



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA



**Termorregulação e desempenho produtivo de codornas
japonesas mantidas em diferentes temperaturas**

JOAB JORGE LEITE DE MATOS JÚNIOR

CAMPINA GRANDE - PB
AGOSTO - 2021

JOAB JORGE LEITE DE MATOS JÚNIOR

**Termorregulação e desempenho produtivo de codornas
japonesas mantidas em diferentes temperaturas**

Área de Concentração: Construções Rurais e Ambiência

Orientador: Prof. Dr. Dermeval Araujo Furtado

CAMPINA GRANDE - PB

AGOSTO - 2021

M433t Matos Júnior, Joab Jorge Leite de.
Termorregulação e desempenho produtivo de codornas japonesas mantidas em diferentes temperaturas / Joab Jorge Leite de Matos Júnior. – Campina Grande, 2021.
53 f. : il. color.

Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, 2021.
"Orientação: Prof. Dr. Dermeval Araujo Furtado".
Referências.

1. Codornas – Ambiência Animal. 2. Coturnicultura. 3. Codornas (Coturnix Japonica) – Qualidade dos Ovos – Temperaturas Diferentes. 4. Construções Rurais e Ambiência. 5. Termorregulação. I. Furtado, Dermeval Araujo. II. Título.

CDU 631.227:598.618(043)

JOAB JORGE LEITE DE MATOS JÚNIOR

**Termorregulação e desempenho produtivo de codornas
japonesas mantidas em diferentes temperaturas**

Tese de doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais - CTRN da Universidade Federal de Campina Grande – UFCG para obtenção do título de Doutor em Engenharia Agrícola.

CAMPINA GRANDE - PB

AGOSTO - 2021



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
POS-GRADUACAO EM ENGENHARIA AGRICOLA
Rua Aprigio Veloso, 882, - Bairro Universitario, Campina Grande/PB, CEP 58429-900

FOLHA DE ASSINATURA PARA TESES E DISSERTAÇÕES

JOAB JORGE LEITE DE MATOS JÚNIOR

TERMORREGULAÇÃO E DESEMPENHO
PRODUTIVO DE CODORNAS JAPONESAS
MANTIDAS EM DIFERENTES TEMPERATURAS

Tese apresentada ao Programa de Pós-
Graduação em Engenharia Agrícola como
pré-requisito para obtenção do título de
Doutor em Engenharia Agrícola.

Aprovada em: 31/08/2021

Dermeval Araújo Furtado – Orientador – UAEA/CTRN/UFCG

José Pinheiro Lopes Neto – Examinador Interno - UAEA/CTRN/UFCG

José Wallace Barbosa do Nascimento – Examinador Interno - UAEA/CTRN/UFCG

Neila Lidiany Ribeiro – Examinadora Externa - INSA

Severino Guilherme Caetano - Examinador Externo - INSA



Documento assinado eletronicamente por **Neila Lidiany Ribeiro, Usuário Externo**, em 01/09/2021, às 15:00, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).



Documento assinado eletronicamente por **JOSE PINHEIRO LOPES NETO, PROFESSOR 3 GRAU**, em 01/09/2021, às 15:40, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).



Documento assinado eletronicamente por **Severino Guilherme Caetano Gonçalves dos Santos, Usuário Externo**, em 08/09/2021, às 10:58, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).



Documento assinado eletronicamente por **DERMEVAL ARAUJO FURTADO, PROFESSOR 3 GRAU**, em 30/09/2021, às 09:28, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).



Documento assinado eletronicamente por **JOSE WALLACE BARBOSA DO NASCIMENTO, PROFESSOR(A) DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 30/09/2021, às 14:32, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site <https://sei.ufcg.edu.br/autenticidade>, informando o código verificador **1745727** e o código CRC **512EF767**.

DEDICATÓRIA

À minha família que sempre me incentivou a buscar o conhecimento e acreditar em mim. Aos amigos que a UFCG me deu que estiveram sempre ao meu lado nesta caminhada.

Dedico esta obra.

EPÍGRAFE

“O sonho é que leva a gente para a frente. Se a gente for seguir a razão, fica aquietado, acomodado.”

(Ariano Suassuna)

AGRADECIMENTOS

A Deus por ser meu norte em tudo o que faço e por jamais ter me abandonado nesta luta rumo ao conhecimento;

À minha família que é minha base, em especial minha esposa Valdilene Matos que está comigo no dia a dia e ver de perto o que se passa para conciliar trabalho e estudo, também minhas mães: Lenice Anunciada, Maria Anunciada, Maria do Carmo e Maria de Lourdes. Obrigado por tudo!

Ao meu orientador, Professor Dr. Dermeval Araujo Furtado, por sua confiança, paciência, orientação, apoio, disponibilidade durante a realização deste trabalho e na minha caminhada na Pós-Graduação. Seus ensinamentos foram essenciais para o meu crescimento científico no decorrer da caminhada acadêmica, jamais esquecerei tudo o que me ensinou e o que fez por mim, principalmente por nunca desacreditar que esse momento chegaria. Muito obrigado!

À Universidade Federal de Campina Grande, em especial, a todos os que fazem Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola pela oportunidade da realização do meu Doutorado;

Aos amigos do curso de pós-graduação, esses terão um lugar mais que especial em meu coração pois nossa amizade foi forjada na adversidade e nos tornamos parte da vida uns dos outros;

Aos membros do Grupo de Pesquisa em Construções Rurais e Ambiente (GCAMB), pela paciência e companheirismo e disponibilidade em ajudar: aqui agradeço principalmente a Ladyanne Raia Rodrigues, Valéria Rodrigues, Jordânio Inácio, Patrício Gomes e todos que contribuíram para a realização deste trabalho. Sem vocês não teria conseguido. Obrigado!

Aos membros da banca agradeço a disponibilidade de contribuir com o trabalho realizado, saibam que suas colocações serão ouvidas com carinho e na medida do possível serão postas em prática;

A todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho, minha gratidão.

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Layout interno das câmaras climáticas e da sala de monitoramento ...	29

LISTA DE TABELAS

	Página
Tabela 1. Composição percentual e perfil nutricional da ração.....	31
Tabela 2. Determinação das características do ar para as diferentes temperaturas avaliadas (°C)	38
Tabela 3. Média e desvio padrão das variáveis fisiológicas das codornas submetidas a temperatura de conforto e estresse térmico	39
Tabela 4. Média e desvio padrão das variáveis de desempenho produtivo e qualidade do ovo de codornas japonesas submetidas a temperatura de conforto e estresse térmico	40
Tabela 5. Média e desvio padrão das trocas térmicas das codornas submetidas a temperatura de conforto e estresse térmico	42
Tabela 6. Média e desvio padrão do peso dos órgãos das codornas submetidas a temperatura de conforto e estresse térmico	44
Tabela 7. Correlação de Pearson das variáveis fisiológicas vs as variáveis produtivas e qualidade dos ovos	44

SUMÁRIO

	Página
Lista de figuras.....	i
Lista de tabelas.....	ii
RESUMO.....	iv
ABSTRACT	v
1. INTRODUÇÃO	13
OBETIVO GERAL	14
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
2.1. Coturnicultura brasileira.....	15
2. 2. Efeito do estresse por calor sobre o desempenho	16
2.3 Efeito do estresse por calor sobre o desempenho e qualidade dos ovos.....	17
2.4. Variáveis ambientais	19
2.5. Estresse calórico e variáveis fisiológicas	21
2.6. Mecanismos de trocas de energia térmica	24
2.6.1. Trocas sensíveis	25
2.6.2. Transferência de energia térmica por convecção	25
2.6.3. Transferência de calor por radiação	26
2.6.4. Trocas latentes	27
3. MATERIAL E MÉTODOS	26
3.1. Local do experimento	29
3.2. Câmaras climáticas	29
3.3. Animais e manejo experimental	30
3.4. Manejo alimentar	31
3.5. Variáveis fisiológicas	32
3.6. Variáveis de desempenho e qualidade dos ovos	32
3.7. Trocas térmicas	34
3.8. Análise estatística	38
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	39
5. CONCLUSÕES	46
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	47

Matos Júnior, Joab Jorge Leite. **Desempenho produtivo, trocas térmicas e respostas fisiológicas de codornas japonesas mantidas sob diferentes temperaturas.** 2021. 55p. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola. Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande, PB.

Resumo: Objetivou-se com o trabalho avaliar as variáveis fisiológicas, desempenho produtivo e as trocas térmicas de codornas japonesas mantidas em conforto e sob estresse térmico, utilizando-se 192 codornas com nove semanas de idade, distribuídas em delineamento inteiramente casualizado em duas temperaturas (24 e 32 °C), totalizando dois tratamentos, com 12 repetições de oito aves cada, sendo o período experimental de 63 dias, divididos em 3 períodos de 21 dias. A frequência respiratória, temperatura cloacal e superficial foram mais elevadas na temperatura de 32 °C. O peso vivo, consumo de ração, conversão alimentar por massa de ovos, dúzia de ovos, peso da gema, casca, porcentagem da casca e peso da moela foram mais elevadas na temperatura de 24 °C. A temperatura do ar expirada e transferência de calor por evaporação foram mais elevados na temperatura de 32 °C e, a transferência de calor por convecção, radiação e calor total mais elevados na temperatura de 24 °C. Na correlação de Pearson com a elevação da frequência respiratória reduziu-se o consumo de ração. Codornas japonesas na fase de produção mantidas em temperaturas de 32 °C, apresentaram elevação nas variáveis fisiológicas, redução no peso final e na qualidade dos ovos, porém, com pouca influência no desempenho das aves, que utilizaram mais os mecanismos de transferência de calor na forma sensível na temperatura mais baixa e latentes na temperatura mais elevada.

Palavras-chave: Ambiência animal, coturnicultura, coturnix japônica, qualidade dos ovos, termorregulação.

Abstract: The objective of this study was to evaluate the physiological variables, productive performance and thermal exchanges of Japanese quails kept in comfort and under thermal stress, using 192 quails with nine weeks of age, distributed in a completely randomized design at two temperatures (24 and 32 °C), totaling two treatments, with 12 replicates of eight birds each, with an experimental period of 63 days, divided into 3 periods of 21 days. Respiratory rate, cloacal and surface temperature were higher at 32 °C. Live weight, feed intake, feed conversion per egg mass, dozen eggs, yolk weight, shell, shell percentage and gizzard weight were higher at 24 °C. Expired air temperature and heat transfer by evaporation were higher at a temperature of 32 °C, and heat transfer by convection, radiation and total heat were higher at a temperature of 24 °C. In the Pearson correlation with the increase in respiratory rate, feed consumption was reduced. Japanese quails in the production phase kept at temperatures of 32 °C, showed an increase in physiological variables, reduction in final weight and egg quality, but with little influence on the performance of the birds, which used more heat transfer mechanisms in the form sensitive at the lowest temperature and latent at the highest temperature.

Keyword: Animal ambience, cowhide, *coturnix coturnix japonica*, egg quality, thermoregulation.

1. INTRODUÇÃO

A corturnicultura é uma atividade em franca expansão, principalmente em regiões de clima tropical, que apresentam como características elevadas temperaturas e radiação solar e períodos chuvosos escassos e irregulares. Entre as características que possibilitam a criação de codornas estão: pequeno porte, adaptabilidade, possibilidade de criação em pequenas áreas, custo relativamente baixo para implantação.

