

DANILO RODRIGO SILVA E SILVA

**BALANÇO ELETROLÍTICO DIETÉTICO PARA FRANGOS DE CORTE: PERFIL
HEMATOLÓGICO**

TERESINA, 2019

DANILO RODRIGO SILVA E SILVA

**BALANÇO ELETROLÍTICO DIETÉTICO PARA FRANGOS DE CORTE: PERFIL
HEMATOLÓGICO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal da Universidade Federal do Piauí (UFPI), como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciência Animal, Área de concentração: Produção Animal.

Orientador(a): Prof: Dra. Leilane Rocha Barros Dourado

TERESINA, 2019

FICHA CATALOGRÁFICA
Universidade Federal do Piauí
Biblioteca Setorial do Centro de Ciências Agrárias
Serviço de Processos Técnicos

S586b Silva, Danilo Rodrigo Silva e
Balanço eletrolítico dietético para frango de corte : Perfil hematológico.
Danilo Rodrigo Silva e Silva. -- 2019.
42 f.: il.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Piauí, Centro de Ciência Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, Teresina, 2019.
“Orientadora: Prof^a. Dr^a. Leilane Rocha Barros Dourado”

1. Fango de corte 2. Eletrolíto 3. Hematologia I. Dourado, Leilane Rocha Barros. II. Título.

CDD 636.5

**BALANÇO ELETROLÍTICO DIETÉTICO PARA FRANGOS DE CORTE: PERFIL
HEMATOLÓGICO**

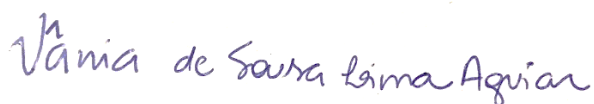
DANILO RODRIGO SILVA E SILVA

Dissertação Aprovada em: 16/04/2019

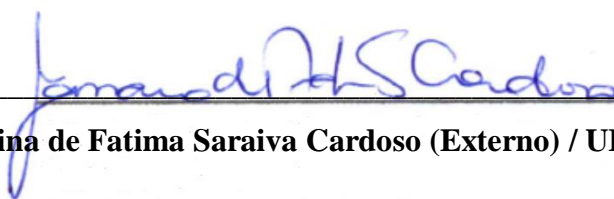
Banca Examinadora:



Prof.^a Dr.^a. Leilane Rocha Barros Dourado (Presidente) /CPCE/UFPI



Vânia de Sousa Lima Aguiar (Externo) / IFPI



Janaina de Fatima Saraiva Cardoso (Externo) / UFPI

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	01
RESUMO.....	02
ABSTRACT.....	03
1 INTRODUÇÃO	08
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	10
2.1 Suplementação de eletrólitos na dieta para frangos de corte sobre estresse térmico	10
2.2 Parâmetros hematológicos em frangos de corte sobre o efeito do estresse calórico agudo e crônico	13
2.3 Parâmetros bioquímicos de frangos de corte sobre o efeito do estresse calórico agudo e crônico.....	14
3 Capítulo 1 - Balanço eletrolítico dietético sobre os parâmetros hematológicos e bioquímicos séricos de frangos de corte em estresse por calor	16
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	36
5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS GERAIS	37

LISTA DE TABELAS

Capítulo 1

Tabela 1	Composição centesimal das dietas experimentais para frangos de corte de 1 a 7 dias de idade	20
Tabela 2	Composição centesimal das dietas experimentais para frangos de corte de 8 a 21 dias de idade	21
Tabela 3	Composição centesimal das dietas experimentais para frangos de corte de 22 a 33 dias de idade	22
Tabela 4	Composição centesimal das dietas experimentais para frangos de corte de 34 a 42 dias de idade	23
Tabela 5	Níveis de balanço eletrolítico dietético sobre o eritrograma e PPT de frangos de corte na fase de 01 a 21 dias de idade	26
Tabela 6	Níveis de balanço eletrolítico dietético sobre o leucograma de frangos de corte na fase de 01 a 21 dias de idade	27
Tabela 7	Níveis de balanço eletrolítico dietético sobre o eritrograma e PPT de frangos de corte na fase de 22 a 42 dias de idade	27
Tabela 8	Níveis de balanço eletrolítico dietético sobre o leucograma de frangos de corte na fase de 22 a 42 dias de idade	28
Tabela 9	Níveis de balanço eletrolítico dietético sobre os parâmetros bioquímicos séricos de frangos de corte de 01 a 21 dias de idade.....	29
Tabela 10	Níveis de balanço eletrolítico dietético sobre os parâmetros bioquímicos séricos de frangos de corte de 22 a 42 dias de idade.....	29

RESUMO

O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito de diferentes níveis de balanço eletrolítico dietético (BED) sobre os parâmetros hematológicos e perfil bioquímico de frangos de corte em estresse por calor cíclico. Foram utilizados 1050 frangos de corte machos da linhagem Ross, para duas fases experimentais: fase 1 (frangos de 1 a 21 dias de idade) e fase 2 (frangos de 22 a 42 dias de idade). As aves foram distribuídas em delineamento inteiramente casualizado, constituído por cinco tratamentos (110; 175; 240; 305; 370 mEq de BED/kg de ração) e sete repetições. Para as análises hematológicas foram utilizadas duas aves de cada repetição, uma para avaliação do hemograma e outra para avaliação bioquímica, coletados no final de cada fase experimental. Para a fase de 1-21 dias de idade, as variáveis número de hemácias (Hem), volume corpuscular médio (VCM) e Cloro sérico (Cl) apresentaram efeito linear ($p < 0,05$) dos níveis de BED. Não houve efeito ($p > 0,05$) sobre as variáveis volume globular (VG), proteína plasmática total (PPT), número de leucócitos (Leu), heterófilos (Het), linfócitos (Lin), eosinófilos (Eos), basófilos (Bas), monócitos (Mon), cálcio (Ca), fósforo (P), ácido úrico (AU) e ureia (U). Para a fase de 22 – 42 dias de idade houve efeito ($p < 0,05$) quadrático para as variáveis Leu e Het e linear para a variável P e diferença significativa ($p < 0,05$) entre as médias da variável AU nos níveis de BED testados. Não houve efeito ($p > 0,05$) sobre as variáveis VG, Hem, VCM, PPT, Lin, Eos, Bas, Mon, Cl, Ca e U nos níveis de BED testados. A suplementação dos níveis de BED 110, 175 e 240, 305 e 370 para a fase de 1 a 21 dias apresentaram ótimos resultados na avaliação hematológica e bioquímica, pois proporcionaram possivelmente uma maior vida útil para as Hem sem promover desequilíbrio metabólico. Para a fase de 22 a 42 dias o nível de 268 a 280 mEq de BED/kg de ração apresentaram melhor resposta do sistema imunológico dos frangos.

Palavras-chave: eletrólito, hematologia, frangos de corte

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the effect of different levels of dietary electrolyte balance (BED) on the hematological parameters and biochemical profile of broilers in cyclic heat stress. 1050 male Ross broilers were used for two experimental phases: phase 1 (chickens from 1 to 21 days old) and phase 2 (chickens from 22 to 42 days old). The birds were distributed in a completely randomized design, consisting of five treatments (110; 175; 240; 305; 370 mEq of BED / kg of feed) and seven replications. For the hematological analyzes, two birds from each repetition were used, one for the evaluation of the blood count and the other for biochemical evaluation, collected at the end of each experimental phase. For the 1-21 days old phase, the variables number of red blood cells (Hem), mean corpuscular volume (CMV) and serum chlorine (Cl) showed a linear effect ($p < 0.05$) of BED levels. There was no effect ($p > 0.05$) on the variables globular volume (VG), total plasma protein (PPT), number of leukocytes (Leu), heterophiles (Het), lymphocytes (Lin), eosinophils (Eos), basophils (Bas), monocytes (Mon), calcium (Ca), phosphorus (P), uric acid (AU) and urea (U). For the phase of 22 - 42 days of age there was a quadratic ($p < 0.05$) effect for the Leu and Het variables and a linear effect for the P variable and a significant difference ($p < 0.05$) between the means of the AU variable in the levels BED tested. There was no effect ($p > 0.05$) on the variables VG, Hem, VCM, PPT, Lin, Eos, Bas, Mon, Cl, Ca and U on the tested BED levels. The supplementation of BED levels 110, 175 and 240, 305 and 370 for the phase from 1 to 21 days showed excellent results in the hematological and biochemical evaluation, as they possibly provided a longer useful life for Hem without promoting metabolic imbalance. For the 22 to 42 days phase, the level of 268 to 280 mEq of BED / kg of feed showed a better response of the chickens' immune system.

Key words: electrolyte, hematology, broilers

1 INTRODUÇÃO

Um dos grandes entraves na criação de frangos de corte é o ambiente no qual estes são criados, principalmente em regiões tropicais e subtropicais onde predominam altas temperaturas, em que o estresse térmico crônico (acima de 30 °C) pode prejudicar a produção avícola (MEHAISEN et al., 2017). A partir do momento em que a temperatura ambiente ultrapassa a temperatura de conforto térmico das aves, onde a taxa metabólica é mínima e a homeotermia é mantida com um gasto menor de energia, tem-se início o estresse por calor. (TEIXEIRA e ABREU, 2011).

Em decorrência disso os frangos podem sofrer desequilíbrio metabólico (acidose ou alcalose), diminuição do consumo de ração, taxas de crescimento mais baixas, comprometimento da saúde e altas taxas de mortalidade (SAYED, 2015).

A alcalose respiratória é ocasionada na situação de estresse térmico, porque a aumento na taxa respiratória, resultando em perdas excessivas de dióxido de carbono (CO_2). Assim, a pressão parcial de CO_2 (pCO_2) diminui, levando à queda na concentração de ácido carbônico (H_2CO_3) e hidrogênio (H^+), em contrapartida a medida que o estresse se intensifica ocorre aumento na pressão parcial de (pCO_2) com aumento do nível de H^+ , ocasionando acidose respiratória (OLANREWAJU et al., 2006).

Nos sistemas tropicais de produção são utilizadas diversas estratégias para amenizar os efeitos do estresse por calor, como a modificação do ambiente através da projeção de instalações climatizadas, manejos como os do arraçamento e da água de beber, além de modificações da composição da dieta a fim de promover maior ingestão ou compensar o baixo consumo alimentar com uso ou não de aditivos como vitaminas e minerais (RENAUDEAU et al., 2011).

A suplementação de eletrólitos na dieta tem sido utilizada para manter o equilíbrio ácido-base no sangue, minimizando os efeitos deletérios do estresse térmico (AHMAD et al., 2008). Mongin (1981) e Johnson e Karunajeewa (1985) observaram melhor desempenho em frangos de corte alimentados com dietas com balanço eletrólito dietético (BED) 250 e 180 a 300 mEq / kg, respectivamente. Ahmad et al. (2008) obteve ótimos resultados na normalização acidobásica de frangos com BED de 50, 150 e 250 mEq / kg.

