

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”

FACULDADE DE ENGENHARIA

CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA

GABRIELA DE CÁSSIA CORDEIRO

Médica Veterinária

**BALANÇO ELETROLÍTICO EM RAÇÕES PARA POEDEIRAS EM CONDIÇÕES
DE VERÃO: DESEMPENHO, QUALIDADE DE OVOS E PARÂMETROS
HEMATOLÓGICOS**

Ilha Solteira

2022



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
Campus de Ilha Solteira

GABRIELA DE CÁSSIA CORDEIRO

**BALANÇO ELETROLÍTICO EM RAÇÕES PARA POEDEIRAS EM CONDIÇÕES
DE VERÃO: DESEMPENHO, QUALIDADE DE OVOS E PARÂMETROS
HEMATOLÓGICOS**

Dissertação apresentada como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia Animal da Faculdade de Engenharia do Câmpus de Ilha Solteira.

Orientadora Profa. Rosemeire da Silva Filardi

Ilha Solteira

2023

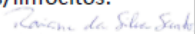
FICHA CATALOGRÁFICA
Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

C794b Cordeiro, Gabriela de Cássia.
Balanço eletrolítico em rações para poedeiras em condições de verão:
desempenho, qualidade de ovos e parâmetros hematológicos / Gabriela de
Cássia Cordeiro. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2023
41 f. : il.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de
Engenharia de Ilha Solteira. Área de conhecimento: Produção Animal, 2023

Orientador: Rosemeire da Silva Filardi
Inclui bibliografia

1. Equilíbrio eletrolítico. 2. Estresse por calor. 3. Heterófilos/linfócitos.


Raiane da Silva Santos

Supervisora Técnica de Seção
Setor Técnico de Referência, Atendimento ao usuário e Documentação
Diretoria Técnica de Biblioteca e Documentação
CRB/8 - 9999

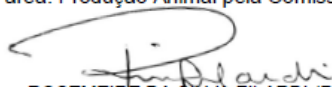
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: Balanço eletrolítico parcial em rações para poedeiras em condições de verão: desempenho, qualidade de ovos e parâmetros hematológicos.

AUTORA: GABRIELA DE CÁSSIA CORDEIRO

ORIENTADORA: ROSEMEIRE DA SILVA FILARDI

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em Ciência e Tecnologia Animal, área: Produção Animal pela Comissão Examinadora:



Profa. Dra. ROSEMEIRE DA SILVA FILARDI (Participação Presencial)
Departamento de Biologia e Zootecnia / Faculdade de Engenharia - UNESP - Câmpus de Ilha Solteira

Prof.Dr. ANTONIO CARLOS DE LAURENTIZ (Participação Presencial)
Departamento de Biologia e Zootecnia / Faculdade de Engenharia - UNESP - Câmpus de Ilha Solteira

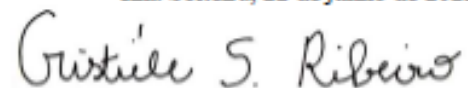
Prof. Dr. CAIO CÉSAR DOS OUROS (Participação Virtual)
Departamento de Produção Animal / Universidade Federal de Grande Dourados - UFGD

Ilha Solteira, 01 de março de 2023

CERTIFICADO

Certificamos que a proposta intitulada "Balanço eletrolítico parcial de rações para poedeiras: desempenho, qualidade de ovos e parâmetros hematológicos em condições de verão" registrada com o n. de protocolo CEUA- FEIS/UNESP 06/2022 sob a responsabilidade da Profa. Dra. Rosemeire da Silva Filardi, que envolve a produção, manutenção ou utilização de animais pertencentes ao filo Chordata, subfilo Vertebrata (exceto humanos), para fins de pesquisa científica (ou ensino) foi enviada para averiguação das normas editadas pelo Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal (CONCEA), e aguarda aprovação da pela COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS- CEUA da Faculdade de Engenharia da UNESP, Câmpus de Ilha Solteira.

Ilha Solteira, 22 de junho de 2022

A handwritten signature in black ink, reading "Cristiele S. Ribeiro", is written over a horizontal line.

Profa. Dra. Cristiele da Silva Ribeiro

Presidente da Comissão de Ética em Uso de Animais

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, por não soltar a minha mão nos momentos mais difíceis e desafiadores e por ter me confiado este dom, de cuidar e proteger os animais.

Aos meus pais por toda a dedicação para me dar a melhor educação.

À professora Dr^a. Rosemeire da Silva Filardi, pela paciência, sabedoria, compreensão, e orientação nestes dois anos de estudos.

Aos meus amigos que sempre me incentivaram a continuar e chegar até aqui.

A todos os funcionários e envolvidos durante o desenvolvimento do estudo na Universidade Estadual Paulista, Campus de Ilha Solteira.

À Universidade Estadual Paulista pela oportunidade de realizar o curso de pós-graduação em Ciência e Tecnologia Animal.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

RESUMO

A manipulação nutricional das dietas representa uma forma de prevenir ou diminuir perdas econômicas por doenças e diferentes estressores, entre os quais está o estresse decorrente de altas temperaturas associadas a condições de alta umidade relativa, como o verão brasileiro (de clima tropical). Assim o objetivo do estudo foi avaliar se o aumento do balanço eletrolítico (BE) em ração de poedeiras comerciais interfere nas respostas produtivas e hematológicas em condições de verão. Foram utilizadas cento e cinquenta poedeiras comerciais da linhagem Lohmann LSL, com peso médio de $1.750 \pm 0,120$ g distribuídas em um delineamento inteiramente casualizado em parcelas subdivididas no tempo, contendo 5 tratamentos (rações) com 5 repetições de seis aves cada. As rações apresentaram 5 níveis de BE, sendo uma ração controle (níveis práticos de Na, K e Cl e BE de 170 mEq/kg) e quatro rações com níveis crescentes de BE ($\text{BE mEq/kg} = [\text{mEq Na}^+ + \text{mEq K}^+] - \text{mEq Cl}^-$): 295, 345, 395 e 445 mEq/kg. As rações foram formuladas por programação não-linear, sendo isocalóricas, isoproteicas e isoaminoacídicas, porém os níveis de sódio e potássio oscilaram para obtenção dos diferentes balanços eletrolíticos. O aumento do BE influenciou no desempenho das aves, de forma que em relação ao tratamento testemunha (170 mEq/kg) as rações com BE de 295 mEq/kg indicaram melhores resultados, exceto para a conversão alimentar que o melhor resultado sugeriu um BE de 386,4 mEq/kg. Para a qualidade do ovo os melhores resultados de espessura de casca e porcentagem de ovos íntegros foram observados para as aves alimentadas com a ração com BE de 395 mEq/kg. Já as respostas metabólicas e sanguíneas das aves não permitiram indicar que as mesmas estavam em condição fisiológicas superiores, mas indicaram que BE acima de 363 mEq/kg e BE de 445 mEq/kg pioram importantes índices hematológicos como relação Albumina/Globulina.

Palavras-chave: equilíbrio eletrolítico; estresse por calor, heterofilos/linfócitos.

ABSTRACT

The nutritional manipulation of diets represents a way to prevent or reduce losses due to diseases and different stressors, among which is the stress resulting from high temperatures to conditions of relative high temperature, like summer. Thus, the objective of the study was to evaluate whether the increase in partial electrolyte balance (EB) of the laying hens diet interferes with the productive and hematological responses in summer conditions. One hundred and fifty commercial laying hens were distributed in a completely randomized design in split-plots in time, containing 5 treatments (diets) with 5 replications of six birds each. The diets had 5 levels of EB, being a control diet (practical levels of Na, K and Cl and EB of 170 mEq/kg) and four diets with increasing levels of EB ($\text{EB mEq/kg} = [\text{mEq Na}^+ + \text{mEq K}^+] - \text{mEq Cl}^-$): 295, 345, 395 and 445 mEq/kg. The rations were formulated by non-linear programming, being isocaloric, isoproteic and isoaminoacidic, however the sodium and potassium levels fluctuated to obtain the different electrolyte balances. The increase in BE influenced the performance of the birds, so that in relation to the control treatment (170 mEq/kg) the diets with EB of 295 mEq/kg indicated better results, except for the feed conversion ratio, that the best result suggested a BE of 386.4 mEq/kg. For the egg shell quality, the best results for shell thickness and percentage of intact eggs were observed for birds fed the diet with EB of 395 mEq/kg. The metabolic and blood responses of the laying hens not indicate that they were in superior physiological condition, but indicated that EB above 363 mEq/kg and EB of 445 mEq/kg worsen important hematological indices such as Albumin/Globulin.

Keywords: electrolyte balance; heat stress, heterophiles/lymphocytes.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.	Valores médios de temperatura e umidade relativa do ar no interior do galpão experimental.....	25
Tabela 2.	Composição percentual e níveis nutricionais calculados para as rações experimentais.....	27
Tabela 3.	Desempenho produtivo de poedeiras comerciais em reposta a diferentes equilíbrios eletrolíticos nas rações.....	30
Tabela 4.	Qualidade de casca de ovos de poedeiras comerciais em reposta a diferentes balanços eletrolíticos na ração.....	32
Tabela 5.	Parâmetros sanguíneos metabólicos de poedeiras comerciais em reposta a diferentes equilíbrios eletrolíticos nas rações.....	34

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Comportamento da conversão alimentar de poedeiras alimentadas com diferentes BE na ração em condições de verão.....	32
Gráfico 2. Comportamento da glicose sanguínea de poedeiras alimentadas com diferentes BE na ração em condições de verão.....	35
Gráfico 3. Comportamento da relação heterofilo/linfócito de poedeiras alimentadas com diferentes BE na ração em condições de verão.....	36

SUMÁRIO

	CAPÍTULO 1: REVISÃO DE LITERATURA	10
1.1	Introdução	10
1.2	Revisão bibliográfica	
1.2.1	<i>Estresse por calor em aves</i>	11
1.2.2	<i>Balanço eletrolítico</i>	13
1.2.3	<i>Metabolismo e hematologia de aves em resposta ao estresse por calor</i>	15
1.3	Objetivos	17
	REFERÊNCIAS	18
	CAPÍTULO 2: RESPOSTAS PRODUTIVAS E HEMATOLÓGICAS DE POEDEIRAS COMERCIAIS AO AUMENTO DO BALANÇO ELETROLÍTICO DA RAÇÃO EM CONDIÇÕES DE AMBIENTE QUENTE E ÚMIDO	22
2.1	Introdução	22
2.2	Material e Métodos	23
2.2.1	<i>Instalações, aves e manejo</i>	23
2.2.2	<i>Delineamento experimental</i>	25
2.2.3	<i>Rações experimentais</i>	25
2.2.4	<i>Parâmetros avaliados</i>	25
2.2.5	<i>Análises estatísticas</i>	28
2.3	Resultados	28
2.3.1	<i>Desempenho das aves e qualidade de casca dos ovos</i>	28
2.3.2	<i>Parâmetros sanguíneos</i>	32
2.4	Discussão	35
2.5	Conclusões	38
	REFERÊNCIAS	39

CAPÍTULO 1: REVISÃO DE LITERATURA

1.1 Introdução

No Brasil há diversas regiões onde o desempenho das aves é afetado pelas variações climáticas no decorrer do ano, principalmente em regiões onde o verão é marcado por altas temperaturas e alta umidade relativa. Essa caracterização climática se encontra fora da zona de termoneutralidade estabelecida para poedeiras adultas, cujos valores de temperatura e umidade relativa ficam entre 20 e 24°C e 35 e 45%, respectivamente (MUTAF, KAHRAMAN, FIRAT, 2008).

