Applied Physiology**, v. 18, n. 6, p. 1146-1154, 1963.

HARDY, G., HARDY, I. Selenium: the Se-XY nutraceutical. **Nutrition**, v. 20, n. 6, p. 590-593. 2004.

- HATFIELD, D.L. et al. Selenium and selenocysteine: roles in cancer, health, and development. **Trends in Biochemical Sciences**, v. 39, n. 3, p. 112-120, 2014.
- HE, X. et al. Effects of chronic heat exposure on growth performance, intestinal epithelial histology, appetite-related hormones and genes expression in broilers. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 98, n. 12, p. 4471-4478, 2018.
- HILLMAN, P, E. et al. Physiological responses and adaptationsto hot and cold environments. In: YOUSEF, M,K, **Stress physiology in livestock**, v. 3, p. 1-71. 1985.
- HOSSEINI-VASHAN, S. J., GOLIAN, A., YAGHOB FAR, A. Growth, immune, antioxidant, and bone responses of heat stress-exposed broilers fed diets supplemented with tomato pomace. **International Journal of Biometeorology**, v. 60, n. 8, p. 1183-1192. 2015.
- IMIK, H. et al. Effects of ascorbic acid and α -lipoic acid on performance and meat quality of broilers subjected to heat stress. **British Poultry Science**. v. 53, p.800–808, 2012.
- INFINITYPHARMA. Vitamina C - antioxidante, **Informativo técnico, 2012**. Disponível em: < <https://infinitypharma.com.br/uploads/insumos/pdf/v/vitamina-c.pdf> > Acesso em 05 de setembro de 2018.
- JANG, I. S. et. al. Effects of vitamin C or E on the pro-inflammatory cytokines, heat shock protein 70 and antioxidant status in broiler chicks under summer conditions. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 27, n. 5, p. 749-756, 2014.
- JIANHUA, H.; OHTSUKA, A.; HAYASHI, K. Selenium influences growth via thyroid hormone status in broiler chickens. **British Journal of Nutrition**, v. 84, p. 727-732, 2012.
- KHAN, R. U. et al. Effect of ascorbic acid in heat – stressed poultry. **World’s Poultry Science Journal**, v. 68, p. 477– 489, 2012.
- KHOSO, P. A. et al. Selenium Deficiency Activates Heat Shock Protein Expression in Chicken Spleen and Thymus. **Biological Trace Element Research**, v.173, n. 2, p. 492-500, 2016.
- KUMAR, A. et al. Supplementation of vitamin C for health promotion and combating heat stress in poultry. **International Journal of Bio-Pharma Research**, v. 3, p. 259–261, 2014.
- LAGANÁ, C. et al. Effect of the supplementation of vitamins and organic minerals on the performance of broilers under heat stress. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v. 9, n. 1, p. 39-43. 2007.
- LARA, L. J.; ROSTAGNO, M. H. Impact of Heat Stress on Poultry Production. **Animals**, v. 3, p. 356-369, 2013.
- LESKOVEC, J. et al. Effects of supplementation with α -tocopherol, ascorbic acid, selenium, or their combination in linseed oil-enriched diets on the oxidative status in broilers. **Poultry Science**, v. 97, n. 5, p. 1641-1650, 2018.

LIAO, X. et al. Effects of environmental temperature and dietary zinc on egg production performance, egg quality and antioxidant status and expression of heat-shock proteins in tissues of broiler breeders. **British Journal of Nutrition**, v.120, n. 01, p. 3-12, 2018.

LIAO, X. et al. Effects of Selenium Source and Level on Growth Performance, Tissue Selenium Concentrations, Antioxidation, and Immune Functions of Heat-Stressed Broilers. **Biological Trace Element Research**, v. 150, p. 158-165, 2012.

LIU, L. L. et al. Resveratrol induces antioxidant and heat shock protein mRNA expression in response to heat stress in black-boned chickens. **Poultry Science**, v. 93, n. 1, p. 54–62. 2014.

MACARI, M.; FURLAN, R.L.; GONZALES, E. **Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte**. Jaboticabal : FUNEP/ UNESP, p. 246. 1994.

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.

MAURICE, D. V. et al. Factors affecting ascorbic acid biosynthesis in chickens: III. Effect of dietary fluoride on l-gulonolactone oxidase activity and tissue ascorbic acid (AsA) concentration. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v. 86, n. 11-12, p. 383-388. 2002.

MC NABB, F. M.A.; KING, D. B. Thyroid hormones effect on growth development and metabolism in Schreibman (Ed.) *The endocrinology of growth development and metabolism in vertebrates*. **Zoological Science**, v. 10, p. 873-885, 1993.