A avaliação da eficiência dessa inclusão pode ser feita através dos parâmetros sanguíneos, pois estes são muito susceptíveis a variações de temperatura, na situação de estresse térmico, por exemplo, pode ser observado aumento no hematócrito, aumento no número de hemácias (OLANREWAJU et al., 2007). Aumento de heterófilo, redução de

linfócito e alteração na relação heterófilo/linfócito (H/L)(BORGES et al., 2004). Diminuição sérica de proteínas plasmáticas totais e ácido úrico, aumento e/ou diminuição de cloro, dentre outras variações.(XIE et al., 2015; HUANG et al., 2017).

Com base nessas evidências, será avaliado o efeito do balanço eletrolítico (110; 175; 240; 305; 370 mEq/kg) sobre o hemograma e perfil bioquímico sérico de frangos de corte, com o intuito de identificar a eficiência dessas rações em situação de estresse por calor cíclico.

Esta dissertação foi estruturada da seguinte forma: 1) Introdução e 2) Revisão de literatura, redigidos conforme a Resolução 001/03-CCMCA, de 22/05/2003, que estabelece as normas editoriais do Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal da Universidade Federal do Piauí; 3) Capítulo 1 – artigo científico intitulado **Balanço eletrolítico dietético sobre os parâmetros hematológicos e bioquímicos séricos de frangos de corte em estresse por calor**, redigido de acordo com as normas editoriais do Periódico PLoS ONE a qual será submetido para publicação; 4) Considerações Finais; 5) Referências Bibliográficas

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Suplementações de eletrólitos na dieta para frangos de corte sobre estresse térmico

Os eletrólitos são definidos como os compostos que se transformam em íons positivos (cátion) e negativos (ânion) em solução e têm uma capacidade inerente de conduzir corrente elétrica. Os três elementos que são predominantes em aves são sódio, potássio e cloro que devem ser fornecidos de forma consistente a atingir as metas desejadas de produção em todas as classes de aves (MUSHTAQ et al., 2013).

O sódio (Na), o principal componente do fluido extracelular, está estreitamente associado com cloro (Cl) e bicarbonato (HCO_3^-) na gestão do metabolismo basal e ingestão de água em frangos de corte. O Na coordena a regulação da pressão e proteção osmótica contra a perda excessiva de fluidos corporais, a permeabilidade das células e a manutenção de excitabilidade muscular (MUSHTAQ et al., 2013).

O potássio (K), o segundo eletrólito mais potente, funciona em colaboração com Na e Cl, e é necessário para manter o desempenho, crescimento, utilização de nutrientes e desenvolvimento osséos. O cloreto é o ânion mais abundante que compete com o HCO_3^- por cátions no fluido extracelular para manter a condutividade elétrica. Como Cl está associado com grandes cátions nos fluidos corporais, mudanças no nível sérico de Cl indicam flutuações em outros eletrólitos que é necessário para manter o equilíbrio acidobásico (MUSHTAQ et al., 2013).

O estresse térmico afeta o desempenho de frangos de corte e é responsável por uma série de reações fisiológicas e bioquímicas, incluindo danos oxidativos, desequilíbrio acidobásico, aumento da pressão osmótica e aumento da perda de água corporal que pode resultar em prostração e até mesmo a morte. Os efeitos adversos incluem diminuição do consumo de ração, eficiência alimentar prejudicada, taxas de crescimento mais baixas, comprometimento da saúde e altas taxas de mortalidade (SAYED, 2015).

Dentre as respostas fisiológicas compensatórias das aves, quando expostas ao calor, inclui-se a vasodilatação periférica, resultando em aumento na perda de calor não evaporativo. Assim, na tentativa de aumentar a dissipação do calor, a ave consegue aumentar a área superficial, mantendo as asas afastadas do corpo, eriçando as penas e intensificando a circulação periférica (BORGES et al., 2003). A perda de calor não evaporativo pode também

ocorrer com o aumento da produção de urina, se esta perda de água for compensada pelo maior consumo de água fria.

Sabe-se que o estresse térmico provoca desregulação imunológica, disfunção da barreira intestinal e estresse oxidativo celular após a exposição ao calor, aumentando a suscetibilidade a doenças infecciosas, sendo o trato gastrointestinal um dos principais órgãos-alvo afetados, nesta situação, ocorre aumento do fluxo sanguíneo periférico, resultando em um suprimento sanguíneo reduzido nos intestinos e uma resposta de estresse oxidativo induzida por hipóxia, a barreira epitelial do intestino torna-se isquêmica, levando a perda de sua integridade (VARASTEH et al., 2015). Com o desequilíbrio na flora intestinal ocorre danos na mucosa que podem causar proliferação de um grande número de bactérias e liberação de endotoxinas (XU et al., 2018).

O estresse térmico causado pela alta temperatura também aumenta as taxas respiratórias, resultando em perda excessiva de CO_2 e alcalose respiratória, com consequente aumento do pH sanguíneo, para corrigir o pH, as aves excretam mais HCO_3^- pelos rins (AHMAD et al., 2008). O bicarbonato é um íon carregado negativamente que precisa se ligar a íons carregados positivamente, como Na^+ ou K^+ , para serem excretados na urina e esses íons podem se tornar deficientes nesta situação (MUSHTAQ et al., 2005).

A depleção contínua de íons HCO_3^- juntamente com a absorção renal de Cl^- , como compensação metabólica da alcalose sanguínea, pode levar a acidificação do líquido extracelular (BORGES et al., 2007). A acidose metabólica pode resultar no aumento de íons H^+ entrando nas células e substituindo K^+ , levando a concentrações plasmáticas de K^+ aumentadas (hipercalemia) e, em seguida, aumenta a excreção renal de K^+ (HOSKOTE et al., 2008). As mudanças no pH sistêmico em resposta ao estresse térmico são, portanto, complexas envolvendo uma fase de resposta respiratória que pode produzir uma alcalose sistêmica e, em seguida, fenômenos que envolvem mecanismos capazes de produzir acidose metabólica sistêmica (SAYED, 2015).

Mongin (1968) propôs o uso de um balanço parcial de cátions-ânions na dieta, expresso como miliequivalentes (mEq) de sódio mais potássio menos cloro ($\text{Na}^+ + \text{K}^+ - \text{Cl}^-$), como um método para afetar favoravelmente o balanço acidobásico do sangue. Para ele, para que um animal mantenha a homeostase acidobásica em equilíbrio, é necessário apresentar a ingestão dietética catiônica somada à produção endógena de ácidos (H^+), menos a diferença catiônica excretada, iguais a zero. Destas combinações (ingerido+endógeno-excretado), a que apresenta o mais fácil controle está relacionado à proporção de minerais da dieta, por ser aquela com relação direta com a concentração plasmática de HCO_3^- (MONGIN, 1981).

O balanço eletrolítico dietético (BED) é determinado pelos elementos químicos monovalentes (Na^+ , K^+ e Cl^-), que são considerados íons fortes devido ao seu efeito sobre o equilíbrio ácido-base dos fluidos corporais (HOOGHE, 2003). Estes minerais desempenham papéis importantes na síntese de proteínas teciduais, manutenção da homeostase intra e extracelular, manutenção do sistema elétrico potencial de membranas, pressão osmótica e homeostase de base e de ácidos, bem como no funcionamento enzimático e nervoso. Uma dieta balanceada para eletrólitos é altamente essencial para a manutenção das funções fisiológicas e bioquímicas do corpo (OLANREWAJU et al., 2007).

Produtos como bicarbonato de sódio (NaHCO_3), cloreto de potássio (KCl), cloreto de cálcio (CaCl_2), carbonato de potássio (K_2CO_3) e cloreto de amônia (NH_4Cl) podem ser utilizados na água ou na ração para a manutenção desse equilíbrio (SANTOS, 2011). Íons divalentes como cálcio e magnésio também podem afetar esse equilíbrio, mas a maior permeabilidade da membrana de enterócitos a íons monovalentes aumenta a importância destes no balanço eletrolítico (SANTOS, 2011). O conceito de balanço eletrolítico é aplicado em frangos de corte visando ao aumento de desempenho e menor mortalidade

Como observou Ahmad et al. (2008) a suplementação de eletrólitos é utilizada para amenizar os efeitos deletérios do estresse calórico, mais foi através de Mongin (1981) e Johnson e Karunajeewa (1985) onde apareceram os primeiros relatos da aplicabilidade do uso de eletrólitos, com o intuito de balancear as perdas destes pelas aves em estresse térmico, esses autores observaram melhor desempenho em frangos de corte alimentados com dietas com BED 250 e 180 a 300 mEq / kg, respectivamente.

Ahmad et al. (2008) constatou que um BED de 50, 150 e 250 mEq / kg apresentou ótimos resultados na normalização acidobásica de frangos sobre estresse calórico, em seu estudo o BED 0 mEq / kg causou uma depressão do crescimento devido ao menor consumo da ração que foi atribuído a acidose sanguínea e o BED 350 mEq / kg, ocasionou alcalose, associado ao alto nível de NaHCO_3 .

Olanrewaju et al. (2007), ao avaliar o efeito de dois balanços eletrolíticos 174 e 241 mEq / kg sobre efeito do estressor hormônio adrenocorticotrófico (ACTH) infundido durante 7 dias, observou que a dieta com 214 mEq / kg exibiu maiores níveis séricos de Na^+ e Ca^{2+} do que a dieta com 174 mEq / kg. A Infusão de ACTH aumentou significativamente ($p \leq 0,05$) o hematócrito, hemoglobina, pCO_2 , corticosterona, osmolaridade eHCO_3^- e reduziu o pH, peso corporal, pressão parcial de O_2 (pO_2), e concentrações plasmáticas de Na^+ e Cl^- nas duas dietas em comparação com o grupo de controle.

Arantes et al. (2013), testou os níveis de BED200, 240, 280 e 320 mEq / kg na dieta para frangos de corte, e não observou diferença significativa entre os mesmos ao avaliar o desempenho, a densidade tibial o conteúdo mineral, e os níveis séricos de Na, K e Cl, recomendando o uso de 200 mEq / kg para frangos de corte de 7 a 38 dias

Borges et al. (2004), testou sobre estresse térmico agudo, os níveis 0,120, 240 e 360 mEq /kg, e recomendou o uso dos níveis 120, 240 mEq /kg para frangos de corte estes apresentaram os melhores resultados sobretudo o grupo 240 mEq /kg onde constatou aumento no nível de pCO₂, observou aumento após estresse térmico da relação H/L para todos os níveis de BED testados, não havendo portanto, melhora esperada nos grupos testados para essa variável.

2. 2 Parâmetros hematológicos em frangos de corte sobre o efeito do estresse calórico agudo e crônico

Alterações quantitativas e morfológicas nas células sanguíneas são associadas a condições infecciosas, inflamatórias e estresses de natureza diversas, traduzidas por variações nos valores do hematócrito, número de leucócitos e eritrócitos circulantes e do teor de hemoglobina no eritrócito (KUTTAPPAN et al., 2013).

No estresse calórico, ocorre aumento no hematócrito, o que é justificado por efeito da desidratação causada por vômito, diarreia e do acréscimo no número de hemácias através do aumento na eritropoiese (OLANREWAJU et al., 2007). A relação H/L aumenta, como consequência do aumento de heterófilo e redução de linfócito, sendo esta relação um índice sensível de estresse crônico em frangos (BORGES et al., 2004).