Como as altas temperaturas podem afetar as aves de forma negativa, comprometendo suas funções fisiológicas (LARA; ROSTAGNO, 2013), imunológicas (PADGETT; GLASER, 2003) e intestinais (ROSTAGNO, 2020), além do desempenho zootécnico e da qualidade da casca (EHEID, SUZUKI; SUGIYAMA, 2012; BARRETT *et al*, 2019; GHOLIZADEH, TORKI; MOHAMMADI, 2022), várias são as estratégias para tentar minimizar esses efeitos deletérios, entre elas as estratégias nutricionais, como a formulação de rações com base no balanço eletrolítico, considerando o Na⁺, K⁺ e Cl⁻ (MONGIN, 1981; BORGATTI *et al.*, 2004; AHMAD; SARWAR, 2006; NOBAKTH *et al.*, 2006; 2007; WASTI, SAH; MISHRA, 2020).

Mongin (1968) foi o primeiro a propor o uso de um balanço parcial de cátions-ânions na ração, expresso como miliequivalentes (mEq) de sódio mais potássio menos cloro [(Na⁺) + (K⁺) – (Cl⁻)]. A escolha dos minerais, K, Na e Cl, está diretamente relacionada à importância que desempenham no metabolismo, pela participação no balanço osmótico, no equilíbrio ácido-básico e na integridade dos mecanismos que regulam o transporte através das membranas celulares (JUDICE *et al*, 2002; BORGES *et al*, 2003a). Assim, o balanço desses minerais age diretamente no equilíbrio ácido-básico das aves, podendo influenciar o seu desempenho por comprometer muitas funções metabólicas (WANG *et al*, 2018).

Além do desempenho e qualidade de ovos, a manipulação do BE em condições de estresse por calor também pode determinar alterações quantitativas e morfológicas das células sanguíneas, como hematócrito, teor de hemoglobina e número de leucócitos circulantes (BORGES, MAIORKA, SILVA, 2003). Assim, com o intuito de se obter

formulações de rações com melhores ajustes nutricionais, existe a necessidade de se conhecer e compreender melhor essas interações, e assim evitar ou minimizar os distúrbios metabólicos oriundos do desequilíbrio ácido-básico em rações para aves, além de garantir uma melhor resposta imune (LARA; ROSTAGNO, 2013, TOYOMIZU *et al.*, 2005).

Portanto o objetivo do presente estudo foi verificar a aplicabilidade do uso de rações com elevados níveis de balanço eletrolítico na ração de poedeiras comerciais alojadas em galpões convencionais durante o período de verão quente e úmido.

1.2 Revisão bibliográfica

1.2.1 Estresse por calor em aves

As aves assim como os mamíferos são animais endotérmicos, que através de uma região termorreguladora, o hipotálamo, são capazes de regular a temperatura corporal. O hipotálamo possui duas regiões importantes que exercem essa função, a região anterior que detecta o aumento da temperatura, e a posterior, sensível à diminuição da temperatura corporal. Por meio desses processos o hipotálamo envia sinais ao centro do sistema nervoso, que através de mecanismos fisiológicos e alterações no comportamento do animal conseguem normalizar a temperatura corporal e assim manter a homeostase (MACARI; MAIORKA, 2017)

Uma ave que está em homeostase significa que está em conforto térmico, e assim a energia metabolizada pode ser melhor direcionada aos processos produtivos. As aves podem perder calor de duas formas, a perda de calor sensível (não evaporativo) e a latente (evaporativo). Trocas sensíveis são as perdas de calor por condução, convecção e radiação, as quais dependem da diferença entre a temperatura ambiente e a da ave (MACARI; FURLAN, 2001).

A perda de calor latente representa a principal forma da ave perder calor, ocorrendo pela evaporação da umidade dos sacos aéreos e tecido epitelial da boca e pulmões, o que explica o fato da ave aumentar sua frequência respiratória quando exposta a intenso calor. Com o aumento na frequência respiratória ocorre um desequilíbrio no pH sanguíneo, pois as aves diminuem a concentração de dióxido de carbono circulante, que consequentemente diminui a pressão parcial de CO₂, ácido carbônico e hidrogênio (H⁺). Essa alteração provoca aumento da excreção do íon bicarbonato e diminuição da excreção

de hidrogênio pelos rins, isso como forma de restaurar o equilíbrio ácido-básico da ave. Quando o equilíbrio ácido-básico não é reestabelecido, há o aumento do pH sanguíneo, desencadeando alcalose respiratória, distúrbio metabólico que interfere nos índices produtivos das aves, podendo levá-las a morte (BORGES; SILVA; MAIORKA, 2003). O pH sanguíneo das aves pode ser considerado levemente alcalino, porém pode variar entre 7,20 e 7,57 (SANTOS, 2021).

Na criação comercial de poedeiras, além das porcentagens de postura e peso dos ovos, a qualidade da casca é influenciada também pela alcalose respiratória. Com o aumento do pH sanguíneo o processo de deposição do carbonato de cálcio na superfície do ovo é dificultado, resultando em ovos com cascas mais finas, suscetíveis a trincas e comprometimento na qualidade (LARA; ROSTAGNO, 2013, LI *et al*, 2015). De acordo com alguns estudos, tanto a alteração na regulação hormonal como a absorção intestinal de cálcio em condições de estresse por calor interferem na qualidade de casca do ovo. (ROZENBOIM *et al*, 2007; ELNARGAR, SCHEIDELER, BECK, 2010).

Inúmeros estudos tentam elucidar os mecanismos fisiológicos associados à diminuição da qualidade da casca e, portanto, da qualidade do ovo de aves sob condições de estresse térmico por calor, entretanto os efeitos dessa condição nas respostas das aves acabam variando muito, isso em decorrência de diferentes fatores, como genética e idade das aves, e ainda, intensidade e duração do estresse térmico aplicado em condições experimentais (ROSTAGNO, 2020).

No Brasil, assim como em outras regiões tropicais, o desempenho das aves é afetado pelas variações climáticas no decorrer do ano, principalmente em regiões onde o verão é marcado por altas temperaturas e alta umidade relativa, com frequentes ondas de calor. Essa caracterização climática se encontra fora da zona de termoneutralidade estabelecida para poedeiras adultas, cujos valores de temperatura e umidade relativa ficam entre 20 e 24°C e 35 e 45%, respectivamente (MUTAF, KAHRAMAN, FIRAT, 2008). Portanto, temperatura ambiente elevada, associada à umidade relativa excessiva, influencia adversamente o desempenho das aves, principalmente quando a movimentação do ar é limitada, estabelecendo-se assim uma situação de estresse por calor, decorrente do fato da ave ter dificuldades de perder calor por evaporação (ABBAS *et al.*, 2019).

1.2.2 Balanço eletrolítico

Os eletrólitos são substâncias químicas que em solução aquosa se dissociam nos seus constituintes iônicos; cátions com cargas positivas e ânions com carga negativa; tendo como principal função fisiológica a manutenção do equilíbrio ácido-básico corporal. No organismo animal o equilíbrio entre a água e os eletrólitos é mantido dentro de limites estreitos. O sistema de regulação homeostática renal e intestinal tenta manter o conteúdo normal de eletrólitos, geralmente afetado por uma maior absorção intestinal de íons monovalentes (DUKES, 2006).

O sódio (Na^+), o potássio (K^+) e o cloro (Cl^-) são íons fundamentais na manutenção da pressão osmótica e equilíbrio ácido-básico ou pH dos líquidos corporais (MUSHTAQ; PASH, 2013). Assim, os efeitos do balanço eletrolítico da dieta no desempenho das aves podem estar relacionados com as variações no equilíbrio ácido-básico (MONGIN, 1981). A concentração destes íons é dependente de substâncias que podem ceder ou captar íons H^+ , sendo ele o responsável por manter o equilíbrio ácido-básico (VOGHT, 2021).

O principal cátion do fluido intracelular é o K^+ , enquanto no fluido extracelular tem-se o Na^+ e o Cl^- , sendo a homeostasia destes íons intra e extracelulares responsável pela osmorregulação. Em condições ideais, os conteúdos de água e eletrólitos são mantidos dentro de limites estreitos. No caso de estresse por calor por exemplo, o aumento na frequência respiratória ocasiona um desequilíbrio no pH sanguíneo, pois diminui a concentração de dióxido de carbono circulante, que conseqüentemente diminui a pressão parcial de dióxido de carbono, ácido carbônico e hidrogênio (H^+). Essa alteração provoca aumento da excreção do íon bicarbonato e diminuição da excreção de hidrogênio pelos rins, a fim de restaurar o equilíbrio ácido-básico da ave. Quando este equilíbrio não é reestabelecido, há o aumento do pH sanguíneo desencadeando alcalose respiratória, distúrbio metabólico que interfere nos índices produtivos das aves, podendo levá-las a morte (BORGES; SILVA; MAIORKA, 2003, BORGES *et al.*, 2003a; 2003b; 2004).

Em condições de estresse térmico há competição de H^+ e K^+ nos túbulos renais é reduzida. Em alcalose, o K^+ se torna intracelular ao invés do H^+ ocorrendo maior excreção pelos rins, reduzindo sua concentração no sangue, causando desordens na circulação (VOGHT, 2021).

O sódio é o principal cátion no fluido extracelular e elemento essencial para o ciclo normal da vida e para o metabolismo de plantas e de animais, sendo o mais responsável

pela manutenção do pH no plasma. Em excesso, a ave aumenta ingestão de água e juntamente ao potássio se forma o tampão para manter o pH, por serem ambos alcalinogênicos. Porém, se deficiente, há queda na pressão osmótica.

Bem como o sódio, o cloro também é encontrado no meio extracelular mas também em células sanguíneas, e aumenta o conteúdo de HCO_3^- no plasma. Em altos níveis dietéticos são conhecidos por reduzi-lo e consequentemente ser acidogênico. Já o potássio é encontrado intracelular e sua deficiência também pode ocorrer em estresse severo, mas se suplementado em excesso o animal pode entrar em alcalose pelo seu efeito alcalinizante (SANTOS, 2021).

Portanto, o balanço eletrolítico consiste na diferença entre os principais cátions e ânions e representa a acidogenicidade ou alcalinidade metabólica dietética. Como o balanço de eletrólitos da ração pode exercer influência no equilíbrio ácido-básico, foram desenvolvidas expressões para se calcular esse valor. Uma das primeiras expressões desenvolvidas foi proposta por Melliere e Forbes (1966), o índice relativo (IR) definido pela relação entre mEq de cátions e mEq de ânions, considerando-se como cátions o Ca^+ , Mg^+ , Na^+ e K^+ , e como ânions PO_4^- , Cl^- e SO_4^- . Posteriormente Mongin (1968) propôs o uso de um balanço parcial dos íons sódio mais potássio menos cloro ($\text{Na}^+ + \text{K}^+ - \text{Cl}^-$) expresso em mEq/kg de ração. Em caso de balanço negativo de K^+ e Na^+ , o animal entra em alcalose respiratória pela hiperventilação devido ao estresse térmico (SANTOS, 2021).