Como toda espécie animal, a codorna necessita de ambiente adequado à produção, uma vez que as intempéries climáticas, a estrutura física das instalações e insumos podem ser a chave para o sucesso da atividade. Por essa razão deve-se adequar os ambientes as necessidades dos animais para que assim, ele possa expor toda a sua produção, e desempenhem bem suas funções produtivas e fisiológicas e produzam com eficiência

As codornas são sensíveis a temperaturas elevadas, o que pode vir a comprometer o sucesso da atividade. Há na fisiologia dessa espécie adaptações (fisiológicas, comportamentais, entre outras) que o próprio organismo realiza para se adequar ao ambiente, porém há um limite, onde pode-se considerar como exemplo a temperatura do ambiente, que chegando ao limite de tolerância das aves, há comprometimento das funções vitais e, em consequência, das funções produtivas. Partindo desse pressuposto, na atualidade há uma predisposição dos estudos em ambiência com codornas de se observar o limite em que a ave consegue se adaptar as intempéries sem comprometer a produção.

As adaptações fisiológicas (frequência respiratória, cardíaca, temperatura retal, entre outras) que os animais realizam, boa parte acontece internamente, na perspectiva de manter a homeostase. Porém existem outras adaptações como a troca de calor, ou seja, as trocas térmicas (entre os animais e a estrutura; entre os animais e o meio circundante; como também entre os próprios animais) e, essas trocas acontecem internamente ou externamente, na perspectiva de fazer com que os animais mantenham-se em bem estar e possam produzir. Qual será o limite dessa adaptação? Umas acontecem simplesmente na elevação do consumo de água ou diminuição do consumo de ração, outras acontecem na retirada do calor interno para o meio externo através da respiração, outras na tentativa de buscar uma superfície e com o contato seja seja possível encontrar esse suporte para a troca.

Por fim, o presente estudo teve como objetivo avaliar o desempenho produtivo, qualidade do ovo, medidas fisiológicas, trocas térmicas e a morfometria dos órgãos de codornas japonesas ao serem mantidas em conforto e sob estresse por calor.

OBJETIVO GERAL

Avaliar o desempenho termorregulatório e produtivo de codornas submetidas a diferentes temperaturas

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Avaliar o desempenho produtivo das codornas;
- ✓ Mensurar a qualidade dos ovos produzidos;
- ✓ Realizar as medidas morfométricas dos órgãos;
- ✓ Obter as respostas fisiológicas dos animais submetidos aos tratamentos;
- ✓ Obter os valores de trocas térmicas realizadas pelas aves estudadas.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2. 1. Coturnicultura brasileira

A avicultura é um dos setores que representa a tendência de crescimento produtivo e tecnológico no Brasil (Pereira et al., 2016), destacando-se entre estes setores a coturnicultura, que pode possibilitar retorno do capital investido através dos seus produtos (carne e ovos), além de ser uma alternativa para a alimentação humana (Teixeira et al., 2013).

A codorna faz parte da ordem dos galináceos, Família *Fasianidae* e Gênero *Coturnix* e, pode ser utilizada para a produção de ovos ou para comercialização de carcaça. A codorna japonesa (*Coturnix coturnix japonica*) é a espécie mais utilizada para a produção comercial de ovos, a qual é bem difundida devido à sua alta precocidade e produtividade (Teixeira et al., 2012). A coturnicultura é considerada uma atividade alternativa para pequenos produtores no Brasil, com crescimento anual, e isso se deve a facilidade de iniciar uma criação, pois pequenas áreas são suficientes, sua precocidade, desenvolvimento produtivo e reprodutivo (Pereira et al., 2016).

A maximização da exploração da coturnicultura no Brasil se deu principalmente nas regiões Sudeste, Nordeste e Sul do país (Moura et al., 2010), tendo como principais produtos a carne e o ovo, fontes de proteína de alto valor biológico (Pastore et al., 2012), com a adequação as novas técnicas e tecnologias de produção a atividade tida como de subsistência, passa a ocupar um cenário de atividade altamente tecnificada.

Esse segmento é uma opção para a exploração avícola, pois é uma cultura com manejo simplificado (Bertechini, 2010). Segundo Matos (2007) as codornas possuem as seguintes qualidades: rápido crescimento; precocidade sexual; postura, rusticidade elevadas e baixo consumo de alimento. Para a implantação das granjas, demanda-se pequeno espaço físico (em comparação a outras criações) (Kato, 2007). Portanto, economicamente a coturnicultura exige um baixo investimento, com rápido retorno econômico, se comparada à avicultura de frangos de corte (Pastore et al., 2012). Desse modo, a agricultura familiar ou pequeno produtor pode utilizá-la como uma alternativa para agregar renda, melhorar sua participação no mercado e aumentar seus lucros sem alterar sua configuração produtiva.

2. 2 Fatores ambientais

As variáveis ambientais podem ser expressas por meio de índices, facilitando a comparação de diferentes ambientes (Abreu & Abreu, 2011). A temperatura ambiente (TA) é considerada o elemento climático de maior influência sobre o ambiente físico dos animais (Amaral, 2012), estando correlacionada com a umidade relativa do ar (UR); quando a TA está muito elevada, acima de 35 °C, o principal meio de dissipação de calor das aves é a evaporação, que depende da umidade relativa do ar (Baêta & Souza, 2010). A faixa de temperatura na qual as aves apresentam máximo desempenho é denominada zona de conforto térmico (Ferreira, 2016), onde a taxa metabólica é mínima e os animais apresentam menor gasto de energia para manutenção da homeotermia, restando, conseqüentemente, mais energia para produção de ovos ou ganho de peso.

A temperatura do ar ideal (zona de conforto térmico - ZCT) para codornas na fase de postura está entre 18 e 22 °C, e a UR do ar entre 65 e 70% (El-Tarabany, 2016, Castro et al., 2017, Silva et al., 2017). A ZCT se relaciona com o ambiente térmico ideal no qual a amplitude deve ser restrita e, nesta zona, o animal alcança seu potencial máximo e a temperatura corporal é mantida com mínima utilização de mecanismos termorreguladores (Baêta & Souza, 2010). Um reduzido gradiente térmico entre o meio e a superfície das aves torna os mecanismos sensíveis de perda de calor ineficazes, entrando em ação os mecanismos evaporativos, sendo então as principais vias para a dissipação de energia térmica dos animais, pela superfície cutânea e no trato respiratório (Veríssimo et al., 2011).

O aumento da temperatura do ar e, conseqüentemente, do estresse calórico, acarreta no aumento da secreção do hormônio cortisol (Starling et al., 2005), podendo provocar prejuízos em relação à ingestão e digestão de alimentos (Nóbrega et al., 2011), e também alteração da taxa metabólica dos animais, afetando negativamente o desempenho (Marai et al., 2007). As aves reagem diminuindo sua ingestão alimentar voluntária, diminuindo o calor extra a ser dissipado ao meio ambiente e limitando a termólise.

Em ambiente de temperatura do ar elevada e baixa umidade relativa do ar serão prejudiciais aos animais; se o ambiente é quente e muito seco a evaporação é rápida, podendo causar irritação cutânea e desidratação geral; no caso do ambiente ser quente e demasiadamente úmido, a evaporação torna-se lenta ou nula, reduzindo a termólise e aumentando a carga de calor do animal, onde em condições de alta temperatura do ar a termólise por convecção é prejudicada (Starling et al., 2002).

A temperatura e a umidade relativa do ar são elementos climáticos fundamentais para o processo de dissipação de calor, a umidade elevada inibe a evaporação por meio das vias aéreas e a ave passa a ter dificuldades para liberar o calor interno, tornando o ambiente estressante para o animal, alterando seu desempenho (Oliveira et al., 2006). Altas temperaturas do ar, principalmente quando associadas à umidade relativa do ar elevada e à radiação solar direta, podem comprometer o desempenho animal. A interação animal-clima deve ser considerada quando se busca maior eficiência na exploração pecuária, pois, as diferentes respostas fisiológicas do animal às peculiaridades de cada região são determinantes no sucesso da atividade (Navarini et al., 2009).

Índice de temperatura e umidade (ITU) é uma ferramenta útil para medir a resposta da produtividade das aves em função do clima (Dikmen & Hansen, 2009; Marai & Habeeb, 2010). Quanto maior o ITU, maior o impacto negativo aos processos termorregulatórios em frangos de corte, o que proporciona redução da dissipação de calor e um efeito negativo no desempenho das aves (Honda et al., 2015).

As aves têm capacidade de suportar calor inversamente proporcional ao teor de umidade relativa do ar, logo, quanto maior o teor de umidade relativa do ar maior será a dificuldade encontrada pelas aves em realizar troca térmica e, assim conseguir dissipar calor, em virtude da saturação do ar pelo vapor de água. Situação na qual as aves aumentam a frequência respiratória, promove modificações fisiológicas podendo comprometer seu desempenho (Oliveira et al., 2006)

Poedeiras mantidas em condições de elevadas temperatura e umidade relativa do ar, têm dificuldade de dissipar o excedente de calor corporal, o que acarreta aumento na temperatura interna, decréscimo no consumo de ração e aumento da ingestão de água, diminuindo a disponibilidade de nutrientes essenciais para a produção, uma vez que, nesses casos, grande parte da energia ingerida será utilizada nos mecanismos de perda de calor corporal, com consequentes perdas no potencial produtivo e na qualidade dos ovos (Costa et al., 2012; Vercese et al., 2012; Guimarães et al., 2014). Rodrigues et al. (2016) compilaram dados acerca do conforto térmico das instalações para codornas japonesas na fase de produção, encontrando valores de umidade relativa entre 78 e 85,6%, concluindo que o ambiente de criação favoreceu o estresse dos animais.

2.3 Respostas fisiológicas

As codornas são animais homeotérmicos, ou seja, mantêm a temperatura corporal relativamente constante, se valendo de estratégias fisiológicas e comportamentais. As alterações fisiológicas e comportamentais dos animais frente a modificações da temperatura estão relacionadas com respostas provocadas pelo sistema nervoso autônomo. Quando se encontra em desconforto térmico, as aves apresentam perda de energia, podendo resultar em diminuição da produção e produtividade. Nesse sentido, o plantel minimiza a perda energética diminuindo as atividades físicas, como movimentação e o consumo de ração (Bonfim & Melo, 2015).

Para manter a temperatura fisiológica, as aves possuem um centro termorregulador, localizado no sistema nervoso central (Bonfim & Melo, 2015); neste centro, as sensações de frio e calor são captadas por células termorreceptoras periféricas (Abreu & Abreu, 2009). O principal mecanismo de dissipação de calor empregado pelas aves é a evaporação e, em razão destas não possuírem glândulas sudoríparas, essa perda de calor ocorre em maior parte, através da respiração. Na tentativa de aumentar a dissipação do calor corpóreo, as aves realizam o resfriamento evaporativo corpóreo através do aumento da frequência respiratória, que pode ser de até dez vezes o seu ritmo normal (Souza et al., 2002), o que ocasiona perdas excessivas de dióxido de carbono (CO_2), podendo provocar a alcalose respiratória e, como consequência, alteração do equilíbrio ácido-básico.

Segundo Furlan & Macari (2002), a hiperventilação gerada pelo aumento da frequência respiratória resulta em grande eliminação de CO_2 , - produto final da oxidação de carboidratos, lipídios e proteínas. O CO_2 reage com a água (H_2O), sob a ação da enzima anidrase carbônica, formando o ácido carbônico (H_2CO_3), importante no tamponamento do pH sanguíneo, portanto, a diminuição da concentração de CO_2 provoca queda na concentração de H_2CO_3 e dos íons de hidrogênio, resultando uma alcalose sanguínea (Albino et al., 2014), além de reduzir a disponibilidade de bicarbonatos (HCO_3^-) utilizados na formação da casca do ovo, comprometendo sua qualidade.

As galinhas poedeiras são afetadas por alterações no equilíbrio ácido básico durante períodos de altas temperaturas, que desencadeiam um desequilíbrio eletrolítico e mineral, podendo resultar em ovos pequenos e de casca fina (Vercese, 2010).