Em uma situação de estresse crônico onde se avaliou em codornas efeito do estresse térmico durante 15 dias das respectivas temperaturas (22, 29, 34, 36 e 40 °C), observou-se diminuição do número total de hemácias, de forma proporcional ao aumento da temperatura, essa diminuição foi associada à inibição da produção da medula óssea e menor vida útil de hemácias. Também houve diminuição proporcional ao aumento da temperatura do número total de leucócitos, diminuição esta, associada à atrofia de todos os órgãos linfoides (timo, bursa, baço ou fígado), pois seus pesos foram significativamente reduzidos, devido ao menor consumo da ração e aumento da corticosterona que deprime a atividade de órgãos linfoides (MAHMOUD et al., 2013).

Em um estudo onde se avaliou efeitos do estresse calórico crônico (34 °C), sobre os parâmetros hematológicos em diferentes raças de frangos, foi observado diferença no tempo de resposta para raças, com elevação significativa no número heterófilos e na relação H/L. (XU et al., 2018). Este quadro segundo o autor está associado ao desequilíbrio na flora intestinal com aumento no número de bactérias e endotoxinas, considerando que pode haver redução no número de leucócitos à medida que o estresse térmico se prolongado, o sistema imunológico pode então ser estimulado gradualmente para gerar mais leucócitos, como observou.

Laganá et al.(2007), estudo o efeito do calor cíclico crônico em frangos de corte e comparou ambientes termoneutro (21-25°C e UR 73%) e ambiente sobre estresse calor cíclico (25-32°C e UR 65%), em duas formas de administrações das dietas de forma *ad libitum* e com restrições (ração fornecida uma vez ao dia e comedouros vazios em grande parte do tempo). Os valores do eritrograma não apresentaram diferenças para o ambiente em que as aves tiveram consumo à vontade, que segundo o autor o estresse cíclico por calor pode ter sido ameno a ponto de não causar desidratação, diferente do que foi observado no ambiente restrito onde o aumento no valor do hematócrito ($p < 0,03$) ocorreu, que segundo o autor pode ser explicado pelo comportamento alimentar destas aves, influenciando o padrão de ingestão de água, resultando em um quadro de desidratação.

Para o leucograma, Laganá et al. (2007) não observou diferença significativa para o número de eosinófilos e basófilos em dietas à vontade, mais para dietas restritas o grupo em ambiente termoneutro apresentou maior número de basófilos que o grupo sobre estresse cíclico, este autor considera que a basófila é um indicador de estresse severo em aves. Não foi observado variação do número de linfócitos, o que era esperado uma diminuição do número dessas células por efeito do hormônio ACTH e consequente variação da relação H/L, não houve diferença para relação H/L para os ambientes testados mais houve uma melhor relação H/L em aves sobre estresse térmico e com consumo à vontade comparada a aves com consumo restrito.

2. 3 Parâmetros bioquímicos de frangos de corte sobre o efeito do estresse calórico agudo e crônico

Na avaliação bioquímica sérica já foi observado que os rins são claramente afetados em situação de estresse por calor, com diversas variações na concentração sérica de moléculas e

eletrólitos, como foi constatado em um estudo onde se comparou o efeito do estresse agudo e do crônico sobre o perfil bioquímico de reprodutores de frangos de corte, foi identificado que em uma situação aguda ocorreu diminuição dos níveis de ácido úrico e das proteínas plasmáticas totais quando se elevou gradativamente a temperatura de 21 a 25, de 25 a 29 e de 29 a 33°C, porém os valores foram comparáveis ao grupo controle mantido a 21°C. No mesmo estudo, já em outro ensaio, quando foi avaliado o estresse crônico de 32°C por 8 semanas, não foi observado alteração dos níveis de ácido úrico e proteínas plasmáticas totais comparado a aves criadas em temperatura de 21°C (XIE et al., 2015).

Em situações de restrição alimentar forçada já foi observado aumento significativo de ácido úrico causado por uma maior gliconeogênese, em contrapartida, já foi observado diminuição do nível de ácido úrico em frangos sobre estresse térmico a 32°C, redução está associada à diminuição do consumo de alimentos e perda de peso e provavelmente causada por um nível metabólico diminuído (STAR et al., 2008).

Segundo Huanget al. (2017) distúrbios ácido-básico levam a diminuição sérica de proteínas plasmáticas totais e do cloro, a diminuição dos níveis de cloro já foi observada também por outro autor que considerou que essa diminuição está associada a perda conjunta de sódio, e que a alcalose metabólica está intimamente ligada à depleção de Cl, o que leva a um aumento da reabsorção de HCO_3^- no túbulo renal distal (OLANREWaju et al., 2007).

Porém já foi considerado que é possível o aumento de Cl sanguíneo em resposta a um cátion dietético elevado sendo um mecanismo para manter as reservas sanguíneas alcalinas, o que pode ser suficiente para um possível ajuste do equilíbrio eletrolítico (ARANTES et al., 2013). Borges et al. (2004) considerou que devido ao estresse térmico e à consequente alcalose respiratória (pH sanguíneo mais alto), mais Cl é necessário em fluidos corporais para exercer uma ação ácida para normalizar o pH sanguíneo, mas isso infelizmente reduz ainda mais a concentração de HCO_3^- .

Os níveis de cálcio e o fósforo em aves sobre estresse térmico não sofrem variação sérica quando comparadas dietas com e sem balanço eletrolítico dietético (VIEITES et al., 2011).

Em situação mais severa como a síndrome da morte súbita, já foi observado aumento do nível sérico de ureia, ácido úrico, fósforo, cálcio e das proteínas plasmáticas totais, o que é associado à desidratação e diminuição em situações de síndrome ascítica dos níveis séricos das proteínas plasmáticas totais, fósforo e cálcio e ureia associado ao acúmulo de água nos tecidos e no sangue. Em ambas as condições só foi observado aumento significativo de ácido úrico comum aos dois casos (GONZALEZ et al., 2001).

3 Capítulo 1

Artigo Científico

Balanço eletrolítico dietético sobre os parâmetros hematológicos e bioquímicos séricos de frangos de corte em estresse por calor

Elaborado de acordo com as normas da Revista PLoS ONE

<https://journals.plos.org/plosone/>

Balço eletrolítico dietético sobre os parâmetros hematológicos e bioquímicos séricos de frangos de corte em estresse por calor

Danilo Rodrigo Silva e Silva, Francinete Alves de Sousa Moura, Vânia Batista de Sousa Lima, Patrícia Miranda Lopes; Janaina de Fatima Saraiva Cardoso, Alan Costa do Prado, Luciana Pereira Machado, Richard Átila de Sousa, Daniel Biagiotti, Leilane Rocha Barros
Dourado

Resumo

O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito de diferentes níveis de balanço eletrolítico dietético (BED) sobre os parâmetros hematológicos e perfil bioquímico de frangos de corte em estresse por calor cíclico. Foram utilizados 1050 frangos de corte machos da linhagem Ross, para duas fases experimentais: fase 1 (frangos de 1 a 21 dias de idade) e fase 2 (frangos de 22 a 42 dias de idade). As aves foram distribuídas em delineamento inteiramente casualizado, constituído por cinco tratamentos (110; 175; 240; 305; 370 mEq de BED/kg de ração) e sete repetições. Para as análises hematológicas foram utilizadas duas aves de cada repetição, uma para avaliação do hemograma e outra para avaliação bioquímica, coletados no final de cada fase experimental. Para a fase de 1-21 dias de idade, as variáveis número de hemácias (Hem), volume corpuscular médio (VCM) e Cloro sérico (Cl) apresentaram efeito linear ($p < 0,05$) dos níveis de BED. Não houve efeito ($p > 0,05$) sobre as variáveis volume globular (VG), proteína plasmática total (PPT), número de leucócitos (Leu), heterófilos (Het), linfócitos (Lin), eosinófilos (Eos), basófilos (Bas), monócitos (Mon), cálcio (Ca), fósforo (P), ácido úrico (AU) e ureia (U). Para a fase de 22 – 42 dias de idade houve efeito ($p < 0,05$) quadrático para as variáveis Leu e Het e linear para a variável P e diferença significativa ($p < 0,05$) entre as médias da variável AU nos níveis de BED testados. Não houve efeito ($p > 0,05$) sobre as variáveis VG, Hem, VCM, PPT, Lin, Eos, Bas, Mon, Cl, Ca e U nos níveis de BED testados. A suplementação dos níveis de BED 110, 175 e 240, 305 e 370 para a fase de 1 a 21 dias apresentaram ótimos resultados na avaliação hematológica e bioquímica, pois proporcionaram possivelmente uma maior vida útil para as Hem sem promover desequilíbrio metabólico. Para a fase de 22 a 42 dias o nível de 268 a 280 mEq de BED/kg de ração apresentaram melhor resposta do sistema imunológico dos frangos.

Introdução

Um dos grandes entraves na criação de frangos de corte é o ambiente no qual estes são criados, principalmente em regiões tropicais e subtropicais onde predominam altas temperaturas, em que o estresse térmico crônico (acima de 30 °C) pode prejudicar a produção avícola [1]. A partir do momento em que a temperatura ambiente ultrapassa a temperatura de conforto térmico das aves, onde a taxa metabólica é mínima e a homeotermia é mantida com um gasto menor de energia, tem-se início o estresse por calor[2]. Conseqüentemente os frangos podem sofrer desequilíbrio metabólico (acidose ou alcalose), diminuição do consumo de ração e da taxa de crescimento, comprometimento da saúde e elevação da mortalidade [3].

A alcalose respiratória ocorre na situação de estresse térmico por aumento na taxa respiratória, resultando em perdas excessivas de dióxido de carbono (CO_2). Assim, a pressão parcial de CO_2 (pCO_2) diminui, levando à queda na concentração de ácido carbônico (H_2CO_3) e hidrogênio (H^+). Em contrapartida, a medida que o estresse se intensifica ocorre aumento na pressão parcial de (pCO_2) com aumento do nível de H^+ , ocasionando acidose respiratória [4].

Nos sistemas tropicais de produção são utilizadas diversas estratégias para amenizar os efeitos do estresse por calor, como a modificação do ambiente através da projeção de instalações climatizadas, manejos como os do arraçamento e controle da temperatura da água de beber, além de modificações da composição da dieta a fim de promover maior ingestão ou compensar o baixo consumo alimentar com uso ou não de aditivos como vitaminas e minerais [5].

A suplementação de eletrólitos na dieta tem sido utilizada para manter o equilíbrio ácido-base no sangue, minimizando os efeitos deletérios do estresse térmico [6].Mongin[7] e Johnson e Karunajeewa [8]foram os primeiros a relatar a aplicabilidade do uso de eletrólitos, com o intuito de balancear as perdas destes pelas aves em estresse térmico, esses autores observaram melhor desempenho em frangos de corte alimentados com dietas com balanço eletrólito dietético(BED) 250 e 180 a 300 mEq / kg, respectivamente.