Embora outros eletrólitos possam ser incluídos no cálculo do balanço eletrolítico, a forma simplificada de Mongin (1981) é a mais aplicada, uma vez que o sódio, o potássio e o cloro têm maior participação no balanço osmótico, no equilíbrio ácido-básico e na integridade dos mecanismos que regulam o transporte através das membranas celulares. Além disso, cátions bivalentes não são rapidamente absorvidos como os cátions monovalentes; o magnésio (Mg^{2+}) acaba sendo contaminante nas rações; o fosfato é de difícil quantificação por ser oriundo de várias fontes; a taxa de absorção do cálcio é controlada pelo sistema endócrino; e o sulfato está presente em pequenas quantidades, estando relacionado com a prevenção do catabolismo da metionina (BORGES, 2006). Outro aspecto importante é o maior potencial eletrolítico do K^+ , Na^+ e Cl^- em relação ao Mg^{2+} , S^{2-} , P^{3+} e Ca^{2+} (ARAÚJO *et al.*, 2011).

Com base na importância do equilíbrio ácido-básico no metabolismo das aves e o fato das exigências para Na, K e Cl já estarem definidas (NRC, 1994; ROSTAGNO *et al.*, 2017), a aplicação do conceito de balanço eletrolítico deve ser utilizada na formulação de

rações, principalmente como uma estratégia para melhorar as respostas das aves frente a situações de estresse por calor, sendo na produção de poedeiras uma forma de mitigar a queda na produção e qualidade dos ovos (GEZEN; EREN; DENIZ, 2005; NOBAKHT *et al*, 2006; OLIVEIRA *et al*, 2012; GHASEMI; TORKI; GHASEMI, 2014).

Portanto, considerar o equilíbrio eletrolítico na formulação de rações é uma ferramenta a mais para tornar as rações mais precisas, porém ainda há dúvidas sobre como adequar melhor uma dieta a esse conceito, se por diferença ($\text{Na} + \text{K} - \text{Cl}$), relações $(\text{K} + \text{Cl}) / \text{Na}$ ou $(\text{K} + \text{Na}) / \text{Cl}$, ou por ambas (diferença e relação), além da definição dos valores mais apropriados segundo à fase de criação (BORGATTI *et al.*, 2004). De fato, trabalhos para avaliar as relações eletrolíticas entre os íons são escassos (AHMAD; SARWAR, 2006).

Independente da forma de se estabelecer um equilíbrio na formulação de rações é importante que haja a disponibilidade de inclusão de sais, como o bicarbonato de sódio (NaHCO_3), carbonato de potássio (K_2CO_3), cloreto de amônia (NH_4Cl), cloreto de potássio (KCl) e cloreto de cálcio (CaCl_2) (BORGES, 2006). Em estudos com poedeiras o sal mais adicionado nas rações com o objetivo de melhorar a reposta frente ao estresse pelo calor é o bicarbonato de sódio (JUDICE *et al*, 2002; ABBAS *et al.*, 2019, FU *et al*, 2021). Entretanto os resultados sobre a efetiva resposta das poedeiras à manipulação de eletrólitos nas rações ainda é controverso, pois variam em função das linhagens, da idade, demais nutrientes da ração e intensidade do fator estressante, o calor. Somado a essas variações há ainda o questionamento de qual critério deve ser utilizado, o balanço eletrolítico ou a relação entre esses.

Alguns estudos realizados em condições de galpão aberto e convencional, com altas temperaturas e umidade relativa do ar, onde o balanço eletrolítico é aplicado nas rações, também indicam resultados poucos consistentes, mas sugerem que balanços mais elevados, mais catiônicos, podem determinar alguns resultados mais favorável em relação a dietas menos catiônicas (ALDRIGUI, 2014, NEVES, 2015; TEDESCHI, 2016; CAVALHIERI, 2018).

1.2.3 Metabolismo e hematologia de aves em resposta ao estresse por calor

Poedeiras após períodos de alta produtividade de ovos, quando em período de declínio de produção ou em seu segundo ciclo, normalmente apresentam condições

corporais desfavoráveis no enfrentamento de condições ambientais adversas, além disso, o custo da manutenção do sistema imunológico é elevado e a energia é alocada a outras funções, tais como a produção de ovos e manutenção corpórea (NORRIS; EVANS, 2000).

Para superar estas adversidades do ambiente de criação, as aves apresentam várias adaptações durante o estresse térmico a fim de restaurar a homeostase, sendo que esses ajustes fisiológicos são modulados pela ativação do eixo Hipotálamo-Pituitária-Adrenais com a liberação aumentada de hormônios, a fim de restabelecer a homeostase (QUINTEIRO-FILHO *et al.*, 2012). Como resposta ocorre a alteração do fluxo de sanguíneo, que é modulado para dissipar o calor devido às temperaturas elevadas, com um aumento da circulação para os tecidos periféricos, assim como alterações na respiração, no equilíbrio eletrolítico, metabólitos e pH no sangue (BORGES *et al.*, 2003b; TOYOMIZU *et al.*, 2005). Dentro deste contexto os estudos envolvendo hematologia e bioquímica sérica representam uma importante ferramenta para detectar distúrbios fisiológicos do metabolismo animal.

A hematologia aviária permite a avaliação quantitativa e qualitativa das células sanguíneas: os eritrócitos, leucócitos e trombócitos. Dentro das sequências trombocitárias e leucocitárias, são encontrados os granulócitos (heterófilos, eosinófilos e basófilos), linfócitos e monócitos (CAMPBELL, 1994).

A contagem total de eritrócitos e leucócitos permite analisar a presença de anemia e estado geral imune de um animal (NORIEGA, 2000). Além disso alterações no leucograma são melhores indicadores de estresse crônico quando comparado às dosagens de corticosterona. A sequência branca do sangue indica uma resposta rápida, dinâmica e de longa duração (CĪRULE *et al.*, 2012).

Em aves o heterófilo é o granulócito mais comum e atua como primeira linha de defesa do organismo, proliferando-se na circulação sanguínea em resposta a infecções, inflamações e ao estresse. Já os linfócitos são leucócitos não granulados que constituem o sistema imunológico do organismo, envolvidos em uma variedade de funções como o reconhecimento e a destruição de diferentes agentes patogênicos (MAXWELL, 1993).

A relação entre heterófilos e linfócitos (H/L) passou a ser utilizada como forma de monitorar a função imunológica e o bem-estar das aves após a constatação que o número de heterófilos na corrente sanguínea aumenta (heterofilia) e o número de linfócitos diminui (linfopenia) em aves submetidas a estímulos estressores como o calor (LARA;

ROSTAGNO, 2013). Em condições normais a heterófilo/linfócito em aves é de 1:2 (MACARI; LUQUETTI, 2002).

Outros indicadores de estresse são as elevações nos níveis de glicose e proteína plasmáticas totais, a albumina e a globulina (QUINTEIRO-FILHO, *et al.*, 2012). Essas proteínas desempenham importantes funções na manutenção da pressão osmótica do plasma, imunidade, ligação e transporte de substâncias, regularização de enzimas e ação tampão (SWENSON; O'REECE, 1996). As albuminas representam cerca de 50% da proteína plasmática total das aves, sendo responsável pelo transporte de ácidos graxos, hormônios, aminoácidos, ânions e cátions, sendo que em quadros de desidratação os níveis de albumina se elevam (KANEKO *et al.*, 1997).

Os níveis plasmáticos de albumina e globulina apresentam uma correlação negativa. Em quadros infecciosos ocorre aumento na concentração de imunoglobulinas, fazendo com que ocorra queda na relação albumina:globulina. Alterações nos níveis de globulina podem ser usadas para avaliar estados de adaptação ao estresse, uma vez que animais adaptados tendem a ter níveis normais, enquanto os não adaptados têm os níveis aumentados, diminuindo, portanto, a relação albumina:globulina (BACILA, 2003).

Apesar dos vários indicadores utilizados para verificar se as aves se encontram em estado de estresse crônico, a relação heterófilo:linfócito (H/L) tem sido proposta como um índice sensível, podendo ser esta variável mais confiável para avaliar o bem-estar de aves que a concentração de corticosterona no plasma (FURLAN; MACARI, 2002; NICOL *et al.*, 2009).

O sistema sanguíneo é sensível a trocas no equilíbrio ácido-básico e portanto, pode ser usado como indicador para respostas de homeostase ou distúrbios (VOGHT, 2021).

1.3 Objetivos

Avaliar se o aumento do balanço eletrolítico [$(\text{Na}^+) + (\text{K}^+) - (\text{Cl}^-)$] na ração influencia as respostas produtivas e hematológicas de poedeiras comerciais em condições de verão quente e úmido.

REFERÊNCIAS

- ABBAS, G. *et al.* Effect of dietary inclusion of sodium bicarbonate on digestibility of nutrients and immune response in caged layers during the summer. **Brazilian Journal of Poultry Science**, Campinas, v. 21, n. 2, p. eRBCA-2018-0915, 2019.
- AHMAD, T.; SARWAR, M. Dietary electrolyte balance: implications in heat stressed broilers. **World's Poultry Science Journal**, Cambridge, v. 62, n. 4, p. 638-653, 2006.
- ALDRIGUI, L. G. **Equilíbrio eletrolítico como estratégia nutricional para prevenir queda no desempenho de poedeiras comerciais em condições de alta temperatura**. 2014. 51 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2014.
- ARAÚJO, W. A. G. *et al.* Cálculo de balanço eletrolítico em dietas de frangos de corte. **Revista Eletrônica Nutritime**, [s. l.], v. 8, n. 04, p.1529- 1539, 2011.
- BACILA, M. **Bioquímica veterinária**. 2. ed. São Paulo: Robe Editorial, 2003. 583 p.
- BARRETT, N. W. *et al.* Effects of acute and chronic heat stress on the performance, egg quality, body temperature, and blood gas parameters of laying hens. **Poultry Science**, Champaign, v. 98, p. 6684–6692. 2019.
- BORGATTI, L. M. O. *et al.* Performance of broilers fed diets with different dietary electrolyte balance under summer conditions. **Brazilian Journal of Poultry Science**, Campinas, v. 6, p. 153-157, 2004.
- BORGES, S. A. Aplicação do conceito de balanço eletrolítico para aves. *In*: CONFERÊNCIA APINCO 2006 DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS, 2006. Santos. **Anais [...]** Santos: APINCO, 2006. p. 123-137.
- BORGES, S. A. *et al.* Fisiologia do estresse calórico e a utilização de eletrólitos em frangos de corte. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 33, n. 5, p. 975-981, 2003a.
- BORGES, S. A. *et al.* Dietary electrolyte balance for broiler chickens exposed to thermoneutral or heat-stress environments. **Poultry Science**, Champaign, v. 82, p. 428-435, 2003b.
- 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**, Champaign, v. 83, p. 1551-1558, 2004.
- CAMPBELL, T. W. Hematology. *In*: RITCHIE, B. W.; HARRISON, G. J.; HARRISON L. R. **Avian medicine: principles and application**. Lake Worth: Wingers Publishing, 1994. p. 176-198.
- CAVALHIERI, J. P. **Balanços eletrolíticos na dieta de poedeiras em segundo ciclo sob altas temperaturas**. 2018. 50 f. Dissertação (Mestrado)– Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2018.

CÎRULE, D. *et al.* A rapid effect of handling on counts of white blood cells in a wintering passerine bird: a more practical measure of stress? **Journal of Ornithology**, Heidelberg, v. 153, n 1, p. 161-166, 2012.

DUKES, H. H. **Fisiologia dos animais domésticos**. [S. l.]: Guanabara Koogan, 2006.

EHEID, T. A.; SUZUKI, T.; SUGIYAMA, T. High temperature influences eggshell quality and calbindin-D28k localization of eggshell gland and all intestinal segments of laying hens. **Poultry Science**, Champaign, v. 91, p. 2282–2287., 2012.