A umidade relativa do ar influencia na frequência respiratória e, quanto maior a umidade ambiental mais rápida é a taxa respiratória. Altos teores de umidade relativa do ar associados a temperaturas elevadas dificultam a remoção de umidade pelas vias

aéreas, tornando a respiração mais ofegante (Vieira, 2015). As aves de postura são susceptíveis aos efeitos da variação da temperatura ao longo de sua vida produtiva (Amaral, 2012; Moraes, 2010) e, quando expostas a condições térmicas desfavoráveis necessitam ajustar seus padrões comportamentais e fisiológicos a fim de realizar o balanço de calor.

A elevação da frequência respiratória é um dos primeiros artifícios fisiológicos que as aves utilizam no intuito de manter e controlar a homeotermia, liberando calor interno na forma evaporativa para o ambiente, sendo este considerado um mecanismo eficiente (Saraiva et al., 2011; Ferreira, 2016), podendo sua verificação ser feita de forma visual, facilitando assim, sua mensuração e tomada de decisão (Rodrigues, 2012). O aumento na taxa respiratória é acompanhado por elevação da perda de umidade pelo corpo e para compensar as aves bebem mais água para evitar a desidratação.

Em trabalhos abordando o efeito do ambiente sobre indicadores fisiológicos na produção de frangos de corte, Costa et al. (2012) encontraram valores de frequência respiratória de $58,96 \text{ mov min}^{-1}$, concluindo que o ambiente causou desconforto as aves. Já Furtado et al. (2013), em trabalhos com codornas japonesas na fase de produção, encontraram médias de frequência respiratória entre $22,8$ e $27,9 \text{ mov min}^{-1}$, não sendo considerado um ambiente desconfortável para as aves, haja vista que a temperatura ficou entre 24 e $25 \text{ }^{\circ}\text{C}$ e a umidade em média entre 75% .

O aumento da frequência respiratória é uma forma de aumentar as taxas de evaporação no ar expirado e desta forma perder calor para o ambiente. Dependendo da temperatura e da umidade relativa do ar, as aves podem aumentar sua frequência respiratória em até 10 vezes (Castilho et al., 2015), caso essa elevação ocorra por um longo período, sem que se sejam adotadas técnicas para reduzir o estresse por calor dos animais, poderá se tornar uma fonte de calor, afetando a formação do ovo e, conseqüentemente, ovos com casca fina (Ferreira, 2016).

A temperatura superficial é um importante variável, servindo como resposta fisiológica das aves as condições inadequadas das instalações (Nascimento et al., 2011), podendo ser obtida sem o contato com o animal, com a utilização de termômetros a *laser* com infravermelho (Ferreira, 2016).

A região das patas foi a que sofreu maior variação na temperatura superficial em codornas japonesas, por ser uma região corporal com ausência de penas e altamente vascularizada, atuando diretamente nas trocas térmicas (Souza Júnior et al., 2013). Mutaf et al. (2008) ao estudarem a temperatura superficial de poedeiras sob diferentes

condições térmicas, também observaram que as temperaturas das regiões cobertas com penas se aproximaram da temperatura do ar.

Em trabalhos com codornas japonesas, Rodrigues et al. (2016) avaliaram a distribuição da temperatura em três regiões corpóreas: temperatura da cabeça, asa e pata e encontraram temperaturas médias de aproximadamente 33 °C. Nunes et al. (2014) e Vilela (2016), ao analisarem a temperatura superficial em codornas, concluíram que aves criadas em temperaturas elevadas apresentam maiores temperaturas superficiais do que aves criadas em temperaturas mais amenas.

A temperatura cloacal é uma medida que representa a temperatura interna ou do núcleo central dos animais (Saraiva et al., 2011), podendo ser utilizada como indicador da condição de conforto ou estresse por calor e, servir para avaliar o grau de adaptabilidade dos animais a determinado ambiente ou condição (Brown-Brandl, 2003).

Furtado et al. (2013), estudando o efeito do balanço eletrolítico nos parâmetros fisiológicos de codornas, encontraram valores de temperatura cloacal dentro da média considerada normal para aves (42,5 °C), concluindo que as aves estavam em conforto e mantiveram a homeotermia. Ao medir a temperatura cloacal de codornas japonesas submetidas a diferentes ambientes, Sá Filho et al. (2011) não encontraram diferenças significativas, permanecendo valores próximos de 40,5 °C ± 0,05 °C, associando esse valor à condição de conforto térmico. Seguindo a mesma linha de pesquisa, Rodrigues et al. (2016) em trabalhos com codornas japonesas submetidas a ambiente com temperatura média de 25 °C, encontraram valores de temperatura cloacal entre 41 e 42 °C, concluindo que os animais não sofreram desconforto.

2.4 Trocas térmicas

Os processos metabólicos para se manter a homeostase das aves são extremamente complexos e a manutenção da temperatura corporal dentro de pequeno limite de variação é uma das prioridades do organismo, podendo vir a influenciar negativamente o consumo de ração e água e, conseqüentemente, no ganho de peso e na conversão alimentar (Lana et al., 2000).

A manutenção da temperatura corporal dos animais se concretiza pela troca de calor entre animal e ambiente pelos processos sensíveis e latentes. As perdas por condução, convecção e radiação são as trocas sensíveis e, para ocorrerem necessitam de um gradiente térmico entre a superfície corporal do animal e a temperatura do meio circundante (Collier & Gebremedhin, 2015).

As trocas latentes ocorrem devido a um diferencial de pressão de vapor (Nascimento et al., 2011), entre alvéolos pulmonares e o meio circundante, onde o ar expelido é quase saturado de vapor d'água, o que contribui para a perda de calor (Nazareno et al., 2011). No caso das aves, a troca por evaporação ocorre na forma da ofegação (resfriamento evaporativo respiratório), uma vez que a ausência de glândulas sudoríparas impossibilita a sudação. Tornando a respiração um fator significativo para a troca de calor na forma latente (Oliveira et al., 2010).

2.4.1 Trocas sensíveis

A taxa de transferência de calor por meios sensíveis é calculada pelo somatório das trocas por radiação (de ondas longas) e convecção, sendo que as trocas por condução podem ser consideradas desprezíveis, por representarem uma percentagem insignificante do total (Yahav et al., 2004). As trocas sensíveis ocorrem devido ao diferencial de temperatura entre a superfície corporal do animal e a temperatura do ambiente, e também em função da resistência da camada limite às trocas por convecção e radiação (Silva et al., 2015a).

A resistência da camada limite às trocas por radiação também ocorre em função de características do ar (densidade e calor específico), bem como da emissividade do corpo, no caso das aves, de 0,94, da constante de Stefan-Boltzmann e da média entre a temperatura corporal e a temperatura radiante média (Malheiros et al., 2000).

2.4.2 Transferência de energia térmica por convecção

As trocas de energia térmica por convecção dependem de um diferencial de temperatura entre a superfície corporal das aves e o meio circundante - quanto maior essa diferença, mais eficientes serão essas trocas (Naas et al., 2010) e, da resistência da camada limite a transferência de calor por convecção e da natureza do escoamento do ar (Silva, 2000).

A camada limite corresponde a uma camada de ar adjacente à superfície. Qualquer objeto (ou um animal) envolto pela atmosfera, cuja temperatura seja menor que a temperatura superficial do objeto em estudo, apresenta uma porção superficial de ar que está em contato direto com o objeto, adquirindo dessa maneira uma temperatura mais próxima da superfície do que da atmosfera circundante (Silva, 2001). A resistência da camada limite às trocas por convecção é calculada em função de características do ar e também em função da área superficial do animal, por uma relação entre densidade e

calor específico do ar e diâmetro corporal e a condutividade térmica do ar e número de Nusselt.

A exposição dos animais a elevadas temperaturas do ar pode provocar estresse térmico, uma vez que reduz a capacidade das aves de trocar energia térmica de forma sensível com o meio ambiente (Uzum & Toplu, 2013). Ao analisar as trocas de calor sensível e latente para frangos de corte aos 42 dias de idade, Nascimento & Silva (2009) verificaram que em elevadas temperaturas do ar as trocas latentes eram mais expressivas, em contrapartida, quando as temperaturas do ar eram mais amenas, resultando em um microclima mais ameno, termicamente confortável para as aves, houve maior intensificação das trocas de calor por convecção. Os estudos de McKee & Harrison (2013) demonstraram que a dissipação de calor sensível total diminuiu com o aumento da temperatura do ar.

Santos et al. (2016) ao predizerem a dissipação de calor por convecção em frangos de corte em condições de conforto e desconforto térmico, verificaram que quando submetidas a temperatura do ar de 25 °C as aves perdiam cerca de 1000 W por convecção, quando essa passava para 30 °C as mesmas reduziram a dissipação para 600 W e quando submetidas a uma temperatura do ar crítica de 35 °C as aves passaram a perder 300 W, registrando-se assim uma redução de 70% na dissipação de calor por convecção quando comparadas as condições de conforto e desconforto térmico.

Ruvio et al. (2017) ao estudarem a dissipação de calor em frangos de corte durante as duas primeiras semanas de vida, verificaram diferença significativa entre as temperaturas do ar testadas para dissipação de calor sensível por radiação, onde as aves dissiparam mais calor na forma radiante na temperatura de 24 °C em relação às demais temperaturas testadas (27 e 30 °C), registrando-se uma redução de 50% na dissipação de calor via radiação. Segundo Nascimento et al. (2014) a dissipação de calor por convecção é fundamental para a manutenção da homeotermia das aves, atingindo valores entre 70 e 80% do total das trocas sensíveis em condições de conforto térmico.

2.4.3 Transferência de calor por radiação

As perdas de calor sensível (radiação e convecção) de frangos de corte aclimatados em temperaturas do ar estressantes de 35 °C e 60% de umidade relativa do ar com diferentes velocidades do vento, foram observados por Yahav et al. (2004), e concluíram que as perdas de calor por radiação não diferem entre os tratamentos, e a perda de calor por convecção aumentou linearmente com a elevação da velocidade do

vento, salientando que a perda de calor na forma sensível pode atingir uma média de 45% da energia gasta na manutenção, e portanto, desempenha um papel importante no balanço energético das aves.

Nascimento et al. (2014) avaliando o fluxo de calor sensível para frangos de corte ao longo de um ciclo produtivo, observaram que as perdas de calor por radiação foram crescentes com o aumento do peso dos frangos. Os frangos de corte diminuem a capacidade de perdas de calor por radiação de ondas longas com o aumento da camada de penas e com as condições térmicas do ambiente ao qual estão expostas, que consequentemente está relacionado a uma maior resistência a transferência de calor no interior da camada de penas, além de um menor gradiente de temperatura entre a superfície corporal e o ar (Nascimento et al., 2014).

Segundo Malheiros et al. (2000) as trocas de calor via radiação em pintos entre um e sete dias de vida mantidos em ambiente com temperaturas do ar de 20, 25 e 35 °C e submetidos a radiação por ondas longas, indicaram que as perdas por radiação a 20 °C foram aproximadamente nove vezes superiores quando comparadas ao tratamento com temperatura do ar de 35 °C. Yahav et al. (2004) relatam que o condicionamento térmico adequado dos frangos de corte durante as primeiras semanas de vida aumenta a capacidade dos frangos de corte perderem calor eficientemente por radiação.

2.4.4 Trocas latentes

A transferência de calor por evaporação nas aves ocorre principalmente através da perda de água pelo trato respiratório e difusão cutânea através da pele, mas a presença de penugem e penas dificulta as trocas de calor por meios latentes através da superfície cutânea (McCafferty et al., 2011). A perda de calor por evaporação respiratória nas aves é responsável pela eliminação de cerca de 10-20% da produção total de calor metabólico em condições de temperaturas do ar abaixo da temperatura crítica superior, mas pode chegar a 100% quando a temperatura do ar se aproxima da temperatura corporal, isto ocorre principalmente devido a ausência de glândulas sudoríparas nas aves (Schmidt-Nielsen, 1990).