Ahmad et al [6] constatou que um BEDentre50 e 250 mEq/kg promovem normalização acidobásica de frangos sobre estresse calórico, entretanto, BEDde 0 mEq / kg causa depressão do crescimento devido ao menor consumo da ração,em função de acidose sanguínea, e que o BED 350 mEq / kg, ocasiona alcalose, associado ao alto nível de NaHCO_3 [6].

Na avaliação hematológica e bioquímica ja foi observado queo estresse calórico, ocasiona aumento no hematócrito (justificado por efeito da desidratação causada por vômitoe diarreia) eno número de hemácias através do aumento na eritropoiese [9]. A relação H/Leveva-se, como

consequência do aumento de heterófilo e redução de linfócito, sendo esta relação um índice sensível de estresse crônico em frangos [11]. Também já foi observado diminuição sérica de proteínas plasmáticas totais e do ácido úrico, aumento e/ou diminuição de cloro, dentre outras alterações [12, 13].

Portanto a avaliação da eficiência da inclusão de BED pode ser realizada através dos parâmetros sanguíneos, pois estes são muito susceptíveis à variação de temperatura, constituindo-se em importante indicador das respostas fisiológicas ao estresse [11].

Com base nessas evidências, será avaliado o efeito do balanço eletrolítico (110; 175; 240; 305; 370 mEq/kg) sobre o hemograma e o perfil bioquímico sérico de frangos de corte, com o intuito de identificar a eficiência dessas rações em situação de estresse por calor cíclico.

Materiais e métodos

Este estudo foi conduzido em estrita conformidade com as recomendações do guia para cuidados e uso de animais de laboratório dos Institutos Nacionais de Saúde. O protocolo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Experimentação Animal da Universidade Federal do Piauí (Piauí, Brasil) sob o número 075/15.

Aves e dietas

O experimento foi conduzido no setor de avicultura da Universidade Federal do Piauí, localizado em Bom Jesus-PI, Brasil (latitude: 9° 4' 30" sul e longitude: 44° 21' 26" oeste). Foram utilizados 1050 frangos de corte machos da linhagem Ross, para duas fases experimentais: fase 1 (frangos de 1 a 21 dias de idade) e fase 2 (frangos de 22 a 42 dias de idade), 525 em cada fase. Os animais foram distribuídos em delineamento inteiramente casualizado, constituído por cinco tratamentos (níveis de balanços eletrolíticos) e sete repetições de 15 aves, sendo que para as análises hematológicas foram utilizados duas aves de cada repetição uma para avaliação do hemograma e outra para avaliação bioquímica, coletados no final de cada fase experimental, 72 por fase experimental, totalizando 144 aves.

As dietas experimentais foram formuladas para atender as exigências nutricionais das aves em cada fase (1 a 21 e 22 a 42 dias), considerando as exigências e composição química dos ingredientes, conforme descrito por Rostagno et al. [14], exceto para o sódio, cloro e potássio que foram ajustados para definição dos balanços eletrolíticos testados, e também para avaliar os teores destes elementos nos ingredientes utilizados (Tabela 1, 2, 3 e 4). Para obtenção dos

níveis de BED (110; 175; 240; 305; 370 mEq/kg) foram adicionados às dietas cloreto de amônia (NH₄Cl), carbonato de potássio (K₂CO₃) e/ou bicarbonato de sódio (NaHCO₃), em substituição ao material inerte. A água e ração foram fornecidas *ad libitum* aos animais.

Durante todo o período experimental foi adotado um programa de luz contínuo (24 horas de luz natural+artificial), utilizando-se lâmpadas incandescentes de 60 Watts, aplicando-se desta forma o estresse térmico a esses animais, tendo em vista que a temperatura em Bom Jesus tende a ultrapassar a zona de conforto térmico para frangos de corte, que segundo Abreu e Abreu [15] está em torno de 26 a 29°C para frangos de corte com 21 dias e 20°C para frangos com 42 dias, com umidade relativa entre 60 a 70% para ambas as fases. A temperatura e umidade relativa do ar no interior do galpão foi aferida diariamente, durante todo o período experimental, por meio de termohigrômetros.

Tabela 1. Composição centesimal das dietas experimentais para frangos de corte de 1 a 7 dias de idade.

Ingredientes	Balanço eletrolítico dietético– mEq/kg				
	110	175	240	305	370
Milho grão	54,283	54,283	54,283	54,283	54,283
Farelo de soja	35,409	35,409	35,409	35,409	35,409
Óleo de soja	3,373	3,373	3,373	3,373	3,373
Fosfato bicálcico	1,862	1,862	1,862	1,862	1,862
Calcário calcítico	0,905	0,905	0,905	0,905	0,905
DL-metionina	0,221	0,221	0,221	0,221	0,221
L-lisina	0,601	0,601	0,601	0,601	0,601
L-treonina	0,165	0,165	0,165	0,165	0,165
L-arginina	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
L-valina	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150
Sal comum	0,540	0,540	0,540	0,540	0,540
Supl. Min. Vit. ¹	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Inerte	0,920	1,267	1,007	0,507	-
NaHCO ₃	-	-	0,173	0,487	0,840
K ₂ CO ₃	-	-	0,180	0,367	0,520
NH ₄ CL	0,440	0,093	-	-	-
Total	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000
Composição calculada					
Ácido linoleico (%)	3,095	3,095	3,095	3,095	3,095
Cálcio (%)	0,971	0,971	0,971	0,971	0,971
Energ. Met. Aves (Mcal/kg)	2,975	2,975	2,975	2,975	2,975
Fósforo disponível (%)	0,463	0,463	0,463	0,463	0,463
Lisina dig. Aves (%)	1,307	1,307	1,307	1,307	1,307
Met.+cist. dig. Aves (%)	0,967	0,967	0,967	0,967	0,967

Arginina dig. Aves(%)	1,398	1,398	1,398	1,398	1,398
Treonina dig. Aves (%)	0,863	0,863	0,863	0,863	0,863
Triptofano dig. Aves (%)	0,235	0,235	0,235	0,235	0,235
Valina dig. Aves (%)	1,006	1,006	1,006	1,006	1,006
Proteína bruta (%)	21,173	21,173	21,173	21,173	21,173
Potássio (%)	1,116	1,116	1,216	1,324	1,411
Sódio (%)	0,225	0,225	0,273	0,358	0,455
Cloro (%)	0,962	0,736	0,674	0,674	0,674

¹A fornece/kg de dieta. **Pré-inicial:** Ácido fólico - 200,00mg; Biotina - 10,00mg; Clorohidroxiquinolina - 7500,00mg; Zn - 17,50g; Vit. A - 1680000,00UI; Vit. B1 - 436,50mg; Vit. B12 2400,00mg; Vit. B2 - 1200,00mg; Vit. B6 - 624mg; Vit. D3 - 400000,00UI; Vit. E - 3500,00UI; Vit. K3 - 360,00mg; Niacina - 8399,00mg; Nicarbazina - 25,00g; Ácidopantotênico - 3120,00mg; Colina - 78,10g; Se - 75,00mg; Fe 11,25g; Mn - 18,74g; Cu - 1997,00mg; I - 187,00mg.

Tabela 2. Composição centesimal das dietas experimentais para frangos de corte de 8 a 21 dias de idade.

Ingredientes	Balanço eletrolítico dietético– mEq/kg				
	110	175	240	305	370
Milho grão	55,846	55,846	55,846	55,846	55,846
Farelo de soja	33,669	33,669	33,669	33,669	33,669
Óleo de soja	4,110	4,110	4,110	4,110	4,110
Fosfato bicálcico	0,895	0,895	0,895	0,895	0,895
Calcário calcítico	1,371	1,371	1,371	1,371	1,371
DL-metionina	0,197	0,197	0,197	0,197	0,197
L-lisina	0,581	0,581	0,581	0,581	0,581
L-treonina	0,153	0,153	0,153	0,153	0,153
L-arginina	0,127	0,127	0,127	0,127	0,127
L-valina	0,140	0,140	0,140	0,140	0,140
Sal comum	0,523	0,523	0,523	0,523	0,523
Supl. Min. Vit. ¹	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Inerte	0,968	1,313	1,009	0,505	-
NaHCO ₃	-	-	0,170	0,502	0,843
K ₂ CO ₃	-	-	0,209	0,381	0,545
NH ₄ CL	0,420	0,076	-	-	-
Total	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000
Composição calculada					
Ácido linoleico (%)	3,512	3,512	3,512	3,512	3,512
Cálcio (%)	0,878	0,878	0,878	0,878	0,878
Energ. Met. Aves (Mcal/kg)	3,050	3,050	3,050	3,050	3,050
Fósforo disponível (%)	0,272	0,272	0,272	0,272	0,272
Lisina dig. Aves (%)	1,256	1,256	1,256	1,256	1,256
Met.+cist. dig. Aves (%)	0,929	0,929	0,929	0,929	0,929
Arginina dig. Aves (%)	1,344	1,344	1,344	1,344	1,344
Treonina dig. Aves (%)	0,829	0,829	0,829	0,829	0,829

Triptofano dig. Aves (%)	0,226	0,226	0,226	0,226	0,226
Valina dig. Aves (%)	0,967	0,967	0,967	0,967	0,967
Proteína bruta (%)	20,460	20,460	20,460	20,460	20,460
Potássio (%)	1,086	1,086	1,204	1,302	1,394
Sódio (%)	0,218	0,218	0,264	0,355	0,449
Cloro (%)	0,925	0,700	0,651	0,651	0,651

¹A fornece/kg de dieta. **Inicial:** Ácido fólico - 199,00mg; Biotina - 10,00mg; clorohidroxiquinolina - 7500,00mg; Zn - 17,50g; Vit. A - 1680000,00UI; Vit. B1 - 436,50mg; Vit. B12 - 2400,00mg; Vit. B2 - 1200,00mg; Vit. B6 - 624,00mg; Vit. D3 - 400000,00UI; Vit. E - 3500,00UI; Vit. K3 - 360,00mg; Niacina - 8400,00mg; Monensina - 25,00g; Ácido pantotênico - 3119,00 mg; Colina - 80,71g; Se - 75,00mg; Ferro - 11,25g; Mn - 18,74g; Cobre - 1996,00mg; I - 187,47mg.

Tabela 3. Composição centesimal das dietas experimentais para frangos de corte de 22 a 33 dias de idade.