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**, Champaign, v. 89, p. 2001–2009, 2010.

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

FU, Y. *et al.* Dietary supplementation with sodium bicarbonate or sodium sulfate affects eggshell quality by altering ultrastructure and components in laying hens. **Animals**, v.15, p.100163, 2021.

GEZEN, S. S.; EREN, M.; DENIZ, G. The effect of different dietary electrolyte balances on egg shell quality in laying hens. **Revue de Medecine Veterinaire**, Toulouse, v. 156, p. 491–497, 2005.

GHASEMI, R.; TORKI, M.; GHASEMI, H. A. Effects of dietary crude protein and electrolyte balance on production parameters and blood biochemicals of laying hens under tropical summer condition. **Tropical Animal Health and Production**, Edinburgh, v. 46, p. 717 – 723, 2014.

GHOLIZADEH, H.; TORKI, M.; MOHAMMADI, H. Production performance, egg quality and some blood parameters of heat-stressed laying hens as affected by dietary supplemental Vit B6, Mg and Zn. **Veterinary Medicine and Science**, [s. l.], v. p. 681–694. 2022.

JUDICE, J. P. M. *et al.* Balanço cátion-aniónico das rações e manejo alimentar para poedeiras de segundo ciclo. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 26, p. 598- 609, 2002.

KANEKO, J. J.; HARVEY, J. W.; BRUSS, M. L. **Clinical biochemistry of domestic animals**. 5th ed. New York: Academic, 1997. 932 p.

LARA, L. J.; ROSTAGNO, M. H. Impact of heat stress on poultry production. **Animals**, [s. l.], v. 3, p. 356-369, 2013.

LI, M.; WU, J. Effects of Heat Stress on the Daily Behavior of Wenchang Chickens. **Brazilian Journal of Poultry Science**, Campinas, v. 17, p. 559-566. 2015.

MACARI, M.; MAIORKA, A. **Fisiologia das Aves Comerciais**. Jaboticabal: FUNEP. 2017. 806 p.

- MACARI, M.; FURLAN, R. L. Ambiência na produção de aves em clima tropical. In: Silva IJO, editor. **Ambiência na produção de aves em clima tropical**. Jaboticabal: Funep-Unesp; 2001. p. 31-87.
- MACARI, M.; LUQUETTI, B. C. Fisiologia cardiovascular. In: MACARI, M.; FURLAN, R. L.; GONZALES, E. **Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte**. 2. ed. Jaboticabal: Funep/Unesp, 2002. p. 17-36.
- MAXWELL, M. H. Avian blood leucocyte responses to stress. **World's Poultry Science Journal**, Ithaca, v. 49, n. 1, p. 34-43, 1993.
- MELLIERE, A. L.; FORBES, R. M. Effect of altering the dietary cation-anion ratio on food consumption and growth of young chicks. **The Journal of Nutrition**, Rockville, v. 90, n. 3, p. 310-314, 1966.
- MONGIN, P. Recent advances in dietary anion-cation balance: application in poultry. **Proceedings of the Nutrition Society**, London, v. 40, p. 285-294, 1981.
- MONGIN, P. Role of acid-base balance in the physiology of egg formation. **World's Poultry Science Journal**, Ithaca, v. 24, p. 200-230, 1968.
- MUSHTAQ, M. M. H.; PASH, T. N. Electrolytes, dietary electrolyte balance and salts in broilers: an updated review on acid-base balance, blood and carcass characteristics. **World's Poultry Science Journal**, Ithaca, v. 69, p.833-852, 2013.
- MUTAF, S.; KAHRAMAN, N. S.; FIRAT, M. Z. Surface wetting and its effect on body and surface temperatures of domestic laying hens at different thermal conditions. **Poultry Science**, Champaign, v. 87, p. 2441-2450, 2008.
- NEVES, F. A. **Manipulação de eletrólitos na dieta de poedeiras em fase de declínio de postura em condições de altas temperaturas**. 2015. 49 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Animal) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista-UNESP, Ilha Solteira, 2015.
- NICOL, C. J. *et al.* Associations between welfare indicators and environmental choice in laying hens. **Animal Behavior**, Washington, v. 78:413-424, 2009
- NOBAKHT, A. *et al.* The Effects of Dietary Electrolyte Balance on Performance of Laying Hens Exposed to Heat - Stress Environment in Late Laying Period. **International Journal of Poultry Science**, [s. l.], v. 5, n. 10, p. 955-958, 2006.
- NORIEGA, M. L. V. C. **Apuntes de hematologia aviar**. México: Universidad Nacional Autónoma, 2000. 70 p. Apostila.
- NORRIS, K., M. R. E. Ecological immunology: life history trade-offs and immune defense in birds. **Behavioral Ecology**, Cary, v. 11, p. 19-26. 2000.
- NRC. National Research Council. **Nutrient requirements of poultry**. 9th ed. Washington (DC): National Academy Press; 1994. 155p.

OLIVEIRA, C. F. S. *et al.* Electrolyte balance in diets with reduced protein for semi-weighted laying hens in the second production cycle. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 41, p. 1671-1675, 2012.

PADGETT, D.A.; GLASER, R. How stress influences the immune response. **Trends in Immunology**, v. 24, p. 444-448, 2003.

QUINTEIRO-FILHO, W. M. *et al.* Acute heat stress impairs performance parameters and induces mild intestinal enteritis in broiler chickens: role of acute HPA axis activation. **Journal of Animal Science**, Cary, v. 1, p. 1-10, 2012.

ROSTAGNO, H. S. *et al.* **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 4.ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2017.

ROSTAGNO, M. H. Effects of heat stress on the gut health of poultry. **Journal of Animal Science**, Cary, v. 98, n. 4, p. skaa090, 2020.

ROZENBOIM, I. *et al.* The effect of heat stress on ovarian function of laying hens. **Poultry Science**, Amsterdam, v. 86, p. 1760-1765, 2007.

SANTOS, B. A. **Efeitos do balanço eletrolítico (Na+K-Cl ou Na+K+Mg+Ca-Cl-P-S), do carbonato e do bicarbonato da dieta sobre o desempenho e metabolismo ácido-base de frangos de corte**. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/232227/001129985.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em 17 de fevereiro de 2023.

SWENSON, M; O'REECE, W. **Dukes: fisiologia dos animais domésticos**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1996. 856 p.

TEDESCHI, L. **Viabilidade técnica e econômica da incorporação do balanço eletrolítico na formulação de rações para poedeiras em segundo ciclo de produção**. 2016. 58 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2016.

TOYOMIZU, M., M. *et al.* Progressive alteration temperature, respiration and blood acid-base balance in broiler chickens exposed to acute heat stress. **Journal of Poultry Science**, Ibaraki, v. 42, p.110-118, 2005.

WANG, Y. *et al.* Physiological responses to heat stress in two genetically distinct chicken inbred lines. **Poultry Science**, Amsterdam, v. 97 p. 770-780, 2018.

WASTI S.; SAH, N.; MISHRA, B. Impact of heat stress on poultry health and performances, and potential mitigation strategies. **Animals**, Boston, v. 10, p. 1266, 2020.

CAPÍTULO 2: RESPOSTAS PRODUTIVAS E HEMATOLÓGICAS DE POEDEIRAS COMERCIAIS AO AUMENTO DO BALANÇO ELETROLÍTICO DA RAÇÃO EM CONDIÇÕES DE AMBIENTE QUENTE E ÚMIDO

2.1 Introdução

O ovo de galinha é um dos alimentos de origem animal mais produzidos no mundo, prova disso são as 86,67 milhões de toneladas produzidas no ano de 2020 (STATISTA, 2022). Na atualidade, após diversos estudos a FAO reconheceu que o ovo é um dos alimentos mais completo entre os derivados de origem animal. Portanto, o ovo representa uma importante forma de segurança alimentar diante do crescimento populacional mundial, tanto em termos de volume de produção como valor nutricional. Porém cabe destacar que em diversas regiões a produção de ovos em galpões abertos, dotados de sistemas limitados de controle ambiental, sofre os impactos das variações climáticas, principalmente das relacionadas ao aumento da temperatura, o que, além de afetar negativamente a produção, também afeta a qualidade da casca (OLANREWAJU, 2007)

Em regiões marcadas por verão quente e úmido a caracterização climática se encontra fora da zona de termoneutralidade estabelecida para poedeiras adultas, cujos valores de temperatura e umidade relativa ficam entre 20 e 24°C e 35 e 45%, respectivamente (MUTAF; KAHRAMAN; FIRAT, 2008). Em condições de alta temperatura ambiente associada à umidade relativa excessiva, principalmente quando a movimentação do ar é limitada acaba desencadeando estresse por calor nas aves, afetando os índices produtivos, imunidade, qualidade interna e externa do ovo, além de aumentar a taxa de mortalidade (LARA; ROSTAGNO, 2013, LI *et al*, 2015, BRYDEN *et al*, 2021).

De acordo com Rozenboim *et al* (2007), em apenas dois dias de exposição por 12 horas à temperatura de 42°C a resposta de poedeiras foi reduzir em 20% sua taxa de postura. Além da queda na produção, o estresse pelo calor também afeta a qualidade interna e externa do ovo e, portanto, sua comercialização. Como forma de mitigar seus efeitos prejudiciais e melhorar o bem-estar de poedeiras, há algumas estratégias, como climatização dos galpões, diminuição da densidade de alojamento, programa de melhoramento genético para obtenção de fenótipos mais tolerantes ao calor e manipulações na dieta (SANTOS, 2021).

Entre as diversas formas de manipular as dietas das aves para melhorar às respostas frente a condições ambientais adversas, o conceito de equilíbrio eletrolítico, centralizado nos íons sódio (Na^+), potássio (K^+) e cloro (Cl^-) (Mongin, 1981), seja por meio do balanço eletrolítico ($\text{BEP} = \text{K}^+ + \text{Na}^+ - \text{Cl}^-$) (BORGES, 2006; NOBAKHT *et al.*, 2006; OLIVEIRA *et al.*, 2012; GHASEMI; TORKI; GHASEMI, 2014) ou relação eletrolítica ($\text{RE} = [\text{K}^+ + \text{Cl}^-] / \text{Na}^+$) (JUNQUEIRA *et al.*, 2000; FARIA *et al.*, 2002; AHMAD; SARWAR, 2006) é uma alternativa prática. A escolha dos minerais, K, Na e Cl, está relacionada à importância que desempenham no metabolismo, pela participação no balanço osmótico, no balanço ácido-básico e na integridade dos mecanismos que regulam o transporte através das membranas celulares (JUDICE *et al.*, 2002).

Normalmente as rações para aves apresentam uma diferença acidobásica entre 160 e 200, valor expresso em miliequivalentes/kg de ração (mEq/kg). Valores inferiores ou superiores indicam uma acidose ou alcalose metabólica potencial, respectivamente, e influem na formação e resistência da casca do ovo (BORGES, 2006). Borges *et al.* (2003c) relataram que altos níveis de HCO_3^- na dieta de 360mEq/kg elevaram o pH do sangue entrando em quadro de alcalose metabólica devido aos efeitos alcalogênicos de HCO_3^- , Na^+ e K^+ . O mesmo ocorreu com Santos (2021), em que o desempenho das aves sofreu forte impacto negativo devido às somas de cátions e de ânions em alto mEq, pois quando o equilíbrio ácido-base direciona-se para alcalose ou acidose, rotas metabólicas podem não funcionar apropriadamente. Voght (2021) também relatou que a alta inclusão de Na^+ assim como a soma de cátions e ânions não foi benéfica, e que o melhor BE foi entre 200 e 350 mEq/kg.