As aves mantidas sob altas temperaturas do ar utilizam-se do aumento da ofegação como o principal mecanismo para perda de energia térmica (McCafferty et al., 2011). Além disso, o aumento da evaporação de água no trato respiratório para a manutenção da temperatura corporal implica num gasto energético muito maior para as aves do que ocorre na utilização dos mecanismos de radiação e convecção, o que pode

interferir no equilíbrio ácido-básico do sangue e no conteúdo de água do organismo, conseqüentemente, alterando o metabolismo energético (Yahav, 2009). O sistema respiratório torna-se fundamental para a termorregulação, uma vez que a perda de água pelo sistema respiratório atua na manutenção da temperatura corporal (Powell & Scheid, 1989).

As aves dispõem de um mecanismo adicional que proporciona a troca de calor de forma mais eficaz entre o corpo e o ambiente, que são os sacos aéreos. Os sacos aéreos são muito úteis durante a respiração, pois promovem a circulação de ar nas superfícies, contribuindo para aumentar as trocas gasosas com o ar e, conseqüentemente, a perda de calor por evaporação (Fedde, 1998).

2.5 Desempenho produtivo e qualidade dos ovos

O estresse ocasionado pela alta temperatura pode reduzir o consumo, a digestão dos nutrientes no animal, interferindo no aproveitamento dos alimentos, diminuindo o conteúdo de nutrientes disponíveis para a síntese de tecidos corporais, conseqüentemente, prejudicando o desempenho animal (Souza et al., 2019). Nas codornas, o consumo é regulado pela temperatura ambiente (Silva et al., 2012), densidade energética da dieta e pela exigência nutricional (Moura et al., 2010).

A temperatura e umidade relativa do ar são críticas para o sucesso da produção e do bem-estar das aves e, alterações nessas variáveis podem provocar redução na produção das aves (Soares et al., 2019a), devido ao declínio na taxa de alimentação (Castro et al., 2017). Além disso, o estresse por calor pode diminuir drasticamente a reprodução e desempenho das aves, devido a alterações no equilíbrio ácido-base e nos mecanismos de trocas iônicas (Soares et al., 2019a).

Temperaturas do ar acima da zona termoneutra tendem a influenciar na manutenção da homeotermia das aves, de forma a induzir ajustes fisiológicos, como redução no consumo de alimentos e elevação no consumo de água, conseqüentemente, ocasionando uma redução no desempenho (Brossi et al., 2009). Com a elevação da temperatura do ar as aves acionam os mecanismos termorregulatórios, aumentando a ofegação, ingestão de água, ocorrendo diminuição do apetite, queda na produção e peso de ovos, má qualidade da casca do ovo e redução do ganho de peso corporal (Nardone et al., 2010; Dayyani & Bakhtiyari, 2013).

O estresse térmico, agudo ou crônico, afetam significativamente o crescimento e o desempenho das aves domésticas, reduzindo a taxa de crescimento (Roushdy et al., 2018), sendo que a temperatura do ar é um fator crucial na produção de aves, pois afeta o bem-estar e causa perdas econômicas críticas (Attia et al., 2011).

O consumo diário das codornas aumenta com a idade, frio e a menor densidade energética da ração e, diminui com o aumento da temperatura ambiente, maior densidade e o tipo e densidade de alojamento das aves (Silva et al., 2012). Lima et al. (2009) trabalhando com codornas japonesas alojadas dos 20 a 37 dias de idade, citam que a elevação da temperatura de 25 para 34 °C, provocou redução no consumo de ração de 100 para 88 g. Vercese et al. (2012) reportaram que codornas expostas a temperaturas de 27 a 36 °C, apresentaram decréscimo no consumo de ração, peso e massa de ovo e o aumento da ingestão de água, diminuindo a disponibilidade de nutrientes essenciais para a produção, com consequentes perdas no potencial produtivo e na qualidade dos ovos. Castro (2014) constatou acréscimo de 13,7% no consumo de água de codornas quando a temperatura do ar ultrapassou os 28 °C, quando comparando com a zona de conforto térmico.

A temperatura exerce influência na produção e qualidade dos ovos. Isto porque codornas estressadas pelo calor tendem a gerar ovos mais leves, redução na taxa de produção e na massa de ovos (Bozkurt et al., 2012, El-Tarabany, 2016). Oliveira et al. (2014) relataram que galinhas poedeiras, criadas sob temperaturas de 20 e 26 °C (dentro da zona de conforto térmico), apresentaram efeitos positivos na qualidade dos ovos; no entanto, na temperatura de 32 °C, houve evidências de estresse térmico, propiciando aumento da ingestão de água, redução no consumo de ração, nos valores de percentual de produção e nos parâmetros de qualidade dos ovos, salientando que a queda na produção, porcentagem e peso dos ovos pode estar associada a diminuição da disponibilidade de nutrientes para a produção.

Em trabalhos com diferentes níveis de proteína e energia para codornas europeias no semiárido brasileiro, Ribeiro et al. (2016) encontraram valores de temperatura de 30,8 °C para o turno da manhã e 29,6 °C para o turno da tarde, indicando que as codornas estavam submetidas a estresse por calor em ambos os turnos. Figueiredo (2013) e Castro (2014) avaliando o desempenho e a qualidade de ovos de codornas japonesas sob efeito de diferentes temperaturas, 20 e 32 °C, observaram valores médios de gravidade específica de 1,066 e 1,069 g cm⁻³. Considera-se que maior

gravidade específica resulta em melhor qualidade de casca do ovo, o que resulta em menores trocas fluidas entre o interior deste e o meio externo (Carvalho et al., 2013).

3 - MATERIAL E MÉTODOS

3.1 - Local do experimento

Todos os procedimentos utilizados foram aprovados pelo Comitê de Ética de Uso de Animais da Universidade Federal de Campina Grande (Protocolo n° 089.2017). O experimento foi conduzido no município de Campina Grande, Paraíba, Brasil (7°13'11"S; 35°53'31"O e 547 m de altitude). Segundo a classificação climática de Köppen, o clima da região é classificado como tropical, com estações úmidas e secas (AS'), com temperatura máxima anual de 32 °C e mínima de 17 °C, e precipitação média anual de 765 mm.

3.2 - Câmaras climáticas

O experimento foi realizado em duas câmaras climáticas, com dimensões de 3,07 m x 2,77 m x 2,6 m, de comprimento, largura e altura (Figura 1), localizadas no Laboratório de Construções Rurais e Ambiente, da Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Campina Grande, PB.

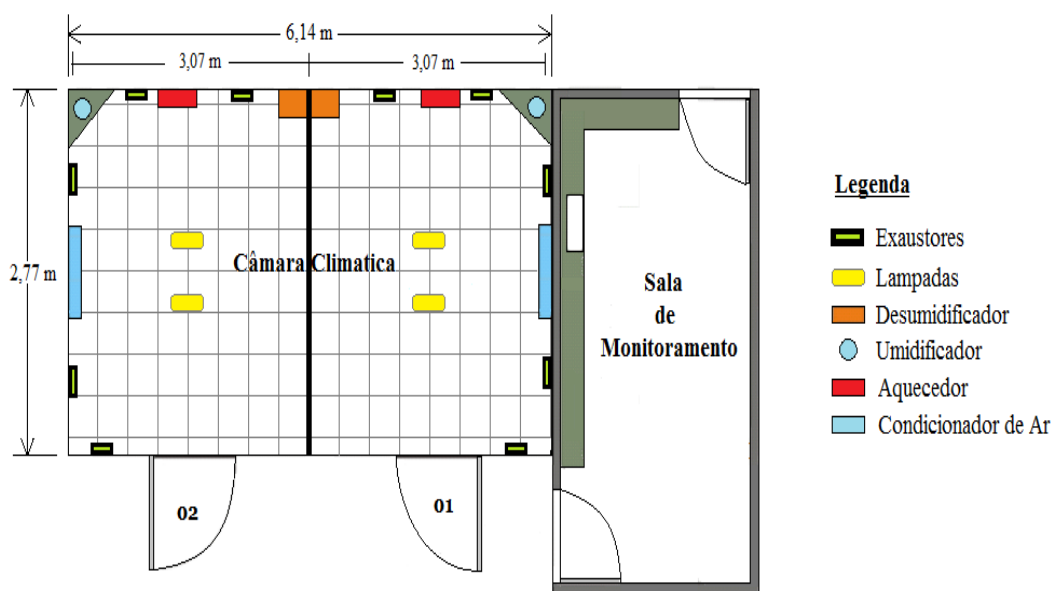


Figura 1. Layout interno das câmaras climáticas e da sala de monitoramento

Para o controle ambiental, as câmaras são equipadas com: aquecedor de ar por resistência elétrica; ar condicionado split quente / frio, da marca Samsung, modelo

AS18UWBUXXAZ, com potência de 1750 W, e capacidade de refrigeração de 18.000 BTU/h, vazão de 828 m³/h; e umidificador de ar da marca Britânia modelo BUD04B, com capacidade de 4,5 L e fluxo de névoa (valor médio) de 300 ml h⁻¹. A umidade relativa do ar era controlada por umidificadores de ar e medida por sensores. A ventilação foi disponibilizada através do uso de ventiladores laterais e exaustores; estes foram instalados na altura do centro geométrico das aves. A velocidade do vento foi coletada em cinco pontos distintos, com o auxílio de termohigroluxímetroanemômetro digital (modelo LM-8000 da marca AKSO ® com faixa de medida: 0,4 a 30,0 m/s e precisão: ± 3%). As câmaras possuem sensores de temperatura e umidade, e os dados ambientais foram coletados e registrados a cada 15 min por sensores (SB-56 da Full Gauge) acoplados ao sistema de aquisição de dados, por meio de um controlador do tipo MT-530 PLUS Full Gauge Controls®, controlado via computador através do SITRAD® (software para aquisição, controle, monitoramento e visualização de dados em câmaras climáticas).

3.3 - Animais e arranjo experimental

Foram utilizadas 192 codornas com nove semanas de idade, distribuídas em delineamento inteiramente casualizado em duas temperaturas (T1 = 24 °C e T2 = 32 °C), com 12 repetições de oito aves cada, sendo o período experimental de 63 dias, divididos em 3 períodos de 21 dias.

As codornas estavam com nove semanas de idade, peso médio das aves de 168 ± 5g no início do experimento (14 semanas de idade) e ao final de 175 ± 5g (24 semanas de idade), alojadas em conjuntos de gaiolas nas câmaras, cada gaiola composta em quatro pisos, três gaiolas por piso, feitas de arame galvanizado, dimensões 50 x 33 x 20 cm (largura, profundidade e altura, respectivamente), submetidas à taxa de lotação de 206 cm² ave⁻¹, 8 aves por gaiola. As gaiolas foram equipadas com comedouros confeccionados com folha de zinco e bebedouros tipo nipple individuais.

As aves passaram por um período de adaptação de três semanas, no qual as câmaras foram programadas para manter as codornas em temperatura de conforto térmico (24 °C) durante o dia e à temperatura ambiente à noite. A produção de ovos foi contada e, ao final, as codornas foram pesadas para distribuição homogênea nas unidades experimentais, considerando o peso corporal e a taxa média de postura das aves. Após a distribuição, as temperaturas das câmaras foram ajustadas para 24,0 ± 1,0 °C, dentro da zona de conforto térmico e 32 ± 1,2 °C, acima da zona de conforto térmico

(Castro et al., 2017; Soares et al., 2019b). Esses valores foram mantidos por um período de 12 horas (7h às 19h) e, as portas das câmaras foram abertas das 19h01 às 6h59 em temperatura ambiente ($22 \pm 2,0$ °C), simulando as condições ambientais do semiárido. A umidade relativa do ar nas câmaras durante o período experimental foi de $65,0 \pm 5,0\%$ e a velocidade média do vento de $0,6 \pm 0,5$ m s⁻¹. O programa de luz diário adotado foi de 17 horas de luz e 7 horas de escuridão, utilizando-se lâmpadas fluorescentes de 20W e 220V.