Ingredientes	Balanço eletrolítico dietético– mEq/kg				
	110	175	240	305	370
Milho grão	59,745	59,745	59,745	59,745	59,745
Farelo de soja	29,055	29,055	29,055	29,055	29,055
Óleo de soja	4,970	4,970	4,970	4,970	4,970
Fosfato bicálcico	1,451	1,451	1,451	1,451	1,451
Calcário calcítico	0,686	0,686	0,686	0,686	0,686
DL-metionina	0,236	0,236	0,236	0,236	0,236
L-lisina	0,537	0,537	0,537	0,537	0,537
L-treonina	0,125	0,125	0,125	0,125	0,125
L-arginina	0,114	0,114	0,114	0,114	0,114
L-valina	0,115	0,115	0,115	0,115	0,115
Sal comum	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500
Supl. Min. Vit. ¹	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Inerte	1,109	1,455	1,003	0,503	-
NaHCO ₃	-	-	0,183	0,490	0,819
K ₂ CO ₃	-	-	0,280	0,473	0,647
NH ₄ CL	0,357	0,011	-	-	-
Total	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000
Composição calculada					
Ácido linoleico (%)	4,019	4,019	4,019	4,019	4,019
Cálcio (%)	0,758	0,758	0,758	0,758	0,758
Energ. Met. Aves (Mcal/kg)	3,150	3,150	3,150	3,150	3,150
Fósforo disponível (%)	0,374	0,374	0,374	0,374	0,374
Lisina dig. Aves (%)	1,124	1,124	1,124	1,124	1,124
Met.+cist. dig. Aves (%)	0,832	0,832	0,832	0,832	0,832
Arginina dig. Aves (%)	1,203	1,203	1,203	1,203	1,203
Treonina dig. Aves (%)	0,742	0,742	0,742	0,742	0,742
Triptofano dig. Aves (%)	0,202	0,202	0,202	0,202	0,202
Valina dig. Aves (%)	0,865	0,865	0,865	0,865	0,865

Proteína bruta (%)	18,621	18,621	18,621	18,621	18,621
Potássio (%)	1,003	1,003	1,161	1,271	1,369
Sódio (%)	0,208	0,208	0,258	0,342	0,432
Cloro (%)	0,834	0,609	0,602	0,602	0,602

¹A fornece/kg de dieta. **Crescimento:** Ácido fólico - 162,50mg; Clorohidroxiquinolina - 7500,00mg; Zn - 17,50g; Vit. A - 1400062,50UI; Vit. B1 - 388,00mg; Vit. B12 - 2000,00mcg; Vit. B2 - 1000,00 Mg; Vit. B6 - 520,00mg; Vit. D3 - 360012,00UI; Vit. E - 2500,00UI; Vit. K3 - 300,00mg; Niacina - 7000,00mg; Salinomicina - 16,50g; Ácido pantotênico - 2600,00mg; Colina - 71,59g; Se - 75,00mg; Fe - 11,25g; Mn - 18,74g; Cu - 1996,00mg; I - 187,47mg.

Tabela 4. Composição centesimal das dietas experimentais para frangos de corte de 34 a 42 dias de idade.

Ingredientes	Balanço eletrolítico dietético– mEq/kg				
	110	175	240	305	370
Milho grão	64,120	64,120	64,120	64,120	64,120
Farelo de soja	25,269	25,269	25,269	25,269	25,269
Óleo de soja	4,919	4,919	4,919	4,919	4,919
Fosfato bicálcico	1,074	1,074	1,074	1,074	1,074
Calcário calcítico	0,658	0,658	0,658	0,658	0,658
DL-metionina	0,183	0,183	0,183	0,183	0,183
L-lisina	0,494	0,494	0,494	0,494	0,494
L-treonina	0,097	0,097	0,097	0,097	0,097
L-arginina	0,096	0,096	0,096	0,096	0,096
L-valina	0,091	0,091	0,091	0,091	0,091
Sal comum	0,474	0,474	0,474	0,474	0,474
Supl. Min. Vit. ¹	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Inerte	1,212	1,479	1,003	0,505	-
NaHCO ₃	-	0,037	0,207	0,509	0,852
K ₂ CO ₃	-	0,012	0,316	0,512	0,674
NH ₄ CL	0,314	-	-	-	-
Total	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000
Composição calculada					
Ácido linoleico (%)	4,050	4,050	4,050	4,050	4,050
Cálcio (%)	0,634	0,634	0,634	0,634	0,634
Energ. Met. Aves (Mcal/kg)	3,200	3,200	3,200	3,200	3,200
Fósforo disponível (%)	0,296	0,296	0,296	0,296	0,296
Lisina dig. Aves (%)	1,014	1,014	1,014	1,014	1,014
Met.+cist. dig. Aves (%)	0,750	0,750	0,750	0,750	0,750
Arginina dig. Aves (%)	1,085	1,085	1,085	1,085	1,085
Treonina dig. Aves (%)	0,669	0,669	0,669	0,669	0,669
Triptofano dig. Aves (%)	0,183	0,183	0,183	0,183	0,183
Valina dig. Aves (%)	0,781	0,781	0,781	0,781	0,781
Proteína bruta (%)	17,142	17,142	17,142	17,142	17,142
Potássio (%)	0,942	0,949	1,120	1,231	1,323

Sódio (%)	0,195	0,205	0,252	0,334	0,429
Cloro (%)	0,764	0,559	0,559	0,559	0,559

¹A fornece/kg de dieta. **Final:** Ácido fólico - 162,50mg; Óxido de zinco - 17,500mg; Se - 75mg; Vit. A - 1.400.00UI; Vit. B1 - 388mg; Vit. B12 - 2.000mg; Vit. B2 - 1.000mg; Vit. B6 - 520mg; Vit. D3 - 1.600UI; Vit. E - 2.500mg; Vit. K3 - 300mg; Zn - 70ppm; Niacina - 7.000mg; Ácidopantotênico - 2.600mg; Colina - 71.593,49mg; Fe - 11,250mg; Mn - 18,750mg; Cu - 2.000mg; I - 187,50mg, aditivoantioxidante - 25,000mg; halquinol - 7.500mg; salinomicina - 16.500mg.

Coleta de amostras

Para as análises laboratoriais do hemograma e bioquímica sérica foram colhidos de 0,5 a 3 mL de sangue venoso, dependendo do tamanho da ave e não ultrapassando 1% do peso do animal, por punção da veia jugular, metatársica medial ou da veia ulnar, em seringas contendo anticoagulante EDTA (ácido etilenodiaminotetracético) a 10% para hemograma e seringas sem anticoagulante para análises bioquímica [16]. As colheitas de sangue foram realizadas nas duas fases experimentais, na fase 1 foi realizada no 20º dia de idade e na fase 2 no 41º dia de idade.

Hemograma

Imediatamente após a colheita foram confeccionados os esfregaços sanguíneos, posteriormente corados com corante hematológico tipo Romanowsky (Panótico Rápido[®]) e analisados em microscópio ótico, no aumento de 1000x, para avaliação diferencial de leucócitos. Em seguida foram realizadas as contagens absolutas de eritrócitos e leucócitos em câmara de Neubauer com a utilização do azul de toluidina a 0,01% [16].

Também foi determinado o hematócrito, através da centrifugação de amostra de sangue em capilar de microhematócrito, e o cálculo do volume corpuscular médio (VCM) segundo Hendrix [17].

Bioquímica

Para avaliação da bioquímica sérica foi utilizado analisador bioquímico automático (Analisador Automático ChemWell T – Labtest, Lagoa Santa/MG, Brasil) do Hospital Veterinário Universitário, Dr. Jeremias Pereira da Silva, da UFPI, Teresina/PI, Brasil,

utilizando kits comerciais. Foram determinadas as concentrações séricas de ureia (metodologia Enzimático UV), cálcio (metodologia colorimétrica), fósforo (metodologia Daly e Ertingshausen modificado), cloreto (metodologia Tiocianato de Mercúrio) e a concentração sérica de ácido úrico (método colorimétrico enzimático Trinder). Todas as reações bioquímicas foram processadas conforme orientação dos fabricantes.

Proteína plasmática total (PPT)

A determinação da PPT foi realizada após a centrifugação do sangue em capilar de microhematócrito e a leitura da concentração de proteína no plasma realizada por refratometria [16].

Análise estatística

Os dados foram submetidos a teste de normalidade (Cramer-Von Mises), com análise de variância (ANOVA) pelo procedimento GLM do software *Statistical Analysis System – SAS, versão 9.0*. Foi utilizado o teste de SNK com $\alpha = 0,05$ de probabilidade, para comparação de médias. As estimativas do balanço eletrolítico dietético foram definidas por meio de regressão polinomial.

Resultados

Hemograma e Proteína Plasmática Total

Os resultados do hemograma são apresentados na Tabela 5 e 6 para a fase de 1 – 21 dias de idade e Tabelas 7 e 8 para 21 a 42 dias de idade. Para a fase de 1-21 dias de idade, as variáveis número de hemácias (Hem) e VCM apresentaram efeito ($p < 0,05$) linear em função dos níveis de balanço eletrolítico. Não houve efeito ($p > 0,05$) sobre as variáveis volume globular (VG), PPT, número de leucócitos (Leu), heterófilos (Het), linfócitos (Lin), eosinófilos (Eos), basófilos (Bas), monócitos (Mon) e da relação H/Lem função dos níveis de BED testados. Foi observado valor acima da referência da espécie para a variável Het nos níveis 175, 240 e 370 mEq/kg e para variável Mon em todos os níveis testados. A média da temperatura máxima e mínima durante esta fase foi respectivamente 34,2 e 21,4 °C, e a umidade máxima e mínima de 62,57 e 29,43%, sendo que para o dia da coleta a temperatura máxima e mínima foi

respectivamente 34,2 e 20,7 °C, e a umidade máxima e mínima 61 e 28%, caracterizando estresse crônico por calor cíclico.

Tabela 5. Níveis de balanço eletrolítico dietético sobre o eritrograma e proteínas plasmáticas totais (PPT) de frangos de corte na fase de 01 a 21 dias de idade.

BED (mEq/Kg)	Hem (x10 ⁶ /μL)	VG (%)	VCM (fL)	PPT (g/dL)
110	1,81	29,0	155,4	3,4
175	1,81	29,8	163,1	3,3
240	2,06	28,3	147,8	3,4
305	1,98	29,4	143,8	3,3
370	2,08	30,3	145,9	3,5
VR	1,98 ±0,28 ^{**}	22 – 35 [*]	170,48 ±24,83 ^{**}	2,5 - 4,5 ^{**}
Probabilidade	0,1342	0,2189	0,1085	0,5222
Regressão	L ¹	Ns	L ²	Ns
CV (%)	12,90059	5,14	8,396442	4,006969

* Weiss e Wardrop [18], ** Schmidt et al. [19], ¹Macari e Luquetti[20], ²Borsa, Borsa e Borsa. [21].

VR = Valores de Referência; Volume globular = VG; número de hemácias = Hem; volume corpuscular médio = VCM; proteína plasmática total = PPT; ns = não significativo.

1= regressão linear (p=0.0225), Hem= 1686824 + 1091.2BED, R² = 0.73;

2= regressão linear (p= 0.0351), VCM= 164.9772796 - 0.0572823BED, R² =0.57.

Tabela 6. Níveis de balanço eletrolítico dietético sobre o leucogramade frangos de corte na fase de 01 a 21 dias de idade.

BED(mEq/Kg)	Leu (μL)	Het (μL)	Lin (μL)	Eos (μL)	Bas (μL)	Mon (μL)	H/L
110	18286	5977	10193	47,1	0,0	2524,0	0,6067
175	20833	6797	12737	95,7	0,0	2941,4	0,5580
240	19429	6941	10186	0,0	40,0	2498,3	0,6756
305	16833	5909	8525	0,0	74,3	2498,3	0,6319
370	18000	6580	9297	20,0	0,0	2102,9	0,7726
VR	12.000 – 30.000 [*]	3000 - 6000 [*]	7000 – 17.500 [*]	0 – 1000 [*]	raro [*]	150 – 2000 [*]	0,5 ^{**}
Probabilidade	0,7265	0,9346	0,1870	0,2144	0,3323	0,5795	0,0532
Regressão	Ns	Ns	ns	Ns	Ns	ns	Ns
CV	28,12	43,11	31,19	262,98	355,04	36,56	26.62

*Weiss e Wardrop [18], **Macari e Luquetti[20].