Desta forma o estudo teve por objetivo avaliar se a inclusão de níveis elevados de balanço eletrolítico na formulação de rações para poedeiras melhora as respostas produtivas, qualidade de casca do ovo e parâmetros metabólicos e hematológicos em condições de alta temperatura e umidade.

2.2 Material e Métodos

2.2.1 Instalações, aves e manejo

O experimento foi realizado no Setor de Avicultura da Faculdade de Engenharia da UNESP, Câmpus de Ilha Solteira, em galpão convencional de postura, composto

internamente por gaiolas de arame galvanizado (100 x 40 x 40 cm) distribuídas lateralmente em dois andares, providas de comedouros do tipo calha galvanizada e bebedouro automático tipo taça. Todos os procedimentos experimentais foram previamente aprovados pela Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA), certificado através do protocolo CEUA-FEIS 06/2022.

Cento e cinquenta poedeiras da linhagem Lohmann LSL Lite com 98 semanas de idade, foram alojadas nas gaiolas experimentais por um período de 56 dias, representando 4 período de 14 dias cada. Durante todo o período experimental as aves receberam água e ração à vontade, sendo o consumo de ração quantificado ao final de cada período. O regime de iluminação adotado foi de 16 horas de luz/dia. Diariamente foram anotados em formulário próprio o número de ovos íntegros e ovos danificados coletados.

A temperatura e umidade relativa do ar, máximas e mínimas, foram aferidas com o auxílio de um mini data *logger* localizado no ponto central do galpão, realizando coletas a cada 30 minutos. Para calcular as médias de temperatura e umidade relativa do ar, foram utilizadas as Equações 1 e 2 respectivamente, método recomendado pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), sendo os valores calculados apresentados na Tabela 1.

$$T_m = \frac{T_{12h} + T_{max} + T_{min} + (2 \times T_{24h})}{5} \quad (1)$$

$$UR_m = \frac{UR_{12h} + UR_{18h} + (2 \times UR_{24h})}{4} \quad (2)$$

Tabela 1 – Valores médios de temperatura e umidade relativa do ar no interior do galpão experimental.

Período	Temperatura (°C)			Umidade Relativa do ar (%)		
	Máxima	Mínima	Média	Máxima	Mínima	Média
1º.	38,6	18,8	27,5	97,1	33,8	64,5
2º.	39,1	21,3	28,4	97,6	26,5	64,9
3º.	39,1	20,8	28,1	96,8	33,9	69,6
4º.	38,9	21,1	28,3	98,0	32,4	68,6

Fonte: Própria.

2.2.2 Delineamento experimental

Cento e cinquenta poedeiras da linhagem Lohmann LSL Lite com 98 semanas de idade, peso médio de 1750 ± 120 g e $72 \pm 8\%$ de produtividade, foram distribuídas em um delineamento inteiramente casualizado em parcelas subdividas no tempo, composto por cinco tratamentos, sendo uma ração controle, formulada com níveis recomendados por Rostagno *et al.* (2017) para Na, Cl e K (BE de 170 mEq/kg) e 4 rações cujos BE foram crescentes em função da inclusão de sais de Na e K na ração controle (295, 345, 395 e 445 mEq/kg). Cada tratamento foi composto por 5 repetições e de 6 aves cada, perfazendo 30 unidades experimentais. Os níveis de BE foram calculados de acordo com as equações simplificadas de Mongin (1981), respectivamente Equação 3 e Equação 4:

$$BE \text{ (mEq/kg)} = mEqNa^{+} + mEqK^{+} - mEqCl^{-} \quad (3)$$

$$BE = \frac{(\%Na^{+}).(10.000)}{22,99^{*}} + \frac{(\%K^{+}).(10.000)}{39,102^{*}} - \frac{(\%Cl^{-}).(10.000)}{35,453^{*}} \quad (4)$$

(* Equivalente grama do Na, K e Cl, respectivamente).

2.2.3 Rações experimentais

As rações experimentais foram isonutritivas, variando, entretanto os níveis de sódio e potássio para obtenção dos diferentes balanços e relações eletrolíticas (Tabela 2). A formulação das rações foi realizada utilizando o Programa Prático de Formulação de Rações (PPFR – Poedeiras), utilizando programação não-linear (GARCIA NETO, 2008). Conforme as necessidades mínimas em Na, K e Cl e os ajustes eletrolíticos solicitado para cada BE foram utilizados alguns sais, como o $NaHCO_3$ e K_2CO_3 .

2.2.4 Parâmetros avaliados

a) Desempenho e qualidade de casca

Ao final de cada um dos quatro períodos de 14 dias foram avaliados o consumo de ração (g/ave/dia), produção de ovos (%), peso dos ovos (g), massa de ovos (g) e conversão alimentar (kg de ração/kg de ovo).

Os parâmetros relativos à qualidade dos ovos foram avaliados durante os dois últimos dias de cada período, por meio da coleta aleatória de três ovos por repetição para determinação do peso do ovo (g), gravidade específica (g/cm³), unidade haugh e espessura da casca (mm).

Tabela 2 - Composição percentual e níveis nutricionais calculados para as rações experimentais.

Ingrediente	Balanços Eletrolíticos				
	Testemunha	295	345	395	445
Milho	59,281	59,281	59,281	59,281	59,281
Soja Farelo (45%)	22,300	22,300	22,300	22,300	22,300
Óleo de Soja	2,794	2,794	2,794	2,794	2,794
Fosfato Bicálcico	1,434	1,434	1,434	1,434	1,434
Calcário Calcítico	10,815	10,815	10,815	10,815	10,815
Premix mineral vitamínico*	0,120	0,120	0,120	0,120	0,120
Metionina DL	0,127	0,127	0,127	0,127	0,127
Sal Comum	0,488	0,488	0,488	0,488	0,488
Bicarbonato de Sódio- NaHCO ₃	0,190	0,753	0,978	1,216	1,597
Carbonato de potássio-K ₂ CO ₃	0,047	0,585	0,800	1,000	1,043
Inerte	2,403	1,302	0,862	0,424	0,000
Total	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000
Composição nutricional					
EM Poedeiras (kcal/kg)	2790	2790	2790	2790	2790
Proteína Bruta (%)	14,83	14,83	14,83	14,83	14,83
Cálcio (%)	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50
P Disponível (%)	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
Potássio (%)	0,60	0,83	0,92	1,00	1,02
Sódio (%)	0,26	0,41	0,48	0,54	0,65
Cloro (%)	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34
Lisina Dig. (%)	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69
Metionina Dig. (%)	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34
Met + Cistina Dig. (%)	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55
Treonina Dig. (%)	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51
Triptofano Dig. (%)	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16
BE= Na+K -Cl (mEq/kg)	170	295	345	395	445

Nota: *Composição por quilograma do produto comercial: Vitamina A - 8.000.000 UI; Vitamina D3 - 2.100.000 UI; Vitamina E - 7.000 mg; Vitamina K3 - 2.000 mg; Vitamina B1 - 1.000 mg; Vitamina B2 - 3.000 mg; Vitamina B6 - 700 mg; Vitamina B12 - 6.000 mcg; Ácido Fólico - 100 mg; Biotina - 10 mg; Niacina - 20.000 mg; Pantotenato de Cálcio - 10.000 mg; Cobre - 6.000 mg; Cobalto - 100 mg; Iodo - 1.000 mg; Ferro - 50.000 mg; Manganês - 55.000 mg; Zinco - 50.000 mg; Selênio - 200 mg; Antioxidante - 2.000 mg. Fonte: Própria autora.

A gravidade específica (g/cm^3) foi determinada com todos os ovos íntegros produzidos nas últimas 24 horas de cada dia de avaliação, adotando-se o procedimento de soluções de NaCl, de acordo com recomendação de Moreng e Avens (1990), sendo que as densidades entre as soluções variaram de 1,050 à 1,100 g/cm^3 com gradiente de 0,005 entre as medidas.

Para avaliação da qualidade interna dos ovos, calculou-se a Unidade Haugh, prevista na seguinte fórmula:

$$\text{UH} = 100.\log(\text{H}+7,57-(1,7.\text{W}.0,37))$$

Onde o H refere-se a altura do albúmen (mm) e W o peso do ovo (g).

A espessura de casca foi medida através de um micrômetro digital (precisão de 0,001 mm) em três pontos retirados aleatoriamente no diâmetro central do ovo.

b) Parâmetros sanguíneos metabólicos e hematológicos

Ao final de 106 semanas de idade procedeu-se a coleta de 3 ml de sangue em 3 aves por parcela. O sangue foi coletado por punção da veia braquial e dividido em dois micro tubos, um contendo anticoagulante heparina e outro sem anticoagulante.

As amostras de sangue foram homogeneizadas com fluoreto de potássio a fim obter a glicólise e na sequência a glicose sanguínea foi determinada por meio de kit comercial (Kit Glicose PP, Gold Analisa, 1000 mL). As amostras foram preparadas e os cálculos realizados conforme especificações do fabricante. Foram feitas duas leituras para cada amostra no espectrofotômetro Biochron®, modelo Libra S22 (Biochron, Cambridge, Reino Unido), com comprimento de onda de 505 nm.

A concentração de proteína total foi determinada no soro pelo método do Biureto (kit comercial) e a de albumina pelo método colorimétrico – verde de bromocresol (kit comercial). A globulina foi determinada subtraindo a albumina da proteína total e o índice albumina/globulina (A:G) foi calculado dividindo-se o valor da fração albumina pelo valor total da fração globulina de cada amostra analisada.

A contagem diferencial de leucócitos foi realizada em esfregaços sanguíneos corados individualmente segundo o Método de May-Grunwald-Giemsa, padronizado por Rosenfeld, onde cada lâmina foi gotejada com 15 gotas do corante de Rosenfeld, e após 5 minutos, foram adicionadas 15 gotas de água destilada sobre as lâminas. Em seguida, as lâminas foram lavadas em água e secas ao ar. Posteriormente as lâminas foram examinadas em microscópio de luz binocular Jenaval® (Carl Zeiss AG, Jena, Alemanha) no aumento de

100x, sendo contados 100 leucócitos de cada esfregaço sanguíneo e diferenciando-os em linfócitos e heterófilos. Na sequência dividiu-se o número de heterófilos pelo número de linfócitos para obtenção da relação ou índice heterófilo/linfócito (MACARI *et al.*, 2002).

2.2.5 Análises estatísticas

Os dados foram analisados com auxílio do SAS University Edition com critério de 5% de significância. Foram realizadas análises de normalidade dos resíduos pelo Teste de Shapiro-Wilk (PROC UNIVARIATE). Obedecendo às premissas, os dados de desempenho e qualidade de casca foram submetidos à análise de variância, onde se escolheu a matriz com a melhor estrutura de variância-covariância com o critério de AIC pelo PROC MIXED. No caso de efeito significativo, realizou-se o teste de Dunnet (5%) para comparar o tratamento Testemunha com os demais e a regressão polinomial para definição do melhor nível de balanço eletrolítico. Nos casos onde a análise dos coeficientes de regressão não foi significativa ($P > 0,05$) e os desvios das regressões foi significativo ($P < 0,05$), as médias entre os níveis de BE foram comparadas pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade. No caso de efeito de período as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

2.3 Resultados

2.3.1 Desempenho das aves e qualidade de casca dos ovos

Para os parâmetros de desempenho não ocorreram efeitos da interação entre os BE e períodos de avaliação, sendo o efeito de período observado apenas para o consumo de ração ($P = 0,0069$), enquanto o nível de BE afetou ($P < 0,001$) todos os parâmetros de desempenho avaliados (Tabela 3).