MARIK, P. E. Vitamin C for the treatment of sepsis: The scientific rationale. **Pharmacology & Therapeutics**. v. 189, p. 63-70, 2018.

MATTERSON, L. D. et al. **The metabolizable energy of feed ingredients for chickens**. Storrs: The University of Connecticut, Agricultural Experiment Station, 1965. 11p.

MELLO, J. L. M. et al. Periods of heat stress during the growing affects negatively the performance and carcass yield of broilers. **Archivos de Zootecnia**. v. 64, n. 248, p. 339-345, 2015.

MILLER, D. B; O'CALLAGHAN, J. P. Neuroendocrine Aspects of the Response to Stress. **Metabolism**, v. 51, n. 6, Suppl. 1 (June), p. 5-10, 2002.

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**, v. 32, n. 5, p. 651-661, 2012.

NASCIMENTO, G. V. et al. Indicadores produtivos, fisiológicos e comportamentais de vacas de leite. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 9, n. 4, p. 28-36, 2013.

NASCIMENTO, G. R. et al. Termografia infravermelho na estimativa de conforto térmico de frangos de corte. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v. 18, n. 6, p. 658-663, 2014.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). **Nutrient Requirements of Poultry**, 9th rev. ed. National Academy Press, Washington, DC. 1994.

NIU, Z. Y. et al. Effects of different levels of selenium on growth performance and immune competence of broilers under heat stress. **Archives of Animal Nutrition**, v. 63, n. 1, p. 56-65, 2009.

NIU, Z.Y. et al. Effects of different levels of vitamin E on growth performance and immune responses of broilers under heat stress. **Poultry Science**, v. 88, p. 2101–2107, 2009.

ODAIR ZENEBO, N. S. P., TIGLEA, P. **Métodos Físico-Químicos para a Análise de Alimentos**: Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz. 4. ed. São Paulo: IMESP, 2005. p.1020.

OLIVEIRA, R.F.M. et al. Efeitos da temperatura e da umidade relativa sobre o desempenho e o rendimento de cortes nobres de frangos de corte de 1 a 49 dias de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, p.797-803, 2006.

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**. v. 61, p. 295-302, 2014.

PADAYATTY, S. J; LEVINE, M. Vitamin C: the known and the unknown and Goldilocks. **Oral Diseases**, v. 22, n. 6, p. 463–493. 2016.

PANDA, A. K; CHERIAN, G. Role of vitamin E in counteracting oxidative stress in poultry. **The Journal of Poultry Science**, v. 51, p. 109-117, 2014.

PEREZ, T. I. et al. “Effects of vitamin E and organic selenium on oxidative stability of ω -3 enriched dark chicken meat during cooking,” **Journal of Food Science**, v. 75, n. 2, p. 25–34, 2010.

PISOSCHI, A. M., POP, A. The role of antioxidants in the chemistry of oxidative stress: A review. **European Journal of Medicinal Chemistry**, v. 97, p. 55-74, 2015.

RAFIEE, F. et al. Effect of lemon verbena powder and vitamin C on performance, and immunity of heat stressed broilers. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v. 100, p. 807–812. 2016.

RAO, S.V.R. et al. Effect of supplementing organic selenium on performance, carcass traits, oxidative parameters and immune responses in commercial broiler chickens. **Journal of Animal Science**, v.26, n.2, p.247-252, 2013.

RAO, S. V. R. et al. Effect of Supplementing Organic Forms of Zinc, Selenium and Chromium on Performance, Anti-Oxidant and Immune Responses in Broiler Chicken Reared in Tropical Summer. **Biological Trace Element Research**, v. 172, n. 2, p. 511-520, 2016.

RAVEL, R. **Laboratório clínico – aplicações clínicas dos dados laboratoriais**. 6.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1997. 616p.