VR = Valores de Referência; Número de leucócitos = Leu; heterófilos = Het; linfócitos = Lin; eosinófilos = Eos; basófilos = Bas e monócitos = Mon; relação heterófilo / linfócito = H/L; ns = não significativo.

Para a fase de 22 – 42 dias de idade, as variáveis Leu e Het apresentaram efeito (p<0,05) quadrático para os níveis de balanço eletrolítico. Foram estimados pela derivada das equações

quadráticas os níveis de 268 e 280 mEq de BED/kg de ração que proporcionaram menores quantidades de Leu e Het, respectivamente. Não houve efeito ($p > 0,05$) sobre as variáveis VG, Hem, VCM, PPT, Lin, Eos, Bas e Mon em função dos níveis de BED testados. Foi observado valor acima da referência da espécie para variável Het em todos os níveis testados, com exceção do nível 305 mEq/kg. No nível 175 e 370 mEq/kg foi observado valor acima da referência para Mon e a H/L de todos os níveis também estava elevada, para o nível de 240 mEq/kg o número de Lin está abaixo do valor de referência para a espécie. A média da temperatura máxima e mínima durante esta fase foi respectivamente 34,8 e 21,4°C e a umidade máxima e mínima de 65,10 e 28,24%, sendo que para o dia da coleta a temperatura máxima e mínima foi respectivamente 35,8 e 23,8 °C, e a umidade máxima e mínima 58 e 29%, caracterizando estresse crônico por calor cíclico.

Tabela 7. Níveis de balanço eletrolítico dietético sobre o eritrograma e PPT de frangos de corte na fase de 22 a 42 dias de idade.

BED (mEq/Kg)	Hem ($\times 10^6/\mu\text{L}$)	VG (%)	VCM (fL)	PPT (g/dL)
110	2,27	28,6	125,8	3,8
175	2,29	27,7	121,5	4,0
240	2,18	29,0	134,0	3,8
305	2,05	28,6	130,5	3,8
370	2,24	28,4	127,0	3,8
VR	2,39'	22 – 35*	90 – 140*	2,5 - 4,5**
Probabilidade	0,3349	0,8642	0,1513	0,2041
Regressão	Ns	Ns	Ns	Ns
CV	10,84	7,71	7,22	4,83

* Weiss e Wardrop [18], ** Schmidt et al.[19], Macari e Luquetti[20].

VR = Valores de Referência; Volume globular = VG; número de hemácias = Hem; volume corpuscular médio = VCM; proteína plasmática total = PPT; ns = não significativo.

Tabela 8. Níveis de balanço eletrolítico dietético sobre o leucograma de frangos de corte na fase de 22 a 42 dias de idade.

BED(mEq/Kg)	Leu (μL)	Het (μL)	Lin (μL)	Eos (μL)	Bas (μL)	Mon (μL)	H/L
110	20571	10316,7	7683	85,7	31,4	1956,0	1,3117
175	17143	6603,3	7460	0,0	25,7	2220,0	0,9635
240	15714	7241,4	6269	47,1	0,0	1922,0	1,0980
305	15143	5918,0	7153	32,9	22,9	1820,0	0,8383
370	17571	7210,0	7806	100,0	51,4	2096,0	0,9413
VR	12.000 – 30.000*	3000 – 6000*	7000 – 17.500*	0 – 1000*	raro*	150 – 2000*	0,5**

Probabilidade	0,1043	0,0005	0,6899	0,5899	0,8396	0,8625	0,0532
Regressão	Q ¹	Q ²	Ns	Ns	ns	Ns	L ³
CV	22,39	20,16	29,69	238,28	312,39	34,43	26,62

*Weiss e Wardrop [18], **Macari e Luquetti [20].

VR = Valores de Referência; Número de leucócitos = Leu; heterófilos = Het; linfócitos = Lin; eosinófilos = Eos; basófilos = Bas e monócitos = Mon; relação heterófilo / linfócito = H/L; ns = não significativo.

Medias com letras maiúsculas iguais na mesma coluna não diferem estatisticamente de acordo com o teste SNK (p < 0,05)

1= regressão quadrática (p=0.0237), Leu = 30628 - 114.32BED + 0.213BED², R² = 0.98;

2= regressão quadrática (p=0.0029), Het = 16427 - 73.053BED + 0.130BED², R² = 0.82.

3= regressão linear (p= 0.0238), H/L= 1.343438462 - 0.001293077BED, R² = 0.164008

Bioquímica

Os resultados dos parâmetros bioquímicos são apresentados na Tabela 9 e 10 para a fase de 1 – 21 e 22 – 42 dias de idade, respectivamente. Para a fase de 1-21 dias de idade, a variável cloro (Cl) apresentou efeito (p<0,05) linear para os níveis de balanço eletrolítico testados. Não houve efeito (p>0,05) sobre as variáveis cálcio (Ca), fósforo (P), ácido úrico (AU) e ureia (U) em função dos níveis de BED testados. Foi observado valor abaixo da referência da espécie para a variável P em todos os níveis testados.

Tabela 9. Níveis de balanço eletrolítico dietético sobre os parâmetros bioquímicos séricos de frangos de corte de 01 a 21 dias de idade.

BED (mEq/Kg)	Cl (mEq/L)	Ca (mg/dL)	P (mg/dL)	AU (mg/dL)	U (mg/dL)
110	116,000	12,454	3,4783	6,0086	5,2000
175	109,857	13,860	2,8633	5,6500	5,0000
240	107,143	12,357	3,0071	5,8900	4,8333
305	104,167	11,551	3,5617	6,4129	6,6667
370	102,571	11,680	2,9543	4,8414	5,1429
VR	109,0 ^a e 100 a 120 [@]	10,5±1,0*	5 a 7 [@]	8,7±4,5*	5,18 [']
Probabilidade	0,2669	0,5040	0,5562	0,1755	0,0734
Regressão	L ¹	Ns	Ns	ns	Ns
CV	10,50	18,94	28,93	20,53	21,41

*González et al. [22], Domingues et al. [23], Ahmad et al. [6], Thrall et al. [16].

VR = Valores de Referência; Cloro = Cl; Cálcio = Ca; Fósforo = P; Ácido úrico = AU e Ureia = U; ns = não significativo.

1= regressão linear (p=0.0235), Cl= 119.7256745 - 0.0492107BED, R² = 0.154703.

Para a fase de 22-42 dias de idade, a variável P apresentou efeito (p<0,05) linear em função dos níveis de BED testados, houve também diferença significativa (p<0,05) entre as médias

variável AU apenas entre os níveis de 175 e 305mEq de BED/Kgde ração. Não houve efeito ($p < 0,05$) sobre as variáveis Cl, Ca e U em função dos níveis de BED testados. Foi observado valor abaixo da referência da espécie para a variável Cl no nível 305mEq/Kg.

Tabela 10. Níveis de balanço eletrolítico dietético sobre os parâmetros bioquímicos séricos de frangos de corte de 22 a 42 dias de idade.

BED (mEq/Kg)	Cl (mEq/L)	Ca (mg/dL)	P (mg/dL)	AU (mg/dL)	U (mg/dL)
110	103,833	6,529	6,2714	4,9667AB	3,0000
175	104,714	5,757	6,2857	5,8286 A	2,7143
240	103,286	6,433	5,0286	4,8500AB	2,6000
305	97,500	5,343	5,2500	4,7000 B	3,1667
370	106,571	5,514	5,3286	5,1714AB	2,8333
VR	109,0** e 100 a 120 [@]	6,68*	5 a 7 [@]	5,80'	3,33'
Probabilidade	0,8632	0,7139	0,1013	0,0320	0,8066
Regressão	Ns	Ns	L ¹	ns	Ns
CV	14,66	32,54	19,07	12,59	29,46

**Ahmad et al.[6], Franciscato et al.[24],[@]Thrall et al.[16].

VR = Valores de Referência; Cloro = Cl; Cálcio = Ca; Fósforo = P; Ácido úrico = AU e Ureia = U; ns = não significativo.

Medias com letras maiúsculas iguais na mesma coluna não diferem estatisticamente de acordo com o teste SNK ($p < 0,05$)

1= regressão linear ($p=0.0332$): $P = 6.709247171 - 0.004473676BED$, $R^2=0.133996$

Discussão

A suplementação de eletrólitos é utilizada para amenizar os efeitos deletérios do estresse calórico, com o intuito de balancear as perdas de eletrólitos pelas aves em estresse térmico [6,7,8]. Alterações quantitativas e morfológicas nas células sanguíneas são associadas a condições infecciosas, inflamatórias e estresses de natureza diversas, traduzidas por variações nos valores do hematócrito, número de leucócitos e eritrócitos circulantes e do teor de hemoglobina no eritrócito [25].

Em situação de estresse térmico crônico o esperado é que ocorra a diminuição do número total de hemácias associada a uma menor vida útil e inibição da produção pela medula óssea, diminuição do VCM e diminuição do número de leucócitos associado ao menor consumo da ração e aumento da corticosterona que deprime a atividade de órgãos linfoides, e um menor nível de PPT [26, 13].

Em estudos anteriores já foi observado que o uso de BED para frangos de corte melhora o desempenho de aves, ganho de peso corporal, mineralização óssea, diminuição da mortalidade e a normalização do equilíbrio ácido-básico, amenizando o efeito do estresse por calor mantendo os parâmetros hematológicos e bioquímicos dentro dos padrões de normalidade. [10, 9, 6].

Neste estudo, foi observado que na fase de 1 – 21 dias de idade houve efeito linear ($p < 0,05$) para os parâmetros, Hem e VCM, onde foi observado aumento diretamente proporcional aos níveis de BED do Hem e diminuição inversamente proporcional do VCM, ambos dentro do valor de referência para espécie, sugerindo que para esta fase as hemácias apresentaram uma maior vida útil proporcional ao aumento do nível de BED, tendo em vista que as hemácias estavam aumentando em número e diminuindo em tamanho. Isto pode ser considerado, pois segundo Christian [27], quanto maior a taxa metabólica do animal maior será o estresse oxidativo acumulado e menor a vida média dos eritrócitos. O que reforça essa observação é que além de estarem aumentando em número, estavam diminuindo em tamanho, indicando que estavam vivendo mais, mesmo em processo de senescência, como observou Bartosz [28] quanto mais velha a hemácia menor o seu tamanho.

Também houve efeito linear ($p < 0,05$) para o nível de Cl, em que seu nível diminuiu a medida que aumentou o BED. Já foi observado que o estresse térmico diminuiu o nível sérico de Cl⁻ [13, 10], o eletrólito é necessário em fluidos corporais para exercer uma ação ácida para normalizar o pH sanguíneo [11]. Ahmad et al. [6], também observou diminuição linear ($p < 0,05$) de Cl a medida que aumentou o BED. Neste estudo Cl estava dentro do valor de referência para a espécie em todos os níveis de BED testado, porém a diminuição linear do seu nível indica que valores acima do nível de 370 ocasionariam um estado de hipocloremia, não sendo recomendado utilizar valores acima deste.