Na comparação entre o tratamento testemunha e os tratamentos com níveis crescentes de BE observou-se para o consumo de ração do BE de 295 mEq/kg foi o único que diferiu ($P < 0,05$) do testemunha, apresentando um valor superior ao mesmo. Para produção e massa de ovos apenas o tratamento com 445 mEq/kg é que não diferiu o testemunha, enquanto os demais foram superiores ($P < 0,05$) aos valores observados no

tratamento testemunha. Por outro lado, para a conversão alimentar não houve diferenças entre o testemunha e os demais valores.

Tabela 3 - Desempenho produtivo de poedeiras comerciais em reposta a diferentes equilíbrios eletrolíticos nas rações.

Efeitos		Consumo de ração (g/ave/dia)	Produção de ovos (%/ave/dia)	Peso médio ovo (g)	Massa de ovo (g/ave/dia)	Conversão alimentar (kg/kg)
	Testemunha	88,74	74,95	61,24	45,85	1,946
Balanço	295 mEq/kg	97,25 *	80,71 *	59,983 * ^{II}	48,41 *	2,003
Eletrolítico	345 mEq/kg	90,98	78,44 *	59,48 * ^{II}	46,59 *	1,962
(BE)	395 mEq/kg	90,36	78,09 *	60,54 ^I	47,26 *	1,915
	445 mEq/kg	87,30	74,56	59,65 * ^{II}	44,46	1,967
Período	1º	93,76 a	79,08	60,37	47,69	1,971
(PE)	2º	90,08 ab	78,65	60,51	47,55	1,899
	3º	91,67 ab	76,61	59,81	45,79	2,009
	4º	88,34 b	75,50	59,98	45,24	1,958
P – valor						
Fontes de	BE	0,0000	0,0000	0,0275	0,0000	0,0275
variação	PE	0,0069	0,5256	0,8202	0,2573	0,2408
	BE*PE	0,0520	0,6793	0,1527	0,8115	0,0725
	Linear	0,000 ⁽¹⁾	0,001 ⁽²⁾	0,991	0,000 ⁽³⁾	0,085
	Quadrática	0,088	0,436	0,655	0,330	0,027 ⁽⁴⁾
	Desvio	0,029 ⁽⁵⁾	0,195	0,049 ⁽⁶⁾	0,061	0,285
	CV (%)	2,87	4,66	1,80	4,59	4,08

Nota: CV = Coeficiente de variação.

* Representa diferença em relação ao BE testemunha pelo teste de Dunnet a 5%.

^{a,b} Médias seguidas por letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

^{I, II} Médias seguidas por diferentes algarismos romanos diferem entre si pelo teste Scott Knott (P < 0,05)

Equações:

¹ - Consumo de ração = 113,92830 – 0,606. BE ; R² = 88,36%

² - Produção de ovos = 91,6044 – 0,0365.BE ; R² = 84,56%

³ - Massa de ovos = 54,8023 – 0,0217.BE ; R² = 68,46%

⁴ - Conversão alimentar = 3,5474 – 0,0085.BE + 0,000011.BE² ; R² = 87,54%

^{5 e 6} Sugere-se equação de maior grau ou não linear.

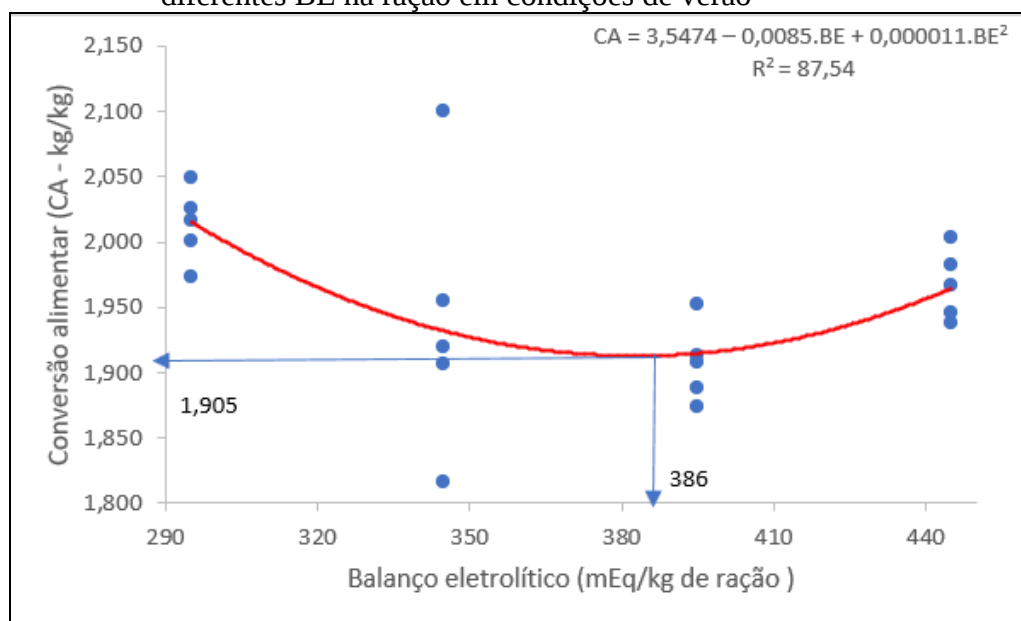
Quando realizada a regressão polinomial entre os níveis crescentes de BE observou-se que o consumo de ração, a produção e a massa de ovos decresceram conforme se aumentou o nível de BE (295; 345; 395 e 445 mEq/kg). Para o peso médio do ovo, embora tenha ocorrido efeito dos BE, os coeficientes de regressão linear e quadrático não foram significativos e além disso o valor de desvio ($P = 0,049$) indica que as variações para esse parâmetro podem apresentar um comportamento diferente. Com base no Teste de Scott Knott constatou-se que o peso médio dos ovos foi superior ($P < 0,05$) no BE de 395 mEq/kg em relação aos demais.

Para conversão alimentar ocorreu um efeito quadrático ($P < 0,05$), e a derivada da equação indicou que a melhor conversão, de 1,905 pode ser determinada pelo nível de BE de 386,4 mEq/kg (Gráfico 1).

Observou-se que o consumo de ração foi o único parâmetro de desempenho que foi influenciado pelo período, sendo que apenas no 1º. e 4º. período os valores diferiram ($P < 0,05$), sendo o menor consumo registrado no 4º. período (Tabela 3).

A qualidade dos ovos não se alterou significativamente em resposta à interação entre BE e Períodos (Tabela 4). Para a gravidade específica e Unidade Haugh ocorreu efeito de BE ($P < 0,001$), com comportamento linear crescente conforme se aumentou os níveis de BE da ração. Para a gravidade específica o maior valor foi observado no 1º. período ($P < 0,05$), embora este valor tenha sido semelhante ao obtido no 3º. período. Para a unidade Haugh, os maiores valores ocorreram no 3º e 4º período e o menor valor no 2º período ($P < 0,05$).

Gráfico 1 – Comportamento da conversão alimentar de poedeiras alimentadas com diferentes BE na ração em condições de verão



Fonte: Própria.

Tabela 4 - Qualidade interna de ovos de poedeiras comerciais em reposta a diferentes balanços eletrolíticos na ração.

Efeitos		Gravidade específica (g/cm)	Unidade Haugh	Espessura de casca (mm)	Ovos Íntegros (%)
	Testemunha	1,0809	92,71	0,350	82,46
Balanço	295 mEq/kg	1,0818	91,43	0,347 ^{II}	85,01
Eletrolítico	345 mEq/kg	1,0817	91,03	0,345 ^{II}	85,17
(BE)	395 mEq/kg	1,0834*	93,42	0,356 ^I	87,41*
	445 mEq/kg	1,0831*	94,44	0,345 ^{II}	84,28
Período	1º	1,0837 a	88,47 b	0,350	82,46
(PE)	2º	1,0815 b	93,98 a	0,347	85,01
	3º	1,0821 ab	93,59 a	0,345	85,17
	4º	1,0814 b	94,36 a	0,356	87,50
Fontes de	BE	0,00048	0,0000	0,0465	0,0255
variação	PE	0,0198	0,0000	0,0922	0,4406
	BE*PE	0,2259	0,1278	0,1666	0,3805
	Linear	0,022 ⁽⁴⁾	0,003 ⁽⁵⁾	0,751	0,990

Quadrática	0,818	0,375	0,111	0,165
Desvio	0,107	0,266	0,009 ⁽⁶⁾	0,162
CV (%)	0,21	2,40	3,66	4,36

Nota: CV = Coeficiente de variação.

* Representa diferença em relação ao BE testemunha pelo teste de Dunnet a 5%.

^{ab}- Médias seguidas por letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

^{I, II} - Médias seguidas por diferentes algarismos romanos diferem entre si pelo teste Scott Knott ($P < 0,05$).

Equações:

4- Gravidade específica = $1,0783 + 0,000001.BE$; $R^2 = 66,73\%$

5 – Unidade Haugh = $84,1468 + 0,0227.BE$; $R^2 = 82,62\%$

⁶ Sugere-se equação de maior grau ou não linear.

Fonte: Própria.

Embora tenha ocorrido efeito do BE na espessura de casca ($P = 0,0465$), os coeficientes das equações de regressão não foram significativos ($P > 0,05$) e o comportamento dos dados não pode ser explicado por uma equação linear ou quadrática (Tabela 4). Pelo teste de Scott Knott observa-se que a espessura da casca foi superior ($P < 0,05$) no BE de 395 mEq/kg, enquanto as diferenças não foram constatadas pelo mesmo teste de média para a porcentagens de ovos íntegros, apenas uma diferença entre o tratamento testemunha e o BE de 395 mEq/kg, com maior porcentagem de ovos íntegros para este BE.

2.3.2 Parâmetros sanguíneos

Os parâmetros sanguíneos das poedeiras ao término do período experimental são apresentados na Tabela 5, onde observa-se que o único parâmetro não influenciado pelos tratamentos foi a concentração de proteínas totais no plasma ($P = 0,1185$).

Tabela 5 - Parâmetros sanguíneos metabólicos de poedeiras comerciais em reposta a diferentes equilíbrios eletrolíticos nas rações.

	Glicose (g/dL)	Proteínas plasmáticas totais (g/dL)	Albumina (g/dL)	Globulinas (g/dL)	A:G	H:L
Testemunha	247,39	6,74	2,54	3,85	0,63	0,56
Balanco Eletrolítico (BE)						
295 mEq/kg	201,56 *	6,93	2,91 ^I	4,01 ^{II}	0,73	0,48
345 mEq/kg	215,97	5,93	2,49 ^{II}	3,49 ^{II}	0,69	0,58
395 mEq/kg	219,63	7,66	2,75 ^I	5,24 ^I	0,64	0,55
445 mEq/kg	189,54 *	7,12	2,31 ^{II}	4,81 ^I	0,51	0,40 *
CV (%)	9,91	14,10	10,23	17,90	17,63	16,67
Valores de P						
BE	0,0047	0,1185	0,0173	0,0099	0,0480	0,0089
Linear	0,4700	-	0,0100	0,0190	0,0030 ⁽²⁾	0,1180
Quadrática	0,0371 ⁽¹⁾	-	0,9292	0,8944	0,3600	0,0020 ⁽³⁾
Desvio	0,6072	-	0,0200 ⁴	0,0131 ⁵	0,7777	0,9701

A = Albumina; G= Globulina,, H = heterofilo; L = linfócito.