- REDDY, L. S. S. V. et al. A Study of the Effect of Vitamin C and *Ocimum Sanctum* Supplementation on Antioxidant Enzyme Levels in Broilers Under Heat- Stress. **International Journal of Veterinary Health Science & Research**, v. 2, n. 2, p. 21-23, 2014.
- RENAUDEAU, D. et al. Adaptation to hot climate and strategies to alleviate heat stress in livestock production. **Animal. The Animal Consortium**, v. 6, n. 05, p. 707-728, 2011.
- RITZ, C. W. et al. Evaluation of hot weather thermal environment and incidence of mortality associated with broiler live haul. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 14, p. 594- 602, 2005.
- ROSS-AVIAGEN. **Manual de Manejo Ross**: para o frango Ross 308 AP (AP95). 2014. 130 p.
- ROSTAGNO, H. S. et al. **Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos**: composição de alimentos e exigências nutricionais. 4º ed, Viçosa: UFV, 2017. p. 488.
- 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.
- RYU, S. T. et al. Effects of anti-heat diet and inverse lighting on growth performance, immune organ, microorganism and short chain fatty acids of broiler chickens under heat stress. **Journal of Environmental Biology**, v. 37, n. 2, p. 185-192, 2016.
- SAFDARI-ROSTAMABAD, M. et al. Nanoselenium Supplementation of Heat-Stressed Broilers: Effects on Performance, Carcass Characteristics, Blood Metabolites, Immune Response, Antioxidant Status, and Jejunal Morphology. **Biological Trace Element Research**, v. 178, n. 1, p. 105-116.
- SAHIN, K. et al. Supplementation of zinc from organic or inorganic source improves performance and antioxidant status of heat-distressed quail. **Poultry Science**, v. 84, n. 6, p. 882-887, 2005.
- SAHIN, K. et al. Role of dietary zinc in heat-stressed poultry: A review. **Poultry Science**, v. 88, n. 10, p. 2176-2183, 2009.
- SAS. **Statistical analysis systems user's guide**: Version 9.0. Cary, NC, USA: SAS Institute Inc., 2002.
- 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.
- SCHIASSI, L. et al. Comportamento de frangos de corte submetidos a diferentes ambientes térmicos. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 35, n. 3, p. 390-396, maio/jun. 2015.
- ŠEVČÍKOVÁ, S. et al. The effect of selenium source on the performance and meat quality of broiler chickens. **Czech Journal of Animal Science**, v. 51, n. 10, p. 449-457, 2006.

- SEVEN, P. T.; SEVEN, I. Effects of selenium and vitamin C supplemented with high energy diet on the performance of broilers in cold (15 °C) environment. **Bulgarian Journal of Veterinary Medicine**, v. 12, n. 1, p. 25-32, 2009.
- SEYEDALI, A.; BERRY, M. J. Nonsense-mediated decay factors are involved in the regulation of selenoprotein mRNA levels during selenium deficiency. **The RNA Society**, v. 20, n. 8, p. 1248-1256, 2014.
- SHAGHAGHI, et al. Polymorphisms in the sodium-dependent ascorbate transporter gene SLC23A1 are associated with susceptibility to Crohn disease. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 99, n. 2, p. 378–383, 2014.
- SHINI, S. et al. Understanding stress-induced immunosuppression: Exploration of cytokine and chemokine gene profiles in chicken peripheral leukocytes. **Poultry Science**. v. 89, p. 841-851, 2010.
- SILVA, G. C. et al. Suplementação com zinco e selênio em frangos de corte submetidos a estresse cíclico de calor. **Revista Ceres**, v. 62, 372-378, 2015.
- SILVA, D. J.; QUEIROZ, C., 2002: Análise de alimentos (Métodos químicos e biológicos). Universidade Federal de Viçosa: Viçosa. 235p.
- SILVA, V. M. A. et al. Climatologia da precipitação no município de Teresina, PI, Brasil. In: CONGRESSO TÉCNICO CIENTÍFICO DE ENGENHARIA E DA AGRONOMIA, 72. Fortaleza, 2015. Anais. Fortaleza, 2015. Disponível em: <http://www.confex.org.br/media/Agronomia_climatologia_da_precipitacao_no_municipio_de_teresina_pi_brasil.pdf>. Acesso em: 20 de novembro de 2018.
- SKRIVAN, M. et. al. Influence of dietary vitamin C and selenium, alone and in combination, on the composition and oxidative stability of meat of broilers. **Food Chemistry**, v. 130, n. 3, p. 660-664, 2012.
- SLIMEN, I. B. et al. Heat stress effects on livestock: molecular, cellular and metabolic aspects, a review. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v. 100, p. 401–412, 2016.
- SOUZA, L. F. A. et al. How heat stress (continuous or cyclical) interferes with nutrient digestibility, energy and nitrogen balances and performance in broilers. **Livestock Science**, v. 192, p. 39-43, 2016.
- 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.
- 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**, v. 35, n. 6, p. 2350-2358, 2006.
- SWENSON, M; O'REECE, W. DUKES. **Fisiologia dos animais domésticos**. Cornell University Press. 1996.