A monocitose e hipofosfatemia foram comuns a todos os níveis de BED testados para esta mesma fase. A monocitose em aves aparece de forma comum em casos de doenças infecciosas causadas por microrganismos que promovem inflamação granulomatosa como *Mycobacterium*, *Chlamydia* e fungos, granuloma bacteriano crônico e necrose tecidual extensa e na deficiência em zinco [16], já a hipofosfatemia é comum em aves jovens em crescimento, hipovitaminose D₃ (com hipocalcemia), má absorção, inanição e terapias prolongadas com corticosteróides [16]. Não foi identificada nenhuma evidência que justifique estas duas situações, estudos mais aprofundados precisam ser realizados. Como os valores de referência nem sempre são adequados a todas as populações, provavelmente esses sejam valores normais para animais desta fase de produção, nas condições ambientais locais. Da

mesma forma a heterofilia observada nos níveis 175, 240 e 370 mEq/kg, é questionável, pois em trabalhos já realizados na mesma região já foram observados valores médios em torno de 6412 μ L para frangos com idade em torno de 21 dias [29], semelhante ao observado nesta fase.

Neste estudo, foi observado que na fase de 22 – 42 dias de idade das aves, houve efeito ($p < 0,05$) quadrático para as variáveis Leu e Hete e efeito linear para a variável H/L em função dos níveis de BED testados. Não houve variação nos parâmetros eritrocitários, nas proteínas plasmáticas totais e no número de linfócitos, eosinófilos, basófilos e monócitos para esta fase para os níveis de BED testados, semelhante ao observado por Laganá et al. [30] e Xie et al. [12]. Foi observado valor acima da referência da espécie para Het em todos os níveis testados com exceção do nível 305 mEq/kg, porém essa heterofilia é questionável, pois em trabalhos realizados com frangos de corte com idade em torno de 42 dias e na mesma região já foram observados valores médios para essa variável em torno de 7020 μ L [29], semelhante ao observado neste estudo para esta fase, com exceção do nível 110 mEq/kg, onde observamos nível de Het acima desta média portanto apresentando heterofilia.

Para todos os níveis de BED a relação H/L estava acima do que é considerado ideal para a espécie, segundo Gross e Siegel [31], há três valores fundamentados na proporção H/L que podem ser utilizados para caracterizar os níveis de estresse em frangos de corte. Nessa classificação, o valor 0,2 indicaria grau leve de estresse; 0,5 estresse intermediário ou moderado e 0,8 estresse alto, contudo Macari e Luquetti [20] consideram 0,5 a proporção ideal da H/L, e Laganá et al. [30] observaram valores médios de 0,79 em ambiente termoneutro (21-25°C) para a H/L.

Considerando esta classificação, e levando em consideração Macari e Luquetti [20] e Laganá et al. [30] para todos os níveis de BED testado os animais estavam sobre estresse alto, porém o efeito quadrático no Leu e Hete demonstra uma melhora nos parâmetros leucocitários a medida que se aproxima do nível 305 mEq/kg de BED.

Tanto a heterofilia no nível 110 mEq / kg de BED como a linfopenia presente no nível 240 mEq/kg estão associadas ao alto nível de estresse que estes animais estavam passando, houve variação incomum no Mon para o nível 175 e 370 mEq/kg (monocitose) não sendo observado situação semelhante em nenhum outro estudo.

A variável P apresentou efeito ($p < 0,05$) linear para os níveis de BED testados, diferente do que observaram Vieites et al. [32], que para os níveis de 0 a 350 mEq de BED/kg não constataram nenhuma variação no fósforo. Junqueira et al. [33] verificaram alteração nos níveis de P em dietas com diferentes BED e relataram que o sódio da dieta, ao ser absorvido, se combina com o fósforo plasmático, dando formação ao fosfato de sódio, e, por

consequente, facilita sua eliminação pelos rins, isso traz efeitos benéficos sobre a incorporação do cálcio ao íon carbonato, com consequente elevação da síntese de carbonato de cálcio, o que pode justificar a diminuição do nível sérico de fósforo medida que aumenta o nível de BED neste experimento. Houve também diferença significativa ($p < 0,05$) entre as médias da variável AU somente entre o nível 175 e 305 mEq de BED/Kg para, não foi identificada nenhuma relação para essa diminuição, porém os níveis se mantiveram dentro dos valores de referência para a espécie.

A hipocloremia no nível de 305 mEq de BED/kg, precisa ser melhor investigada, pois segundo Thrall, et al. [16] é um fenômeno raro em aves, e não foi identificada situação semelhante em outros estudos para níveis de BED próximos deste.

Para a fase de 22 a 42 dias o nível de 268 a 280 mEq de BED/kg de ração apresentaram melhor resposta do sistema imunológico dos frangos, pois dentro desta faixa os números de Leu e Het estiveram menor do que nos outros níveis de BED testados e dentro do limite de normalidade para espécie, estes valores foram obtidos através das equações de regressão quadrática.

Conclusão

A suplementação com 370 mEq de BED/Kg de ração melhora a resposta hematológica e bioquímica, pois proporcionaram incremento do número de hemácias, sem promover desequilíbrio metabólico na fase de 1 a 21 dias de idade. Para a fase de 22 a 42 dias os níveis de 268 a 280 mEq de BED/kg de ração apresentaram melhor resposta do sistema imunológico dos frangos.

Referências

1. Mehaisen GMK, Ibrahim RM, Desoky AA, Safaa HM, El-Sayed OA, Abass AO. The importance of propolis in alleviating the negative physiological effects of heat stress in quail chicks. PLoS ONE 12(10): e0186907
2. Teixeira MPF, Abreu MLT. Vitamina C em rações de frango de corte. Revista Eletrônica Nutritime. 2011; 8(2):1489-1498.
3. Sayed MAM, Downing J. Effects of dietary electrolyte balance and addition of electrolyte-betaine supplements in feed or water on performance, acid-base balance and water retention in heat stressed broilers. British Poultry Science. 2015; 56:195-209.

4. Olanrewaju HA, Wongpichet S, Thaxton JP, Dozier III WA, Branton S L. Stress and Acid-Base Balance in Chickens. *Poultry Science*. 2006; 85:1266–1274.
5. Renaudeau D, Collin A, Yahav S, Basilio V, Gourdine JL, Collier RJ. Adaptation to hot climate and strategies to alleviate heat stress in livestock production. *Animal*. 2012; 6(5):707–728.
6. Ahmad T, Mushtaq T, Khan MA, Babar ME, Yousaf M, Hasan ZU, Kamran Z. Influence of varying dietary electrolyte balance on broiler performance under tropical summer conditions. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*. 2008; 93:613–621.
7. Mongin P. Recent advances in dietary anion-cation balance: applications in poultry. *Proceedings Nutrition Society*. 1981; v.40.
8. Johnson RJ, Karunajeewa H. The Effects of Dietary Minerals and Electrolytes on the Growth and Physiology of the Young Chick. *The Journal of Nutrition*. 1985; 115(12):1680-1690.
9. Olanrewaju HA, Thaxton, JP, Dozier III, WA, Branton, SL. Electrolyte Diets, Stress, and Acid-Base Balance in Broiler Chickens. ***Poultry Science***. 2007; 86:1363–1371.
10. Arantes UM, Stringhini JH, Oliveira MC, Oliveira MC, Rezende PM, Rezende PM, Leandro NSM, Café MB. Effect of different electrolyte balances in broiler diets. *Rev. Bras. de Cienc. Avic*. 2013; 15(3):169-286.
11. Borges SA, Silva AVF, Majorca A, Hooge DM, Cummings KR. Physiological responses of broiler chickens to heat stress and dietary electrolyte balance (sodium plus potassium minus chloride, milliequivalents per kilogram). *Poultry Science*. 2004; 83:1551–1558.
12. Xie J, Tang L, Lu L, Zhang L, Lin X, Liu H, Odle J, Luo X. Effects of acute and chronic heat stress on plasma metabolites, hormones and oxidant status in restrictedly fed broiler breeders. *Poultry Science*. 2015; 94(7):1635–1644.
13. Huang S, Yang H, Rehman MU, Tong Z. Acute heat stress in broiler chickens and its impact on serum biochemical and electrolyte parameters. *Indian Journal of Animal Research*. 2017; 52 (5): 683-686.
14. Rostagno HS, Albino LFT, Hannas MI, Donzele JL, Sakomura NK, Perrazo FG, Saraiva A, Teixeira MV, Rodrigues PB, Oliveira RF, Barreto SLT, Brito CO. Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais. 4.ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2017.
15. Abreu VMN, Abreu PG. Os desafios da ambiência sobre os sistemas de aves no Brasil. *R. Bras de Zootec*. 2011; 40:01-14.

16. Thrall MA, Weiser G, Allison RW, Campbell TW. Hematologia e Bioquímica clínica veterinária. São Paulo: Roca, 2015.
17. Hendrix CM. Procedimentos laboratoriais para técnicos veterinários. São Paulo: Roca, 2003.
18. Weiss DJ, Wardrop KJ. Hematology of Chickens and Turkeys. Schalm's veterinary hematology. São Paulo: Roca, 2006.
19. Schmidt EMS, Locatelli-Dittrich R, Santin E, Paulillo AC. Patologia clínica em aves de produção – uma ferramenta para monitorar a sanidade avícola - revisão. **Archives of Veterinary Science**. 2007; 12(3):9-20.
20. Macari M, Luquetti BC. Fisiologia cardiovascular. Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte. São Paulo: FUNEP; 2002.
21. Borsa A, Borsa O, Borsa MV. Valores hematológicos em frangos de corte de criação industrial. *Colloquium Agrariae*. 2009; 5(1):25 – 31.
22. González FHD, Haida KS, Mahl D, Giannesi G, Kronbauer E. Incidência de doenças metabólicas em frangos de corte no sul do Brasil e uso do perfil bioquímico sanguíneo para o seu estudo. *Rev. Bras. Cienc. Avic*. 2001; 3(2):141-147.
23. Domingues RM, Laurentiz AC, Melo APF, Mello ES, Filardi RS, Sobrane FST, Silva MLA, Laurentiz RS. Parâmetros sanguíneos de frangos de corte alimentados com dietas suplementadas com sementes secas de Piper cubeba como aditivo fitogênico. *Pesquisa Veterinária Brasileira*. 2016; 36(11):1139-1144.
24. Franciscato C, Lopes STA, Santurio JM, Wolkmer P, Maciel RM, Paula MT, Garmatz BC, Costa MM. Concentrações séricas de minerais e funções hepática e renal de frangos intoxicados com aflatoxina e tratados com montmorilonita sódica. *Pesq. Agropec. Bras*. 2006; 41:1573-1577.
25. Kuttappan VA, Huff GR, Huff WE, Hargis BM, Apple JK, Coon C, Owens CM. Comparison of hematologic and serologic profiles of broiler birds with normal and severe degrees of white striping in breast fillets. *Poultry Science*. 2013; 92:339–345.
26. Mahmoud UT, Abdel-Rahman MA, Darwish MHA, Mosaad GM. The effect of heat stress on blood picture of Japanese quail. *Journal of Advanced Veterinary Research*. 2013; 3:69-76.
27. Christian JA. Erythrokinetics and Erythrocyte Destruction. *Schalm's Veterinary Hematology*. 6th ed. Iowa: Wiley Blackwell; 2010.
28. Bartosz G. Erythrocyte aging: Physical and Chemical Membrane Changes. **Gerontology**. 1991; 37:33-67.