CV = Coeficiente de variação.

* Representa diferença em relação ao testemunha pelo teste de Dunnet a 5%.

^{I, II} - Médias seguidas por diferentes algarismos romanos diferem entre si pelo teste Scott Knott (P < 0,05).

Equações:

1- Glicose = $-364,7241 + 3,2286.x - 0,0044.x^2$, $R^2 = 95,40$

2- Índice A:G = $1,1896 - 0,0015.x$, $R^2 = 92,83$

3- Índice heterofilo: Linfócito = $-2,8135 + 0,0189.x - 0,000026.x^2$, $R^2 = 99,99$

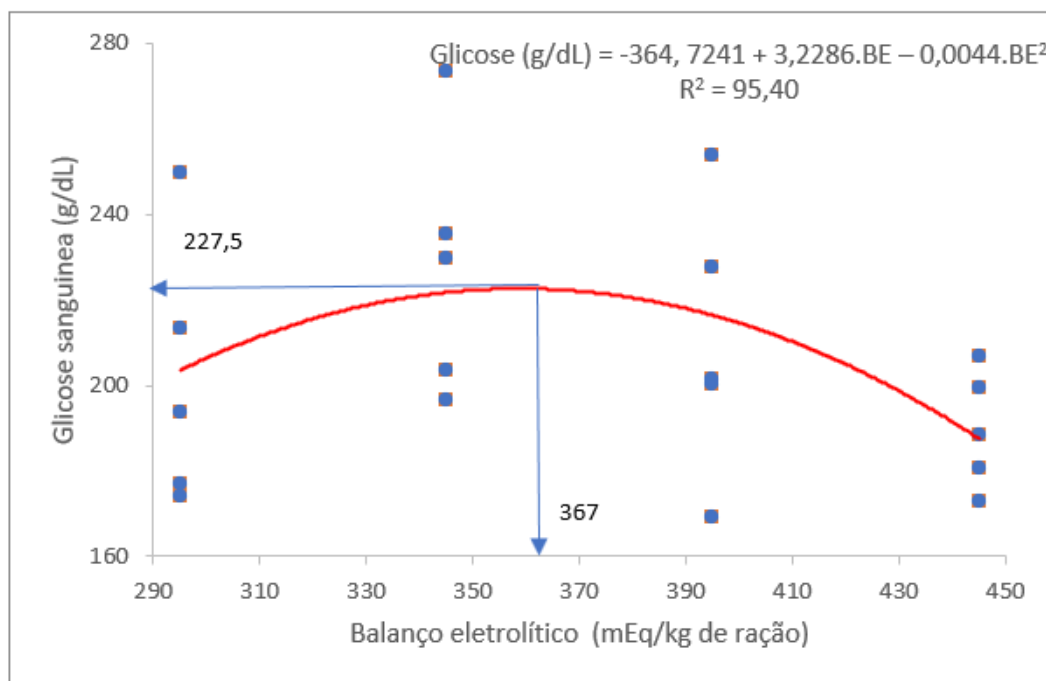
^{e 5} Sugere-se equação de maior grau ou não linear.

Fonte: Própria.

A partir da regressão polinomial dos níveis de BE, encontrou-se efeito quadrático para a concentração de glicose no sangue (P = 0,037), com aumento na concentração até o BE de 367 mEq/kg, atingido valor máximo de 227,54 d/dL (Gráfico 2). Para as concentrações de albuminas e globulinas as regressões não apresentaram bons ajustes com desvio significativos (P < 0,05), indicando comportamentos diferentes do linear ou quadrático, e o teste de Scott Knott indicou que as maiores concentrações de albumina foram determinadas pelas rações com BE de 295 e 395 mEq/kg e as maiores de globulina pelas rações com BE de 395 e 445 mEq/kg.

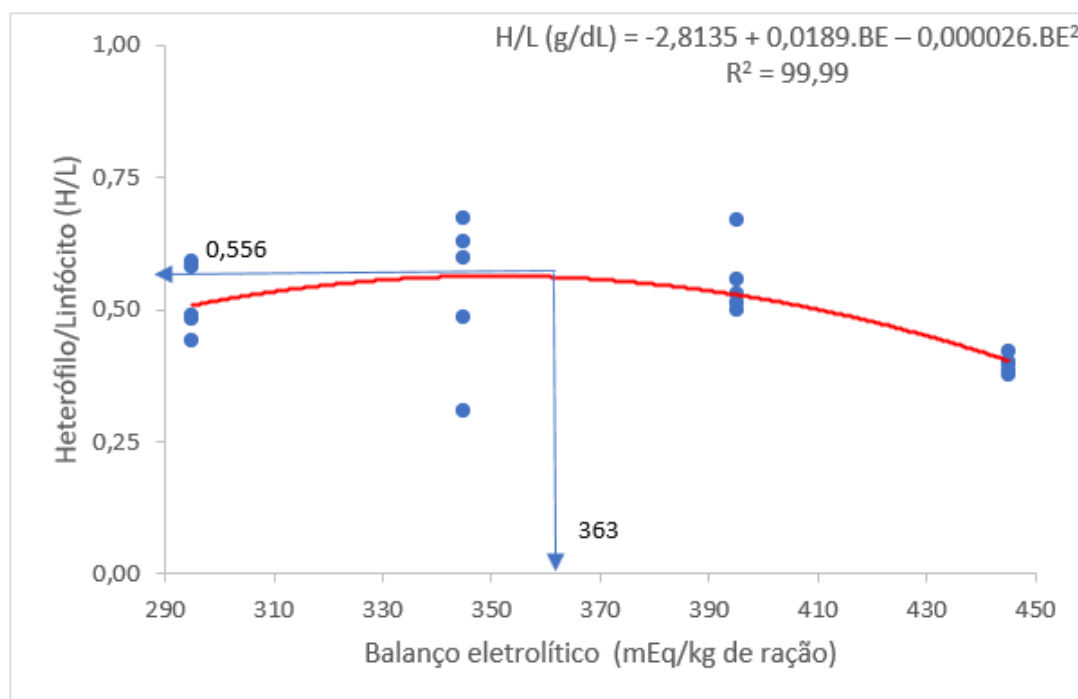
Para a relação Albumina:Globulina o aumento no BE determinou decréscimo linear ($P = 0,003$), enquanto para a relação Heterófilo:Linfócito o comportamento foi quadrático, com aumento na relação até o nível de 363 mEq/kg, atingindo uma relação de 0,556 e depois declinando (Gráfico 3).

Gráfico 2 – Comportamento da glicose sanguínea de poedeiras alimentadas com diferentes BE na ração em condições de verão



Fonte: Própria.

Gráfico 3 – Comportamento da relação heterófilo/linfócito de poedeiras alimentadas com diferentes BE na ração em condições de verão.



Fonte: Própria.

2.4 Discussão

As aves deste estudo possivelmente passaram por uma situação de estresse térmico por calor, uma vez que os valores médios de temperatura (28°C) e umidade relativa (66,4%) atingiram valores fora da zona de conforto térmico, que para poedeiras é de 20 a 24°C de temperatura ambiente e 35 a 45% de umidade relativa (MUTAF; KAHRAMAN; FIRAT, 2008, MORAES; OLIVEIRA, 2007). Apesar das condições ambientais desfavoráveis, o desempenho das aves parece não ter sido comprometido, uma vez que os índices são compatíveis com os apresentados no manual de criação da linhagem (LOHMANN LSL LITE, sd.) para aves com mais de 90 semanas de idade. O único parâmetro de desempenho que apresentou valores inferiores em relação aos indicados para linhagem e idade foi o peso médio do ovo, o qual ficou abaixo do preconizado no referido manual (105 g/ave/dia e 64,4 g) entretanto para a produção de ovos observou-se valores superiores ao indicado (70%/ave/dia), o que acabou por determinar massa de ovos dentro dos limites indicados (45 a 44 g/ave/dia).

Como resposta ao desconforto térmico as poedeiras do presente estudo apresentaram uma redução média no consumo de ração cerca de 14,2%, isso considerando-

se o valor de 105 g/ave/dia, como sugerido no Manual Lohmann LSL Lite (sd.). Em um estudo de metanálise foi verificado que as aves em situação de estresse calórico reduzem de 9 a 22,6% o consumo de ração quando comparado ao observado em condições de termoneutralidade (MIGNON-GRASTEAU *et al.*, 2015), sendo, portanto, a redução no consumo de ração uma forma que a ave apresenta como estratégia para reduzir a produção de calor. Essa resposta sem comprometimento dos demais índices de desempenho demonstra que as poedeiras têm melhores condições de ativar o eixo Hipotálamo-hipófise-adrenais (QUINTEIRO-FILHO *et al.*, 2012) a fim de restabelecer a homeostase e superar os prejuízos causados pela alta temperatura do ambiente, situação dificilmente observada em frangos de corte expostos a altas temperatura e umidade.

No presente estudo ficou evidente que as rações com BE de 170 mEq/kg determinaram desempenho das aves inferior em relação às rações com BE superior, porém o aumento do BE das rações além de 295 mEq/kg influenciou negativamente importantes parâmetros de desempenho como consumo de ração, taxa de produção de ovos e massa de ovos, embora a o comportamento da conversão alimentar tenha sugerido melhor valor com um BE de 386,4 mEq/kg, o que provavelmente é reflexo de um peso de ovo superior como o observado para as aves que receberam a ração com 395 mEq/kg, cuja a conversão alimentar (1,915) foi próxima a estimada para o balanço de 386,4 mEq/kg (1,905). Porém, alguns estudos, também conduzidos com poedeiras em condições de altas temperaturas, relatam que BE nas faixas de 0, 140, 280 e 360 mEq/kg não influenciaram no desempenho produtivo (NOBAKHT *et al.*, 2006; NOBAKHT *et al.*, 2007; SAFAMEHER; NOBAKHT *et al.*, 2007). As divergências entre os resultados podem ocorrer devido às alterações na dieta basal, intensidade do estresse, idade das aves, condições ambientais e sistemas de criação (GHASEMI, MEHRAN; TORKI, 2014; MIGNON-GRASTEAU *et al.*, 2015; TILBROOK; FISHER, 2020), além do fato da genética também influenciar nas respostas das aves frente às condições de estresse térmico (WANG *et al.*, 2018; GHONAME *et al.*, 2022).

Quanto a influência do BE das rações sobre a qualidade dos ovos, alguns estudos evidenciam que rações com BE de 360 mEq/kg determinam melhoria nos parâmetros quando comparado a rações com valores inferiores de BE (NOBAKHT *et al.*, 2006; NOBAKHT *et al.*, 2007; SAFAMEHER; NOBAKHT *et al.*, 2007) o que também pode ser observado no presente estudo quando se compara o tratamento testemunha (170 mEq/kg) com os demais, sendo a melhora observada para o BE de 395 mEq/kg para a gravidade

específica dos ovos e espessura da casca, porém avaliando os níveis crescentes de BE evidencia-se aumento na gravidade específica e não interfere na unidade haugh com o aumento nos níveis de BE além de 395 mEq/kg. De certa forma as alterações nos parâmetros de casca não promoveram resultados consistentes para justificar alterações no percentual de ovos íntegros entre os aumentos de BE, apenas indicam que no BE de 395 mEq/kg ocorre aumento em relação ao observado para a ração testemunha.