3.4 - Manejo alimentar

Durante o período experimental, as aves foram submetidas a manejo alimentar idêntico, consumindo ração para codornas poedeiras à base de milho e farelo de soja (Tabela 1). A composição nutricional dos ingredientes utilizados foi obtida com base nas tabelas de Rostagno et al. (2011). Água e ração fornecidas à vontade. Sobras e resíduos foram pesados e descontados da quantidade de ração pesada inicialmente para calcular o consumo de ração e água das aves.

Tabela 1. Composição percentual e perfil nutricional da ração

Ingredientes	Quantidade (%)
Milho Grão 7,88%	57,4
Farelo de Soja 45,22%	28,5
Óleo de Soja	4,542
Calcário	7,202
Fosfato Bicálcico	1,19
Sal	0,327
DL-Metionina	0,411
L-Lisina	0,319
L-Treonina	0,072
Cloreto de Colina	0,07
Premix Mineral	0,05
Premix Vitamínico Postura	0,025
Composição química	
Energia metabolizável (kcal/kg)	2800,00
Proteína bruta (%)	18,00

Metionina + Cisteína (%)	0,88
Lisina (%)	1,08
Treonina (%)	0,65
Cálcio (%)	3,09
Fósforo disponível (%)	0,32

¹ Premix mineral por kg de ração: Mn, 60 g; Fe, 80 g; Zn, 50 g; Cu, 10 g; Co, 2 g; I, 1 g; e veículo q.s.p., 500 g. ² Premix vitamínico (Concentração/kg): Vit. A - 15.000.000 UI, Vit. D₃ - 1.500.000 UI, Vit. E - 15.000 UI, Vit. B₁ - 2,0 g, it. B₂-4,0 g, Vit B₆ - 3,0 g, Vit. B₁₂ - 0,015 g, Ácido nicotínico - 25 g, Ácido pantotênico- 10 g, Vit. K₃ - 3,0 g, Ácido fólico- 1,0 g, Selênio - 250 mg, e veículo. q.s.p. - 1.000 g. ³ Etoxiqum – 10g, e veículo q.s.p. – 1.000g. ⁴Areia lavada

3.5 - Variáveis fisiológicas

Frequência respiratória (FR), temperatura cloacal (TC) e temperatura da superfície do corpo (TSC) foram mensuradas duas vezes por semana, em dois horários (manhã e tarde), com as aves mantidas dentro da câmara climática, duas horas após a alimentação para evitar interferência do aumento calórico, para isso, duas aves de cada parcela foram marcadas e identificadas anteriormente.

A frequência respiratória (mov min^{-1}) foi obtida por meio de avaliação visual, considerando o número de vezes que as aves inspiraram ar durante 20 segundos, e posteriormente o valor obtido foi multiplicado por três; para temperatura cloacal ($^{\circ}\text{C}$), utilizou-se um termômetro clínico veterinário digital, inserido cerca de 2 cm na cloaca das aves por, em média, 2 minutos ou até a estabilização da temperatura; para as temperaturas superficiais e médias (TSM), foi utilizado um termômetro infravermelho modelo ITTI – 380 da marca Instrutherm com mira a laser (-10 a 50 $^{\circ}\text{C}$), com precisão de $\pm 2\%$, para medir a temperatura da cabeça, asa, pé e dorso (afastando as penas no local da coleta para mensurar diretamente na pele), a uma distância de 10 cm entre o animal e o equipamento, calculando a média temperatura da superfície eq. (1), conforme equação proposta por Nascimento et al. (2013):

$$\text{TSM} = (0,03 * \text{Temp. da cabeça}) + (0,70 * \text{Temp. do tronco}) + (0,12 * \text{Temp. da asa}) + (0,15 * \text{Temp. do pé}) \text{ (Eq. 1)}$$

3.6 - Variáveis de desempenho e qualidade dos ovos

As variáveis de desempenho e qualidade dos ovos foram avaliadas a cada período de 21 dias, totalizando três períodos de avaliação. Foram avaliadas o consumo de ração ($\text{g ave}^{-1} \text{ dia}^{-1}$), consumo de água ($\text{ml ave}^{-1} \text{ dia}^{-1}$), produção de ovos (%), peso dos ovos (g), massa de ovo ($\text{g ave}^{-1} \text{ dia}^{-1}$) e conversão alimentar (kg kg^{-1} e kg dúzia^{-1}).

A produção média de ovos foi obtida coletando-se diariamente o número de ovos, corrigindo sempre pela mortalidade, de forma que a relação de ovos íntegros produzidos foi expressa em porcentagem para cada tratamento, sobre a média de aves do período (%/ave/dia), correspondendo à produção de ovos comercializáveis.

Todos os ovos íntegros produzidos em cada repetição foram pesados durante os três últimos dias de cada período (19^o, 20^o e 21^o dia), para a obtenção do peso médio, que por sua vez, foi multiplicado pelo número total de ovos produzidos no período experimental, obtendo-se assim a massa total de ovos. Esta massa foi dividida pelo número total de aves por dia, sendo expressa em gramas de ovo/ave/dia.

A conversão alimentar por dúzia de ovos foi determinada pelo consumo total de ração, em quilogramas, dividido pelas dúzias de ovos produzidos (kg/dúzia) e a conversão por massa de ovos, pela massa de ovos em quilogramas (kg/kg).

As características de qualidade de ovos avaliados foram: porcentagem de gema, albúmen e de casca, gravidade específica (g/mL) e espessura de casca (mm). Ao final de cada período experimental, foram separados quatro ovos por parcela, sendo dois destinados para determinação do peso e porcentagem de gema, albúmen e casca e mais dois destinados para obtenção da gravidade específica.

Para determinação do peso e porcentagem de gema, albúmen e casca, realizou-se a separação manual dos componentes, desta forma, as gemas e albumens foram pesados em balança eletrônica digital de três dígitos (0,001g) individualmente e os valores obtidos foram utilizados no cálculo para obtenção da porcentagem. A porcentagem foi determinada pela relação entre a média do peso da gema e albúmen sobre a média do peso do ovo, sendo o resultado multiplicado por 100.

Para a determinação do peso e do percentual de gema, albumina e casca, foi realizada a separação manual dos componentes, sendo a seguir pesados individualmente em balança eletrônica digital (0,001g). Todos os ovos íntegros produzidos em cada repetição foram pesados durante os três últimos dias de cada período (19^o, 20^o e 21^o dia), para a obtenção do peso médio, que por sua vez, foi multiplicado pelo número total de ovos produzidos no período experimental, obtendo-se assim a massa total de ovos. Os valores obtidos foram utilizados no cálculo da porcentagem.

As cascas foram identificadas e mantidas em estufa a 105 °C por 4 horas para secagem e, após 30 minutos de resfriamento, foram pesados em balança eletrônica digital (0,001g) para obtenção do peso médio da concha. Para obter este parâmetro, o peso da casca seca foi dividido pelo peso do ovo inteiro e multiplicado por 100.

A análise da gravidade específica foi determinada e medida por meio de um densímetro de óleo da marca Incoterm (OM-5565®), pelo método da flutuação salina (Hamilton, 1982). Os ovos foram imersos e avaliados em soluções salinas de NaCl, com os ajustes necessários para um volume de 25 litros de água com densidades variando de 1,070 a 1,090 com intervalo de 0,0025. A espessura da casca foi determinada após o ovo ter sido quebrado no meio (região equatorial), seco em estufa a 105 °C por um período de 4 horas e medida com paquímetro digital de 0-150 mm, com precisão de 0,001 mm

A produção média de ovos foi obtida coletando-se diariamente o número de ovos, corrigindo sempre pela mortalidade, de forma que a relação de ovos íntegros produzidos foi expressa em porcentagem para cada tratamento, sobre a média de aves do período (%/ave/dia), correspondendo à produção de ovos comercializáveis.

3.7 - Trocas térmicas

O comportamento do balanço energético nas câmaras climáticas foi realizado utilizando-se as trocas de energia térmica totais por unidade de área de superfície das aves, derivadas da soma das trocas de calor sensível (radiação e convecção) e latente. Para a determinação das trocas de calor sensíveis entre o meio circundante e as aves, por unidade de área superficial corporal, foi adotado o modelo de Turnpenny et al. (2000):

$$G_s = C_R + L \text{ (Eq. 3).}$$

Em que,

G_s - troca de calor sensível entre a ave e o ambiente (W/m^2); C_R - fluxo de calor por convecção (W/m^2); L - fluxo de calor por radiação (W/m^2).

As trocas por condução não foram incluídas na Equação 3 por serem consideradas desprezíveis (McArthur, 1987). O fluxo de calor por convecção, C_R , foi determinado pela Equação 4, proposta por McArthur (1987).

$$C_R = \frac{\rho * C_p}{r_h} * (T_s - T_a) \text{ (Eq. 4).}$$

Em que,

C_R - fluxo de calor por convecção (W/m^2);

ρ - densidade do ar (kg/m^3);

C_p - calor específico do ar ($J/kg \text{ } ^\circ C$);

r_h - resistência da camada limite à transferência de calor por convecção ($m^2 K/W$);

T_s - temperatura da superfície corporal (K);

T_a - temperatura do ar (K).

A resistência da camada limite à transferência de calor por convecção pode ser calculada pela Equação 5.

$$rh = \frac{\rho * C_p * d_b}{k * Nu} \quad (\text{Eq. 5}).$$

Em que,

rh - resistência da camada limite à transferência de calor por convecção ($\text{m}^2 \text{ K/W}$);

ρ - densidade do ar (kg/m^3);

C_p - calor específico do ar ($\text{J/kg } ^\circ\text{C}$);

d_b - diâmetro médio do corpo da ave (m);

k - condutividade térmica do ar (W/m K);

Nu - número de Nusselt.

O cálculo do diâmetro médio das aves, para cada período de estudo, foi estimado pela Equação 6, proposta por Mitchell (1930).

$$d_b = 0.131 * P^{0.33} \quad (\text{Eq. 6})$$

Em que,

d_b - diâmetro corporal médio das aves (cm);

P – peso médio das aves (g).

O número de Nusselt foi determinado pela Equação 7, ao considerar-se a representação do corpo da ave como uma esfera.

$$Nu = 2 + 0.4 * R_e^{1/2} + R_e^{2/3} P_r^{0.4} \quad (\text{Eq. 7})$$

Em que,

Nu - número de Nusselt;

R_e - número de Reynolds.

O número de Reynolds foi obtido pela Equação 8.

$$R_e = \frac{V * d_t}{\nu} \quad (\text{Eq. 8})$$

Em que,

R_e - número de Reynolds.

ν - viscosidade cinemática do ar (m^2/s);

d_t - diâmetro do globo negro (m);

V – velocidade média de deslocamento do ar (m/s).

As trocas por radiação de ondas longas foram calculadas através da Equação 9, proposta por McArthur (1987). Considerando-se apenas a radiação de ondas longas, pelo fato de não haver incidência de radiação solar no interior da câmara.

$$L = \frac{\rho * C_p}{R_r} * (T_s - \bar{T}_r) \quad (\text{Eq. 9})$$

Em que,

L - fluxo de calor por radiação (W/m²);

ρ - densidade do ar (kg/m³);

C_p - calor específico do ar (J/kg °C);

R_r - resistência da camada limitante à transferência de calor por radiação (m² K/W);

T_s - temperatura da superfície corporal (K);

\bar{T}_r - temperatura radiante média (K).

A resistência da camada limite à transferência de calor por radiação foi calculada pela Equação 10.

$$R_r = \rho * C_p * (4 * \epsilon_s * \sigma * \bar{T}_M^3)^{-1} \quad (\text{Eq. 10})$$

Em que,

R_r - resistência da camada limitante à transferência de calor por radiação (m² K/W);

ρ - densidade do ar (kg/m³);

C_p - calor específico do ar (J/kg °C);

ϵ_s - emissividade das penas (0.94);

σ - constante de Stefan-Boltzmann (5.67051*10⁻⁸, W/m²K⁴);

\bar{T}_M - Temperatura média entre T_s e \bar{T}_r (K).