29. Dourado LRB, Machado LP, Araújo AS, Fernandes ML, Santos ET, Silva DRS, Biagiotti D, Bastos HPA. Desempenho e saúde de frangos de corte não são prejudicados em função do teor de metanol da glicerina incluída em dietas. *Pesquisa Veterinária Brasileira*. 2017;37(6):537-543.
30. Laganá C, Ribeiro AML, González FHD, Lacerda LA, Kratz LR, Barbosa PR. Níveis dietéticos de proteína e gordura e parâmetros bioquímicos, hematológicos e empenamento em frangos de corte estressados pelo calor. *R. Bras. Zootec.* 2007; 36(6):1783-1790.
31. Gross WB, Siegel HS. Evaluation of the heterophil/lymphocyte ratio as a measure of stress in chickens. *Avian Diseases*. 1983; 27(4):972-979.
32. Vieites FM, Fraga AL, Moraes GHK, Vargas JJG, Nalon RP, Corrêa GSS, Nunes RV. Cálcio, fósforo e proteína total no sangue de frangos de corte em função de níveis de balanço eletrolítico da ração. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.* 2011; 63(4):887-894.
33. Junqueira OM, Filho BC, Araújo LF, Araújo CSS, Sakomura NK. Efeitos das fontes e níveis de sódio, cloro e potássio e da relação $(Na + K)/Cl$, sobre o desempenho e características do plasma sanguíneo de poedeiras comerciais. *R. Bras. Zootec.* 2000; 29(4):1110-1116.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

No Brasil, especificamente na região Nordeste, as temperaturas são elevadas praticamente o ano inteiro, sendo o fator de maior impacto na produção de frangos de corte. Várias alternativas para minimizar os efeitos negativos do estresse térmico têm sido apresentadas, a literatura recomenda a modificação do ambiente através da projeção de instalações climatizadas, manejos como os do arrazoamento e da água de beber, além de modificações da composição da dieta a fim de promover maior ingestão ou compensar o baixo consumo alimentar com uso ou não de aditivos como vitaminas e minerais. Foi possível concluir através deste estudo que a suplementação dos níveis de balanço eletrolítico manteve o equilíbrio hematológica, bioquímica e metabólico.

Este estudo permitiu mais informações sobre a utilização do balanço eletrolítico na nutrição de frangos de corte, contribuindo com maiores tecnologias que ao mesmo tempo asseguram a preservação da saúde e do bem-estar animal, minimizando impactos ambientais adversos.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS GERAIS

- ABREU, V.M.N.; ABREU, P.G. Os desafios da ambiência sobre os sistemas de aves no Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.40, p.01-14, 2011.
- AHMAD, T. et al. Influence of varying dietary electrolyte balance on broiler performance under tropical summer conditions. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**. v. 93, p.613-621, 2008.
- ARANTES, U.M. et al. Effect of different electrolyte balances in broiler diets. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**. v.15, p.169-286, 2013.
- BARTOSZ, G. Erythrocyte aging: Physical and Chemical Membrane Changes. **Gerontology**. v. 37, p. 33-67, 1991.
- BORSA, A.; BORSA, O.; BORSA, M.V. Valores hematológicos em frangos de corte de criação industrial. **Colloquium Agrariae**. v.5, p.25-31, 2009.
- BORGES, S.A. et al. Physiological responses of broiler chickens to heat stress and dietary electrolyte balance (sodium plus potassium minus chloride, milliequivalents per kilogram). **Poultry Science**. v.83, p.1551-1558, 2004.
- BORGES, S.A. et al. Acid-base balance in broiler. **World's Poultry Science Journal**. v.63, p.73-81, 2007.
- BORGES, S.A.; MAIORKA, A.; SILVA, A.V.F. Fisiologia do estresse calórico e a utilização de eletrólitos em frangos de corte. **Ciência Rural**. v. 33, p.975-981, 2003.
- CHRISTIAN, J.A. Erythrokinetics and Erythrocyte Destruction. Schalm's Veterinary Hematology. Iowa: Wiley Blackwell, 6nd ed, p.136-143, 2010.
- DOURADO, L.R.B. et al. Desempenho e saúde de frangos de corte não são prejudicados em função do teor de metanol da glicerina incluída em dietas. **Pesquisa Veterinária Brasileira**. v.37, p.537-543, 2017.
- DOMINGUES, R.M. et al. Parâmetros sanguíneos de frangos de corte alimentados com dietas suplementadas com sementes secas de Piper cubeba como aditivo fitogênico. **Pesquisa Veterinária Brasileira**. v.36, p.1139-1144, 2016.
- FRANCISCATO, C. et al. Concentrações séricas de minerais e funções hepática e renal de frangos intoxicados com aflatoxina e tratados com montmorilonita sódica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v.41, p.1573-1577, 2006.
- GONZÁLEZ, F.H.D. et al. Incidência de doenças metabólicas em frangos de corte no sul do Brasil e uso do perfil bioquímico sanguíneo para o seu estudo. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**. v.3, p. 141-147, 2001.
- GROSS, W.B.; SIEGEL, H.S. Evaluation of the heterophil/lymphocyte ratio as a measure of stress in chickens. **Avian Diseases**. v. 27, p.972-979, 1983.
- HOOGE, D.M. Practicabilities of using dietary sodium and potassium supplements to improve poultry performance. **Proceedings of Arkansas Nutrition Conference**. p.18, 2003.

HOSKOTE, S. S. et al. Disorders of potassium homeostasis: Pathophysiology and management. **Journal of the Association of Physicians of India**. v.56, p.685-693, 2008.

HENDRIX, C.M. **Procedimentos laboratoriais para técnicos veterinários**. São Paulo: Roca, 2003.

HUANG, S. et al. Acute heat stress in broiler chickens and its impact on serum biochemical and electrolyte parameters. **Indian Journal of Animal Research**. v.52, p.683-686, 2017.

JOHNSON, R.J.; KARUNAJEEWA, H. The Effects of Dietary Minerals and Electrolytes on the Growth and Physiology of the Young Chick. **The Journal of Nutrition**. v.115, p.1680-1690, 1985.

JUNQUEIRA, O.M. et al. Efeitos das fontes e níveis de sódio, cloro e potássio e da relação (Na + K)/Cl, sobre o desempenho e características do plasma sanguíneo de poedeiras comerciais. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.29, p. 1110-1116, 2000.

KUTTAPPAN, V.A. et al. Comparison of hematologic and serologic profiles of broiler birds with normal and severe degrees of white striping in breast fillets. **Poultry Science**. v.92, p.339-345, 2013.

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

MACARI, M.; LUQUETTI, B.C. Fisiologia cardiovascular. Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte. São Paulo: FUNEP. p.17-35, 2002.

MAHMOUD, U.T. et al. The effect of heat stress on blood picture of japanese quail. **Journal of Advanced Veterinary Research**. v.3, p.69-76, 2013.

MEHAISEN, G.M.K. et al. The importance of propolis in alleviating the negative physiological effects of heat stress in quail chicks. **PLoS ONE**. 12(10): e0186907

MONGIN, P. Recent advances in dietary anion-cation balance: applications in poultry. **Proceedings Nutrition Society**. v.40, p.285-294, 1981.

MONGIN, P. Role of acid-base balance in the physiology of egg shell formation. **World's Poultry Science Journal**. v.24, p.200-230, 1968.

MUSHTAQ T et al. Effect and interactions of dietary sodium and chloride on broiler starter performance (hatching to twenty-eight days of age) under subtropical summer conditions. **Poultry Science**. v.84, p.1716-1722, 2005.

MUSHTAQ T et al. Electrolytes, dietary electrolyte balance and salts in broilers: an updated review on growth performance, water intake and litter quality. **World's Poultry Science Journal**. v.69, p.789-802, 2013.

OLANREWaju, H.A. et al. Stress and Acid-Base Balance in Chickens. **Poultry Science**. v.85, p.1266-1274, 2006.

OLANREWaju, H.A. et al. Electrolyte Diets, Stress, and Acid-Base Balance in Broiler Chickens. **Poultry Science**. v.86, p.1363-1371, 2007.

- SANTOS, F.R et al. Desempenho e perfil sérico bioquímico de frangos de corte alimentados com rações contendo produtos homeopáticos. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**. v.15, 2014.
- RENAUDEAU, D. Adaptation to hot climate and strategies to alleviate heat stress in livestock production. **Animal**. v.6, 2012.
- ROSTAGNO, H. S. et al. Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição dealimentos e exigências nutricionais. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa.4.ed, 2017.
- SANTOS, T.T et al. Strategic application of electrolytic balance in diets for broiler breeders. **Ciência Rural**. v.41, p.895-900, 2011.
- SAYED, M.A.M.;DOWNING, J. Effects of dietary electrolyte balance and addition of electrolyte-betaine supplements in feed or water on performance, acid-base balance and water retention in heat stressed broilers. **British Poultry Science**. v.56, p.195-209, 2015.
- SCHMIDT, E.M.S et al. Patologia clínica em aves de produção – uma ferramenta para monitorar a sanidade avícola - revisão. **Archives of veterinary Science**. v.12, p. 9-20, 2007.
- STAR, L. et al.Effect of single or combined climatic and hygienic stress in four layer lines: 2. Endocrine and Oxidative Stress Responses. **Poultry Science**. v.87, p.1031-1038,2008.
- THRALL, M. A. et al. Hematologia e Bioquímica clínica veterinária. São Paulo: Roca, 2015.
- TEIXEIRA, M. P. F.; ABREU, M. L. T. Vitamina C em rações de frango de corte. **Revista Eletrônica Nutritime**. v.8, p.1489-1498, 2011.
- VARASTEH, S. et al.Differences in Susceptibility to Heat Stress along the Chicken Intestine and the Protective Effects of Galacto-Oligosaccharides. **PLoS ONE**. 10(9): e0138975.
- VIEITES, F.M. et al. Cálcio, fósforo e proteína total no sangue de frangos de corte em função de níveis de balanço eletrolítico da ração. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**.v.63, p. 887-894, 2011.
- WEISS, D. J.; WARDROP, K. J. Hematology of Chickens and Turkeys. Schalm's veterinary hematology. São Paulo: Roca, 2006.
- XIE, J. et al. Effects of acute and chronic heat stress on plasma metabolites, hormones and oxidant status in restrictedly fed broiler breeders. **Poultry Science**. v.94, p.1635–1644, 2015.
- XU, Y et al. Effect of chronic heat stress on some physiological and immunological parameters in different breed of broilers. **Poultry Science**. v.97, p.4073-4082,2018.