As análises de amostras sanguíneas das aves não evidenciaram que rações mais catiônicas, com maior BE, podem melhorar as respostas metabólicas frente a condição de estresse térmico. O que se constatou foi uma diminuição na concentração de glicose sanguínea. Segundo Quinteiro-Filho (2012), a maior concentração de glicose sanguínea é decorrente da maior secreção de glicocorticoides, induzindo a glicogenólise e deprimindo a absorção da glicose (BORGES *et al.*, 2003b, 2004; QUINTEIRO-FILHO, *et al.*, 2012). Valores entre 198 e 450 mg/dL são considerados normais para aves e, em situações de estresse, podem ser observados valores acima de 594 mg/dL. No presente estudo, tanto no tratamento testemunha quanto nos tratamentos com níveis crescentes de BE as concentrações de glicose sanguínea mantiveram-se dentro do padrão, não sendo adequado com base neste parâmetro inferir que as aves se encontravam em estresse térmico.

Em situação de estresse por calor, pode-se observar também elevação nos níveis de globulina e consequentemente diminuição na relação albumina:globulina (BACILA, 2003). No presente estudo a relação albumina:globulina demonstra que o aumento no BE pré-dispõe as aves a redução nesse índice indicando diminuição nas respostas ao estresse crônico oriundo da elevação da temperatura e da umidade do ambiente.

Uma diminuição no número de linfócitos e elevação no número de heterófilos, determinando aumento da relação heterófilo/linfócito é um importante indicador de estresse ambiental (ROSTAGNO, 2020). O estresse causa aumento na concentração de cortisol, e este exerce influência sobre o número de heterófilos e linfócitos sanguíneos, sendo que aves estressadas tendem a apresentar maior relação H/L, em função dos quadros de heterofilia e linfopenia apresentados (GROSS e SIEGEL, 1983). A relação heterófilos:linfócitos em situação de termoneutralidade é de 1:2 (MACARI; LUQUETTI, 2002), mas as respostas podem variar frente a diferentes situações. Entretanto não existem valores de referência adequados para a relação H/L que permitam a comparação entre estudos, além disso, distinguir o tipo de estresse em que as aves são submetidas (agudo ou crônico) é outra dificuldade (COTTER, 2015). No presente estudo houve comportamento

crescente no BE das rações na relação H/L, mas aumentou somente com 345 mEq/kg, tendo então o pior desempenho.

A determinação do melhor BE é muito importante a fim de reduzir os efeitos deletérios de estresse térmico, no entanto, os níveis necessários de eletrólitos não são estacionárias e podem divergir de acordo o estado de saúde, a ingestão alimentar e as condições ambientais (GEZEN *et al.*, 2005). No presente estudo, poedeiras alimentadas com BE de 295 mEq/kg mostraram as melhores respostas produtivas, enquanto a qualidade do ovo foi melhor para as aves alimentadas com a ração com BE de 395 mEq/kg, enquanto as respostas metabólicas e sanguíneas destas aves não permitiram indicar que as mesmas estavam em condição fisiológicas superiores, mas indicaram que BE acima de 363 mEq/kg e BE de 445 mEq/kg pioram importantes índices hematológicos como relação Albumina/Globulina e Heterófilo/Linfócito.

2.5 Conclusões

Em condições de verão tropical quente e úmido, o aumento do BE ($\text{Na}^+ + \text{K}^+ - \text{Cl}^-$) de rações de poedeiras além de 295 mEq/kg não promove melhor desempenho produtivo das aves, embora o BE de 395 mEq/kg contribua satisfatoriamente para a qualidade do ovo. Quanto às respostas metabólicas e sanguíneas, os resultados foram pouco consistentes e apresentaram grande variabilidade, porém a relação Albumina/Globulina indica que balanços mais catiônicos tendem a comprometer o metabolismo das aves e portanto, a produção.

REFERÊNCIAS

- AHMAD, T.; SARWAR, M. Dietary electrolyte balance: implications in heat stressed broilers. **World's Poultry Science Journal**, Cambridge, v. 62, n. 4, p. 638-653, 2006.
- BACILA, M. **Bioquímica Veterinária**. 2. ed. São Paulo: Robe Editorial, 2003. 583p.
- BORGES, S. A.; SILVA, A. V. F.; MAIORKA, A. Fisiologia do estresse calórico e a utilização de eletrólitos em frangos de corte. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 33, n. 5, p. 975-981, 2003.
- BORGES, S. A.; SILVA, A. V. F.; MAJORKA, 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**, Amsterdam, v. 83, p. 1551-1558, 2004.
- BORGES, S. A. Aplicação do conceito de balanço eletrolítico para aves. In: CONFERÊNCIA APINCO 2006 DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS, Santos, 2006. **Anais [...]** Santos: [s. n.], 2006. p. 123-137.
- COTTER, P. F. An examination of the utility of heterophil-lymphocyte ratios in assessing stress of caged hens. **Poultry Science**, Amsterdam, v. 94, p. 512-517, 2015.
- BRYDEN, W. *et al.* Nutrition, feeding and laying hen welfare. **Animal Production Science**, Clayton, v. 61, p. 893–914, 2021.
- FARIA, D. E.; JUNQUEIRA, O. M.; SAKOMURA, N. K.; SANTANA, A. E. Influência de diferentes níveis de energia, vitamina d3 e relação sódio:cloro sobre o desempenho e a qualidade da casca dos ovos de poedeiras comerciais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 29, p. 467-475, 2002.
- GARCIA-NETO, M. **PPFR**: programa prático para formulação de rações. [S. l: s. n.], 2008.
- GEZEN, S. S.; EREN, M.; DENIZ, G. The effect of different dietary electrolyte balances on egg shell quality in laying hens. **Revue de Medecine Veterinaire**, Toulouse, v. 156, p. 491–497, 2005.
- GHASEMI, R.; TORKI, M.; GHASEMI, H. A. Effects of dietary crude protein and electrolyte balance on production parameters and blood biochemicals of laying hens under tropical summer condition. **Tropical Animal Health and Production**, Dordrecht, v. 46, p. 717 – 723, 2014.
- GHONAME, M. *et al.* Effect of acute heat stress on production performance and egg quality in four strains of chickens. **South African Journal of Animal Science**, Menlo Park, v. 52, p. 168 176, 2022.
- GROSS, W. B.; SIEGEL, H. S. Evaluation of heterophil/lymphocyte ratio as a measure of stress in chickens. **Avian Diseases**, Jacksonville, v. 27, p. 972-979, 1983.

- JUDICE, J. P. M. *et al.* Balanço cátiô-aniônico das rações e manejo alimentar para poedeiras de segundo ciclo. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 26, n. 3, p. 598- 609, 2002.
- 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**, Viçosa, MG, v. 29, n. 4, p. 1110-1116, 2000.
- LARA, L.J.; ROSTAGNO, M. H. Impact of heat stress on poultry production. **Animals**, Boston, v. 3, p. 356-369, 2013.
- LI, M. *et al.* Efeitos do estresse térmico no cotidiano comportamento de galinhas wenchang. **Brazilian Journal of Poultry Science**, Campinas, v. 17, p. 559-566. 2015.
- LOHMANN DO BRASIL. **Guia de manejo**: Poedeiras comerciais Lohmann LSL-Lite. Disponível em: https://lohmann-breeders.com/media/2020/08/LOHMANN_MG_LSL-Lite_Portuguese.pdf. Acesso: junho 2022.
- MACARI, M.; LUQUETTI, B. C. Fisiologia cardiovascular. In: MACARI, M.; FURLAN, R. L.; GONZALES, E. **Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte**. 2. ed. Jaboticabal: Funep/Unesp, 2002. p. 17-36
- MIGNON-GRASTEAU, S. *et al.* Robustness to chronic heat stress in laying hens: a meta-analysis. **Poultry Science**, Amsterdam, v.94, p.586-600, 2015.
- MONGIN, P. Recent advances in dietary anion-cation balance: application in poultry. **Proceedings of the Nutrition Society**, Palmerston North, v. 40, p. 285-294, 1981.
- MORAES, S. R. P.; OLIVEIRA, A. L. R. Classificação das faixas do índice de temperatura e umidade (ITU), aptidão da região e condições de conforto para frangos de corte e poedeiras, no Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 2007, Aracaju. **Anais [...]** Aracaju: CBAGRO, 2007.
- MORENG, R. E.; AVENS, J. S. **Ciência e produção de aves**. São Paulo: Roca, 1990. 380 p.
- MUTAF, S.; KAHRAMAN, N. S.; FIRAT, M. Z. Surface wetting and its effect on body and surface temperatures of domestic laying hens at different thermal conditions. **Poultry Science**, Amsterdam, v. 87, p. 2441-2450, 2008.
- NOBAKHT, A. *et al.* The effects of dietary electrolyte balance on performance of laying hens exposed to heat - stress environment in late laying period. **International Journal of Poultry Science**, Faisalabad, v. 5, n. 10, p. 955-958, 2006.
- NOBAKHT, A. *et al.* The effects of dietary electrolyte balance on the performance and eggshell quality in the early laying period. **Pakistan Journal of Nutrition**, Faisalabad, v. 6, p. 543-546, 2007.

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

OLIVEIRA, D. L. de *et al.* Desempenho e qualidade de ovos de galinhas poedeiras criadas em gaiolas enriquecidas e ambiente controlado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 18, p. 1186-1191, 2012.

QUINTEIRO-FILHO, W.M. *et al.* Acute heat stress impairs performance parameters and induces mild intestinal enteritis in broiler chickens: role of acute HPA axis activation. **Journal of Animal Science**, Cary, v. 1, p. 1-10, 2012.

ROSTAGNO, H. S. *et al.* **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 3. ed. Viçosa: UFV, 2017. 252 p.

ROSTAGNO, M. H. Effects of heat stress on the gut health of poultry. **Journal of Animal Science**, Oxford, v. 98, n. 4, p. skaa090, 2020.

ROZENBOIM, I. *et al.* The effect of heat stress on ovarian function of laying hens. **Poultry Science**, Amsterdam, v. 86, n. 8, p. 1760-1765, 2007.

SAFAMEHER, A. R.; NOBAKHT, A. The effects of dietary electrolyte balance on the performance and eggshell quality in the late laying period. **Journal of Animal and Veterinary Advances**, Faisalabad, v. 6, n. 8, p. 912-916, 2007.

SANTOS, B. A. **Efeitos do balanço eletrolítico (Na+K-Cl ou Na+K+Mg+Ca-Cl-P-S), do carbonato e do bicarbonato da dieta sobre o desempenho e metabolismo ácido-base de frangos de corte**. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/232227/001129985.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em 17 de fevereiro de 2023.

STATISTA. **Egg production worldwide**. 1990-2020. Disponível em: <https://www.statista.com/statistics/263972/egg-production-worldwide-since-1990/>. Acesso em 09 de agosto de 2022.

TILBROOK, A. J.; FISHER, A. D. Stress, health and the welfare of laying hens. **Animal Production Science**, Clayton, v. 61, p. 931-943, 2020.

VOGHT, B. R. **Efeito do balanço eletrolítico da dieta sobre o desempenho e metabolismo ácido base de frangos de corte**. Disponível em: https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/244204/Resumo_73735.pdf?sequence=1. Acesso em 17 de fevereiro de 2023.

WANG, Y. *et al.* Physiological responses to heat stress in two genetically distinct chicken inbred lines. **Poultry Science**, Amsterdam, v.97 p. 770-780, 2018.

WASTI S.; SAH, N.; MISHRA, B. Impact of heat stress on poultry health and performances, and potential mitigation strategies. **Animals**, Boston, v. 10, p. 1266, 2020.