A temperatura radiante média foi obtida pela Equação 11, proposta por Silva (2001).

$$\bar{T}_r = \left[\frac{1.053 * h_c}{\sigma} * (T_g - T_a) + T_g^4 \right]^{0.25} \quad (\text{Eq. 11})$$

Em que,

h_c - coeficiente de convecção do globo;

T_g - temperatura de globo negro (K).

O coeficiente de convecção do globo foi calculado pela Equação 12.

$$h_c = 0.38 * k * d * R_e^{0.6} * P_r^{\frac{1}{3}} \quad (\text{Eq. 12})$$

Em que,

k - condutividade térmica do ar (W/m K);

Pr - número de Prandtl, adimensional.

O número de Prandtl foi obtido pela Equação 13.

$$P_r = \frac{\rho * C_p * v}{k} \quad (\text{Eq. 13})$$

Foram consideradas como trocas latentes o processo de perda de energia pelo trato respiratório. Para quantificação das trocas de energia térmica na forma latente, foi utilizada a relação empírica de Hellickson & Walker (1983), determinado pela Equação 14, considerando-se a câmara climática como um sistema termodinâmico, onde massa e energia cruzam a fronteira.

$$E = \rho * V * (W_{ex} - W_a) * \lambda_s \quad (\text{Eq. 14})$$

Em que,

E - fluxo total de calor por evaporação (W/m²);

ρ – densidade do ar (kg/m³);

V – velocidade do ar (m/s);

W_{ex} – pressão parcial de vapor do ar de saída (kg/kg de ar seco);

W_a – pressão parcial de vapor do ar de entrada (kg/kg de ar seco);

λ_s – calor latente de vaporização da água a mesma temperatura do ar da superfície do trato respiratório (2402 kJ/kg de acordo com With (1996)).

A pressão parcial de vapor (e_a) foi calculada pelo produto entre a pressão de saturação de vapor d'água (e_s) e a umidade relativa do ar (UR) conforme Equação 15.

$$e_a = \frac{e_s * UR}{100} \quad (\text{Eq. 15})$$

Em que,

e_a – pressão parcial de vapor (kPa);

e_s - pressão de saturação de vapor de água (kPa);

UR – umidade relativa (%).

A pressão de saturação de vapor d'água foi calculada através da equação de Tetens (Equação 16).

$$e_s = 0.6108 * 10^{\frac{7.5 * T_a}{237.3 + T_a}} \quad (\text{Eq. 16})$$

Em que,

e_s - pressão de saturação de vapor de água (kPa);

T_a – temperatura do ar.

As características físicas do ar foram estimadas por meio de modelos matemáticos, em função de cada temperatura do ar avaliada, conforme sugerido por Silva (2000) (Tabela 2).

Tabela 2. Determinação das características do ar para as diferentes temperaturas avaliadas (°C).

Características do ar	Equações	Unidades
Viscosidade cinemática	$\nu = 1.32909 * 10^{-5} + 9 * 10^{-8} * T$	(m ² /s)
Densidade	$\rho = 1.289764 - 0.004111 * T$	(kg/m ³)
Condutividade térmica	$k = 0.024324 + 6.2909 * 10^{-5} * T$	(W/m °C)
Calor específico	$C_p = 1005.524 + 0.033714 * T$	(J/kg °C)

3.8 - Análise estatística

As médias foram comparadas pelo teste Student a 5% de probabilidade usando o procedimento General Linear Model (GLM) do SAS (Statistical Analysis System, versão 9.2). O seguinte modelo matemático foi usado:

$Y_{ijk} = \mu + Z_i + \epsilon_{ijk}$, (1) em que Y_{ijk} é a variável dependente; μ é a média geral; Z_i = é o efeito da temperatura Z ($i = 1, 2$); e ϵ_{ijk} é o erro aleatório, considerando média 0 e variância σ^2 .

4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

A frequência respiratória ($P<.0001$), temperatura da cloaca ($P=0,0047$) e superficial ($P<.0001$) foram mais elevadas no ambiente de 32 °C (Tabela 3).

Tabela 3. Média e desvio padrão das variáveis fisiológicas das codornas submetidas a temperatura de conforto e estresse por calor

Variáveis	Temperatura Ambiente		Valor de P
	24 °C	32 °C	
<i>Fisiológicas</i>			
Frequência respiratória (mov min ⁻¹)	24,09±1,47b	27,31±1,89a	<.0001
Temperatura de cloaca (°C)	41,56±0,50b	41,85±0,21a	0,0047
Temperatura superficial (°C)	33,52±3,08b	38,34±2,09a	<.0001

Letras diferentes na linha diferem entre si pelo teste t ao nível de 5% de probabilidade

A frequência respiratória apresentou aumento de 11,79% na temperatura de 32 °C e, esta elevação ocorre para estimular a perda de calor por mecanismos latentes, utilizado como forma de manutenção da homeotermia (Ribeiro et al., 2016; Rodrigues et al., 2016). Aumentos bruscos na frequência respiratória ou por longos períodos podem causar desidratação e reduzir a produção e a qualidade dos ovos de codornas (Ribeiro et al., 2016). Santos et al. (2014) relataram aumento na frequência respiratória em codornas mantidas em temperaturas de 30 a 33 °C.

A temperatura cloacal das aves pode variar com a idade, peso, sexo, atividade física, ingestão e ambiente térmico, sendo que no presente experimento a temperatura cloacal teve aumento de 0,29 °C, comparando-se as temperaturas de 24 e 32 °C e, esta variável fisiológica nas duas temperaturas permaneceu dentro da normalidade para a espécie, que para aves adultas pode variar de 41 a 42 °C (Ribeiro et al., 2016; Soares et al., 2019b). Portanto, mesmo mantidas em ambientes considerados acima de sua zona de conforto térmico e com elevação da sua frequência respiratória, as aves mantiveram a homeotermia, demonstrando adaptabilidade a climas quentes (Rodrigues et al., 2016; Silva et al., 2017).

A elevação da temperatura superficial das codornas na temperatura de estresse pode ser justificado pela ausência de glândulas sudoríparas e por apresentam o corpo coberto por penas, podendo ter dificuldade em eliminar o excesso de calor corporal. O animal estimula a transmissão de calor do núcleo do corpo para a periferia, elevando o

fluxo sanguíneo para os tecidos periféricos não cobertos por penas (pés e região facial) e regiões corporais altamente membranosas e vascularizadas, como cristas e barbelas, importantes sítios de termólise (Souza Junior et al., 2013; Camerini et al., 2016; Santos et al., 2019).

A temperatura do ar expirada e transferência de evaporação apresentaram valores mais altos na temperatura de estresse, já a transferência por convecção e radiação e o calor total apresentaram valores mais elevados na temperatura de conforto (Tabela 4).

Tabela 4. Média e desvio padrão das trocas térmicas das codornas submetidas a temperatura de conforto e estresse térmico.

Variáveis	Temperatura ambiente		Valor de P
	24 °C	32 °C	
<i>Trocas térmicas</i>			
Temperatura do ar expirada °C	32,80±0b	38,70±0a	<.0001
Transferência por convecção W m ⁻²	79,33±23,22a	54,61±19,50b	<.0001
Transferência por radiação	0,08±0,04a	0,02±0,03b	<.0001
Transferência por evaporação	44,50±1,54b	51,13±2,11a	<.0001
Calor total	123,93±24,29a	105,76±20,83b	0,0029

Letras diferentes na linha diferem entre si pelo teste t ao nível de 5% de probabilidade

A elevação da temperatura do ar expirado no ambiente de 32 °C é reflexo do aumento da frequência respiratória, da temperatura corporal e superficial, que são mecanismos fisiológicos usados para dissipar o excesso de calor corporal (Nascimento et al., 2011). Na temperatura de 24 °C os principais mecanismos de perda de calor foram as sensíveis (convecção e radiação), que exigem menor gasto energético na manutenção da homeotermia (Nascimento et al., 2011). Com a elevação da temperatura as aves elevaram a perda de calor na forma latente (evaporação), que são mecanismos que exigem gasto energético mais elevado (Nascimento et al., 2011). Observa-se menor perda de calor na temperatura de estresse, o que pode exigir das aves menor quantidade de energia para homeotermia, reduzindo a quantidade de energia necessária para sua manutenção e peso e massa dos ovos, ocorrendo maior direcionamento da energia que seria utilizada na manutenção para a produção (Nascimento et al., 2011).

O peso vivo final (P=0,0362), o consumo de ração (P=0,0051), CAMO (P<.0001), CADZ (P<0.001), peso da gema (P=0,0240), casca (P=0,0240) e porcentagem da casca

($P=0,0024$) apresentaram diferença entre as temperaturas ambientais testadas, onde o consumo de ração, CAMO, CADZ, peso da casca e porcentagem da casca foram mais elevados na temperatura de conforto e, o peso final do animal e da gema mais elevados na temperatura de estresse, enquanto consumo de água, produção e conversão alimentar não foram afetados pelas temperaturas analisadas (Tabela 5).

Tabela 5. Média e desvio padrão das variáveis de desempenho produtivo e qualidade do ovo de codornas japonesas submetidas a temperatura de conforto e estresse por calor.

Variáveis	Temperatura ambiente		Valor de P
	24 °C	32 °C	
<i>Desempenho das codornas</i>			
Peso vivo inicial (g)	170,83±4,38	169,58±5,57	0,6748
Peso vivo final (g)	190,41±18,87a	165,83±16,25b	0,0362
Consumo de ração (g ave ⁻¹ dia ¹)	28,77±2,35a	24,97±2,44b	0,0051
Consumo de água (g ave ⁻¹ dia ⁻¹)	39,47±4,99	38,79±5,69	0,6603
Produção (%)	82,06±9,81	84,11±6,35	0,3461
Conversão alimentar (g g ⁻¹)	63,08±14,14	63,44±14,65	0,9222
<i>Qualidade do ovo de codornas</i>			
Peso do ovo (g)	11,80±0,73	11,96±0,40	0,2790
Massa do ovo (g ave ⁻¹ dia ¹)	9,71±1,46	10,07±0,85	0,2565
CAMO	2,80±0,31 ^a	2,49±0,23b	<.0001
CADZ	0,39±0,03 ^a	0,36±0,04b	<.0001
Peso do albúmen (g)	6,46±0,42	6,34±0,44	0,2929
Peso da gema (g)	3,82±0,48b	4,11±0,49a	0,0240
Peso da casca (g)	1,01±0,05 ^a	0,98±0,05b	0,0240
Gravidade específica	1,06±0,03	1,07±0,00	0,2150
Albúmen (%)	54,98±4,51	53,08±3,91	0,0854
Gema (%)	32,49±4,32	34,34±3,77	0,0832
Casca (%)	8,61±0,60 ^a	8,20±0,38b	0,0024
Espessura de casca (µm)	267,33±63,87	258,66±52,77	0,5688

CAMO =conversão alimentar por massa de ovo; CADZ= conversão alimentar por dúzia de ovos; Letras diferentes na linha diferem entre si pelo teste t ao nível de 5% de probabilidade

O menor peso final das aves na temperatura de estresse (165,83 g) pode estar associado ao menor consumo de ração, onde nesta condição maior percentagem dos nutrientes são direcionados para manutenção dos animais, ocorrendo, também, maior gasto energético com elevação da frequência respiratória e temperatura superficial, o que diminui a quantidade de nutrientes direcionado a produção.