- SUN, X. et al. Effects of heat stress on the gene expression of nutrient transporters in the jejunum of broiler chickens (*Gallus gallus domesticus*). **International Journal of Biometeorology**, v. 59, n. 2, p. 127-135, 2015.
- SURAI, P. F.; FISININ, V. I. Selenium in poultry breeder nutrition: An update. **Animal Feed Science and Technology**, v. 191, p. 1-15, 2014.
- TAN, G. Y. et al. Effects of different acute high ambient temperatures on function of hepatic mitochondrial respiration, antioxidative enzymes, and oxidative injury in broiler chickens. **Poultry Science**, v. 89, p. 115–122, 2010.
- TEIXEIRA, M. P. F.; ABREU, M. L. T. Vitamina C em rações de frango de corte. **Revista Eletrônica Nutritime**, v. 8, n. 2, p. 1489-1498, 2011.
- TEMIM, S. et al. Effects of chronic heat exposure and protein intake on growth performance, nitrogen retention and muscle development in broiler chickens. **Reproduction Nutrition Development**, v. 39, n. 1, p. 145-156, 1999.
- THRALL M. A.; BAKER, D. C.; CAMPBELL, T. W. et al. **Hematologia e bioquímica clínica veterinária**. São Paulo: Roca, 2007. p. 582.
- THOMPSON, J. N.; SCOTT, M. L. Impaired Lipid and Vitamin E Absorption Related to Atrophy of the Pancreas in Selenium-deficient Chicks. **The Journal of Nutrition**, v. 100, n. 7, p. 797-809, 1970.
- TOGASHI, C.K. **Teores de colesterol e ácidos graxos em tecidos e soro de frangos de corte submetidos a diferentes programas nutricionais**. 2004. 97f. Tese (Doutorado em Zootecnia)-Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes, RJ.
- TORKI, M., ZANGENEH, S., HABIBIAN, M. Performance, Egg Quality Traits, and Serum Metabolite Concentrations of Laying Hens Affected by Dietary Supplemental Chromium Picolinate and Vitamin C Under a Heat-Stress Condition. **Biological Trace Element Research**, v. 157, n. 2, p. 120-129, 2014.
- TRABER, M. G.; STEVENS, J. F. Vitamins C and E: Beneficial effects from a mechanistic perspective. **Free Radical Biology & Medicine**, v. 5, p. 1000–1013, 2011.
- UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE – USDA. **Production and exports world Broiler**. 2017. Disponível em: <<https://apps.fas.usda.gov/psdonline/app/index.html#/app/advQuery>>. Acesso em: 13 agosto 2018.
- VANNUCCHI, H; ROCHA, M. M. **Funções Plenamente Reconhecidas de Nutrientes: Ácido ascórbico (Vitamina C)**. São Paulo: ILSI Brasil. 2012. Disponível em: <http://ilsi.org/brasil/wp-content/uploads/sites/9/2016/05/21-Vitamina-C.pdf>. Acesso em: 30/08/2018.
- VARASTEHEH, S. et al. Differences in Susceptibility to Heat Stress along the Chicken Intestine and the Protective Effects of Galacto-Oligosaccharides. **Plos One**, v. 10, n. 9, p. 1-18, 2015.

VESCO, A. P. D. et al. Effects of selenium supplementation on the oxidative state of acute heat stress-exposed quails. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v. 101, p. 170–179, 2017.

VILA, L. G. **Bioquímica em aves: Revisão de literatura**. Universidade Federal de Goiás, Goiás. 56 f. 2013. Disponível em: https://ppgca.evz.ufg.br/up/67/o/2013_Laura_Vila_2corrig.pdf. Acesso em: janeiro de 2019.

VOLJC, M. et al. Evaluation of different vitamin E recommendations and bioactivity of α -tocopherol isomers in broiler nutrition by measuring oxidative stress in vivo and the oxidative stability of meat. **Poultry Science**, v. 90, p. 1478-1488, 2011

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**, v. 98, n. 10, p. 3715-3721, 2018.

WANG Y. B, XU, B. H. Effect of different selenium source (sodium selenite and selenium yeast) on broiler chickens. **Animal Feed Science Technology**, v. 144, p. 306-314, 2008.

WIDOWSKI, T. The Physical Environment and Its Effect on Welfare. **Animal Welfare**, p, 137-164, 2010.

WHITEHEAD, C. C.; KELLER, T. An update on ascorbic acid in poultry. **Poultry Science Journal**, v. 59, p. 161–184, 2003.

YU, D. et al. Effects of Dietary Selenium on Selenoprotein W Gene Expression in the Chicken Immune Organs. **Biological Trace Element Research**, v. 144, n. 1-3, p. 678-687, 2011.

ZHANG, Z. W. et al. Effects of oxidative stress on immunosuppression induced by selenium deficiency in chickens. **Biological Trace Element Research**, v. 149, n. 3, p. 352-361, 2012.