O consumo de ração das aves foi reduzido em 14,75% com a elevação da temperatura ambiente e, esta redução é um mecanismo utilizado para reduzir a produção de calor endógeno, como o produzido pela ingestão, digestão e metabolismo de nutrientes. Essa redução também foi relatada por Guimarães et al. (2014) e Vercese et al. (2012) ao estudarem codornas mantidas em temperaturas de conforto cíclico (21 a 23 °C) e sob estresse térmico (27 a 36 °C), recebendo ração e água com níveis crescentes de sais. Barbosa et al. (2014) e Akdemir et al. (2019) relataram redução no consumo de ração por codornas mantidas em temperatura entre 29 e 34 °C. O consumo de água foi similar nas duas temperaturas, onde mesmo as aves mantidas em temperatura considerada acima da zona de conforto térmico e da alteração das variáveis fisiológicas, como elevação da frequência respiratória, que pode aumentar a demanda por água, não foram suficientes para alterar o consumo.

A produção de ovos e a conversão alimentar não foram afetadas pela elevação da temperatura, permanecendo dentro da média para a espécie e, similares as citadas por Soares et al. (2019 a,b). Mesmo ocorrendo menor consumo de ração e elevação nas variáveis fisiológica, o peso e massa dos ovos não foram afetados nas aves mantidas na temperatura de estresse, demonstrando a capacidade adaptativa das aves (Soares et al., 2019a). O peso médio dos ovos (11,80 – 11,96 g para 24 e 32 °C, respectivamente) estão similares aos relatados por Santos et al. (2016), que citam que este peso devem estar entre 9 e 13 g.

O peso do albumem, percentagem de albúmen e gema foram similares entre os tratamentos, sendo o peso da gema mais elevado nos ovos produzidos na temperatura de estresse e o peso e percentagem da casca mais elevado na temperatura termoneutra. Akdemir et al. (2019) citam que a produção e o peso dos ovos foram reduzidos em codornas poedeiras mantidas sob estresse térmico cíclico (7h a 34 ± 2 °C), seguido de conforto térmico (17h a 22 ± 2 °C).

A CAMO reduziu 11%, a CADZ 7,69%, mas isto não afetou o peso e massa dos ovos, o que pode associado ao menor consumo de ração, com manutenção da conversão alimentar. O peso e percentagem da casca nas aves mantidas em temperatura de 32 °C

tiveram redução de 2,97% e 4,76%, respectivamente, reduzindo a qualidade da casca, o que pode deixar os ovos mais frágeis, exigindo maiores cuidados na coleta, transporte e armazenamento do produto. O peso da gema aumentou 7,06% com o aumento da temperatura, observa-se aumento na quantidade de gema e redução no peso e percentagem de casca, o que pode elevar o valor nutritivo dos ovos (Akdemir et al., 2019). A temperatura de 32 °C não afetou a espessura das cascas dos ovos (Ma et al., 2014).

O peso dos órgãos das codornas pode variar de acordo com a idade, peso, sexo, temperatura ambiente e tipos de alimentos e água (Vasconcelos et al., 2014) e, sob estresse por calor pode haver aumento da frequência respiratória e cardíaca, fatos que podem aumentar a atividade do coração, afetando seu peso. Contudo, o peso do coração e fígado das aves não foi influenciado pelas temperaturas ambientais (Tabela 6).

Tabela 6. Média e desvio padrão do peso dos órgãos das codornas submetidas a temperatura de conforto e estresse por calor

Órgãos (grama)	Temperatura		Valor de P
	24 °C	32 °C	
Coração	1,61±0,25 ^a	1,57±0,20 ^a	0,4147
Fígado	5,77±0,98 ^a	5,46±0,89 ^a	0,1045
Moela	3,31±0,38 ^a	3,13±0,43 ^b	0,0330

Letras diferentes na linha diferem entre si pelo teste t ao nível de 5% de probabilidade

Rodrigues et al. (2016) mencionam que codornas criadas em temperaturas cíclicas de 12 horas de calor e temperatura termoneutra não afetaram o peso do fígado. O tamanho e o peso da moela estão relacionados à massa muscular, desenvolvida pelo trabalho mecânico para macerar o alimento (Rodrigues et al., 2016) e, ocorreu redução de 5,44% no peso da moela com o aumento da temperatura ambiente, o que pode estar associado ao menor consumo de ração das aves mantidas nesta temperatura, associada à menor necessidade de manutenção, redução da massa e atividade dos órgãos internos (Salabi et al., 2011).

Na correlação de Pearson entre as variáveis fisiológicas, performance e qualidade dos ovos (Tabela 7), observa-se correlação inversa e significativa entre consumo de ração e a frequência respiratória (-0,52) e TS (-0,50), onde a medida que aumenta o valor desta variável reduziu-se o consumo de ração. O CADZ (-0,33) e

CAMO (-0,34) apresentam correlação inversa e significativa com a frequência respiratória, observando-se que o desempenho das aves é comprometido com o aumento desta variável fisiológica. Já a gravidade é diretamente proporcional a FR (0,33), ou seja, a medida que aumenta a FR a gravidade também aumenta. O aumento da FR é um mecanismo de proteção que aumenta a evaporação no ar exalado e libera calor interno na forma evaporativa para manter o equilíbrio térmico corporal (Rodrigues et al., 2016; Silva et al. 2017), mas pode levar a perdas de produção.

Tabela 7. Correlação de Pearson das variáveis fisiológicas vs as variáveis produtivas e qualidade dos ovos.

Variáveis	Frequência respiratória (mov min ⁻¹ .)	Temperatura de cloaca (°C)	Temperatura superficial (°C)
Consumo de ração (g)	-0,52**	-0,01	-0,50**
Produção (%)	0,02	0,27	-0,01
Consumo de água (g)	-0,19	0,27	0,04
Peso do ovo (g)	0,11	-0,19	-0,03
Massa do ovo (g/ave/dia)	0,05	0,20	-0,02
CADZ	-0,33**	-0,24	-0,28
CAMO	-0,34**	-0,18	-0,26
Peso do albúmen (g)	0,08	-0,04	-0,03
Peso da gema (g)	0,19	-0,04	0,13
Peso da casca (g)	0,10	-0,09	-0,16
Espessura da casca (µm)	0,03	0,01	0,07
Gravidade	0,33**	0,03	0,19

** significativo a 5% de significância; CAMO =conversão alimentar por massa de ovo; CADZ= conversão alimentar por dúzia de ovos

5 – CONCLUSÕES

As variáveis fisiológicas foram mais elevadas nas aves mantidas na temperatura de 32 °C por 12 h diárias, que apresentaram redução no consumo de ração, peso final, peso da gema e da moela, porém sem afetar a produção, peso e massa dos ovos.

A temperatura do ar expirada e transferência de calor por evaporação apresentaram valores mais altos na temperatura de 32 °C.

A transferência de calor por convecção, radiação e calor total foram mais elevadas na temperatura de 24 °C. Na correlação de Pearson com a elevação da frequência respiratória reduziu-se o consumo de ração.

6 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abdelsattar, M. M.; Hussein, A. M. A.; Abd El-Ati, M. N.; Saleem, A. M. Impacts of saline water stress on livestock production: A review. *International Journal of Agricultural Science*, v.2, p.1-12, 2020.
- Abreu, P.G; Abreu, V. M. N. Análise de imagens em aviários de postura com sistemas de climatização. Embrapa Suínos e Aves. 2009.
- Akdemir, F., Köseman, A. & Şeker, I. Alchemilla vulgaris effects on egg production and quality expressed by heat stressed quail during the late laying period. *South African Journal of Animal Science*, v.49, n.5, p.857-868, 2019. doi: <https://doi.org/10.4314/sajas.v49i5.8>.
- Albino, L. F. T.; Carvalho, B. R.; Maia, R. C.; Barros, V. R. S. M. Galinhas Poedeiras: Criação e Alimentação. Viçosa, Minas Gerais: Aprenda Fácil, 376p, 2014.
- Amaral, A. G. Processamento de Imagens Digitais para Avaliação do Comportamento e Determinação do Conforto Térmico de Codornas de Corte. 2012. 82 p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola), Viçosa, Mg, 2012.
- Attia, Y. A.; Hassan, R. A.; Tag El-Din, A. E.; Abou- Shehema, B. M. Effect of ascorbic acid or increasing metabolizable energy level with or without supplementation of some essential amino acids on productive and physiological traits of slow-growing chicks exposed to chronic heat stress. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, n.95, v.1, p. 744-755, 2011.
- Baêta, F. C.; Souza, C. F. *Ambiência em edificações rurais: conforto animal*. 2ª ed. Viçosa, MG: UFV, 269p. 2010.
- Barbosa, L. R.; Silva, J. H. V. da; Givisiez, P. E. N.; Martins, T. D. D.; Saraiva, E. P.; Costa, F. G. P. P.; Macari, M. Influence of environmental temperature and electrolyte balance on the performance of quails Coturnix. *Brazilian Journal of Poultry Science*, v.16, p.249-256, 2014.
- Barros, M. S., Pfau, L. A., Oroski, F. I. Análise da Qualidade da água em Estabelecimentos Leiteiros Associados da Cooperativa Agropecuária Batavo, Carambe-PR. Disponível em: <

http://www.emater.pr.gov.br/arquivos/.../05_Anal_Agua_Est_Leiteiros.pdf. Acesso em 19/04/2021.

- Bertechini, A.G. Situação atual e perspectivas para a coturnicultura no Brasil. In: Simpósio Internacional, 4. / Congresso Brasileiro de Coturnicultura, 3, 2010. Lavras. Anais... Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2010
- Bonfim, D.S., Melo, S.A. Influência do ambiente na criação de codornas de corte: Revisão. Publicações em Medicina Veterinária e Zootecnia, v.9, n.4, p. 174-181, 2015.
- Bozkurt, M.; Küçükyılmaz, K.; Çatli, A. U.; Çınar, M.; Bintaş, E.; Çöven, F. Performance, egg quality, and immune response of laying hens fed diets supplemented with mannan-oligosaccharide or an essential oil mixture 5 under moderate and hot environmental conditions. Poultry Science, v.91, n.6, p.1379–1386, 2012.
- Bridi, A. M. Instalações e ambiência em produção animal, 2011. Disponível em: http://www.uel.br/pessoal/ambridi/Bioclmatologia_arquivos/InstalacoeseAmbienciainProducaoAnimal.pdf. Acesso em: 09/12/2016.
- Brossi, C., Castillo, C. J. C., Amazonas, E. A., Menten, J. F. M. Estresse térmico durante o pré-abate em frangos de corte. Ciência Rural, v.39, n.4, p.1296-1305, 2009.
- Brown-Brandtl, T.M. et al. A new telemetry system for measuring core body temperature in livestock and poultry. Applied Engineering in Agriculture, St. Joseph, v. 19, n. 5, p. 583- 589, 2003.
- Camerini, N.L., Silva, R.C., Nascimento, J.W.B., Oliveira, D.L., & Souza, B.B. Variação da temperatura superficial de aves poedeiras criadas em dois sistemas de criação utilizando termografia. Agropecuária Científica no Semiárido, v.12, n.2, p.145-152. 2016. doi: [10.30969/acsa.v12i2.665](https://doi.org/10.30969/acsa.v12i2.665).
- Carvalho, G. B.; Lopes, J. B.; Santos, N. P. S.; Reis, N. B. N.; Carvalho, W. F.; Silva, S. F. Comportamento de frangos de corte criados em condições de estresse térmico alimentados com dietas contendo diferentes níveis de selênio. Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal, v.14, n.4, p.785-97, 2013.
- Castilho, V. A. R.; Garcia, R. G.; Lima, N. D. S.; Nunes, K. C.; Caldara, F. R.; Nääs, I. A.; Barreto, B.; Jacob, F. G. Bem-estar de galinhas poedeiras em diferentes densidades de alojamento. Brazilian Journal of Biosystems Engineering v.9, n.2, p. 122-131, 2015.

- Castro, J. O. Avaliação e Modelagem do Desempenho de Codornas Japonesas em Postura Submetidas a Diferentes Ambientes Térmicos. 2014. 72p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Lavras, Lavras - Mg, 2014.
- Castro, J.O.; Yanangi Junior, T.; Ferraz, P.F.P. and Fassani, E.J. 2017 Japanese laying quail's behavior under different temperatures. *Energia na Agricultura* 32:141-147. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2017000500008>.
- Collier, R.J.; Gebremedhin, K.G. Thermal biology of domestic animals. *Annual Review of Animal Biosciences*, n.3, v.1, p.513-532 2015.
- Costa, E. M. S., Dourado, L. R. B.; Merval, R. R. Medidas para avaliar o conforto térmico em aves. *Publicações em Medicina Veterinária e Zootecnia*, v.6, p.218-222, 2012.
- Costa, J. H. S; Saraiva, E. P.; Costa, F. G. P; Santos, L. F. D. Diferentes relações triptofano digestível: Lisina digestível sobre parâmetros fisiológicos e órgãos internos de poedeiras leves. *Revista Verde*, v.7, n.4, p.56-63, 2012.
- Dayyani, N. and Bakhtiyari, H. Heat stress in poultry: background and affective factors. *International Journal of Advanced Biological and Biomedical Research*, v.1, n.11, p.1409-1413, 2013.
- Dikmen, S.; Hansen, P. J. Is the temperature-humidity index the best indicator of heat stress in lactating dairy cows in a subtropical environment? *Journal of Dairy Science*, v.92, p.109–116, 2009.
- Donkoh, A. Ambient temperature: a factor affecting performance and physiological response of broiler chickens. *International Journal of Biometeorology*, v.33, n.1, p.259-265, 1989.
- El-Tarabany, M.S. (2016). Impact of temperature-humidity index on egg-laying characteristics and related stress and immunity parameters of japanese quails. *International Journal of Biometeorology*, 60 (7), 957-964. doi: <https://doi.org/10.1007/s00484-015-1088-5>.
- Fedde, M. R. Relationship of structure and function of the avian respiratory system to disease susceptibility, *Poultry Science*, v.77, n.8, p.1130–1138, 1998.
- Ferreira, R. A. Maior Produção com Melhor Ambiente - para aves, suínos e bovinos. 3^a ed. Viçosa: Aprenda Fácil, 2016.
- Figueiredo, A. N. Qualidade de ovos de codornas japonesas submetidos a diferentes condições de armazenamento. 2013. 50p. Dissertação de Mestrado. Rio Largo: UFAL, 2013.

- Furlan RL, Macari M. Termorregulação. In: Macari M, Furlan RL, Gonzales E. Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte. 2 ed. Jaboticabal (SP): FUNEP/UNESP; 2002, 375p.
- Furtado, D. A.; Rodrigues, L. R.; Costa, F. G. P. C.; Silva, R. C.; Oliveira, D. L. Efeito do Balanço Eletrolítico nos Parâmetros Fisiológicos de Codornas Japonesas em Produção. In: XLII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2013. Fortaleza - CE – Brasil, 2013.
- Guimarães, M.C.C.; Furtado, D.A.; Nascimento, J.W.B.; Tota, L.C.A.; Silva, C.M. and Lopes, K.B.P. 2014. Effect of season on production performance of quail in the semiarid region of Paraíba state, Brazil. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental 18: 231–237. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1415-43662014000200015>.
- Hamilton, R. M. G. Methods and factors that affect measurement of egg shell quality. Poultry Science, 1982, 61: 2002-2039.
- Hamilton, R.M.G. 1982 Methods and factors that affect measurement of egg shell quality. Poultry Science 61:2002-2039. DOI: <https://doi.org/10.3382/ps.0612022>.
- Hellickson, M.A.; Walker, J.N. Ventilation of Agricultural Structures. St. Joseph: ASABE, 1983, 23 p.
- Honda, B.T.; Calefi, A.S.; Costola-de-Souza, C.; Quinteiro-Filho, W.M.; da Silva Fonseca, J.G.; de Paula, V.F.; Palermo-Neto, J. Effects of heat stress on peripheral T and B lymphocyte profiles and IgG and IgM serum levels in broiler chickens vaccinated for Newcastle disease virus. Poultry Science, v.94, n.10, p.2375–2381, 2015.
- Kato, R.K. Importância do custo de produção na coturnicultura. In: Simpósio Internacional de Coturnicultura, 3. 2007, Lavras. Anais... Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2007.
- Khalilipour, G., Maheri, N.S. & Shaddel, A.T. (2019). Effects of Saline Drinking Water on Growth Performance and Mortality Rate of Japanese Quails (*Coturnix Japonica*). Journal Agricultural National, 22 (6), 942-947. doi: <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.553366>.
- Lana, R.G.Q.L., Rostagno, H.S., Albino, L.F.T. et al. Efeito da temperatura ambiente e da restrição alimentar sobre o desempenho e a composição de carcaça de frangos de corte. Revista Brasileira de Zootecnia, v.29, n.4, p.1117-1124, 2000.

- Lara, L. J.; Rostagno, M. H. Impact of heat stress on poultry production. *Animals* v. 3, p. 356–369, 2013.
- Lima, R. B.; Lima, D. F.; Silva, J. H. V.; Lacerda, P. B.; Santos, R. A.; Saraiva, E. P.; Silva, C. T. Influência da temperatura e do balanço eletrolítico sobre o desempenho de codornas europeias (*Coturnix coturnix coturnix*). In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 46, 2009, Maringá. Anais... Maringá: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2009.
- Ma, X., Lin, Y., Zhang, H., Chen, W., Wang, S., Ruan, D., & Jiang, Z. (2014). Heat stress impairs the nutritional metabolism and reduces the productivity of egg-laying ducks. *Animal Reproduction Science*, 145 (3-4),182-190. doi: [10.1016/j.anireprosci.2014.01.002](https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2014.01.002).
- McArthur, A. J. Thermal interaction between animal and microclimate: a comprehensive model. *Journal of Theoretical Biology*, v.126, n.1, p.203-238, 1987.
- McCafferty, D.J.; Gilbert, C.; Paterson, W.; Pomeroy, P.P.; Thompson, D.; Currie, J.I.; Ancel, A. Estimating metabolic heat loss in birds and mammals by combining infrared thermography with biophysical modelling. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology*, v.158 n.1, p.337–345, 2011.
- McKee, J.S.; Harrison, P.C. Supplemental ascorbic acid does not affect inferred heat loss in broiler chickens exposed to elevated temperature. *Journal of Theoretical Biology*, v.38, p.159-162, 2013.
- Malheiros, R. D.; Moraes, V. M. B.; Bruno, L. D. G.; Malheiros, E. B.; Furlan, R. L.; Macari, M. Environmental temperature and cloacal and surface temperatures of broilers chicks in first week post hatch. *Journal of Applied Poultry Research*, v.9, n.2, p.111-117, 2000.
- Marai, I. F. M.; Habeeb, A. A. M. Buffalo's biological function as affected by heat stress—a review. *Journal Livestock Science*, v.127 n.1 p.89–109, 2010.
- Marai, I.F.M.; El-Darawany, A.A.; Fadiel, A.; Abdel-Hafez, M.A.M. Physiological traits as affected by heat stress in sheep – a review. *Small Ruminant Res.*, v.71, n.1-3, p.1-22, 2007.
- Matos, E.H.S.F. Dossiê técnico: criação de codornas. Brasília: CDT/UnB, 2007. 22p.
- Mitchell, H. H. The surface area of single comb white leghorn chickens. *The Journal of Nutrition*, v.2, n.1, p.443-449, 1930.

- Moraes, M. T. T. de. Balanço eletrolítico para codornas japonesas (*Coturnix coturnix japonica*) na fase de produção. 2010. 51f. Dissertação (Mestrado em Ciências Veterinárias) – Universidade Federal do Paraná – Curitiba - PR, 51 f., 2010.
- Moura, A. M. A.; Fonseca, J. B.; Rabelo, C. B. V.; Takata, F. N.; Oliveira, N. E. T. Desempenho e qualidade do ovo de codornas japonesas alimentadas com rações contendo sorgo. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.39, p.2697-2702, 2010.
- Nääs, I. A.; Romanini, C. E. B.; Neves, D. P.; Nascimento, G. R.; Vercelino, R. A. Distribuição da temperatura superficial de frangos de corte com 42 dias de idade. *Scientia Agricola*, v.67, n.5, p.497-502, 2010.
- Nardone, A.; Ronchi, B.; Lacetera, N.; Ranieri, M. S.; Bernabucci, U. Effects of climate change on animal production and sustainability of livestock systems. *Livestock Science*, v.130, n.1, p.57- 69, 2010.
- Nascimento, G.R.; Nääs, I.A.; Pereira, DF, Baracho, M.S.; Garcia, R. 2011. Assessment of Broiler Surface Temperature Variation When Exposed to Different Air Temperatures. *Brazilian Journal of Poultry Science* 13(4) 259-263. <https://doi.org/10.1590/S1516-635X2011000400007>.
- Nascimento, S.T.; Silva, I.J.O. As perdas de calor das aves: entendendo as trocas de calor com o meio. Ver. *AviSite*, 2009.
- Navarini, F. C.; Klosowski, E. S.; Campos. A. T.; et al. Conforto térmico de bovinos da raça Nelore a pasto sob diferentes condições de sombreamento e a pasto sol. *Revista Engenharia Agrícola*, v.29, n.4, p.508-517, 2009.
- Nazareno, A.C.; Pandorfi, H.; Guiselini, C.; Vigoderis, R.C.; Pedrosa, E.M.R. Bem-Estar na Produção De Frango de Corte em Diferentes Sistemas de Criação. *Revista Engenharia Agrícola*, v.31, p.13-22, 2011.
- Nóbrega, G. H.; Silva, E. M. N da.; Souza, B. B.; Mangueira, J. M. A produção animal sob a influência do ambiente nas condições do semiárido nordestino. *Revista Agrotec Desenvolvimento Sustentável*, v.6, n.1, p.67-73, 2011.
- Nunes, K. C.; Garcia, R. G.; Nääs, I. A.; Santana, M. R. de; Caldara, F. R. Efeito da temperatura ambiente e energia na ração de codornas japonesas (*Coturnix coturnix japonica*). *Enciclopédia Biosfera*, v.10, p.829-836, 2014.
- Oliveira, B. L. Manejo em granjas automatizadas de codornas de postura comercial. In: *Simpósio Internacional de Coturnicultura*, 3ª ed. 2007, Lavras. Anais... Lavras: Universidade Federal de Lavras, 232 p. 2007.

- Oliveira, D. L.; Nascimento, J. W. B.; Camerini, N. L.; Silva, R. C.; Furtado, D. A.; Araujo, T. G. P. Desempenho e qualidade de ovos de galinhas poedeiras criadas em gaiolas enriquecidas e ambiente controlado. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.18, n.11, p.1186–1191, 2014.
- Oliveira, R. F. M. et al. Efeitos da temperatura e da umidade relativa sobre o desempenho e o rendimento de cortes nobres de frangos de corte de 1 a 49 dias de idade. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 35, n. 3, p. 797-803, 2006.
- Oliveira, W. P.; Oliveira, R. F. M.; Donzele, J. L. et al. Redução do nível de proteína bruta em rações para frangos de corte em ambiente de estresse por calor. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 39, n. .5, p.1092-1098, 2010.
- Pastore, S. M., Oliveira, W. P., Muniz, J. C. L. Panorama da cuturnicultura no Brasil. Artigo de número 180. *Revista Eletrônica Nutritime*, v.9, n.6, p.2041-2049, 2012.
- Pereira, A. A.; Ferreira, D. A.; Griep Júnior, D. N.; Lima, C. B.; Moura, A. S.; Lima Júnior, D. M. Raspa de Mandioca para Codornas em Postura. *Acta Veterinária Brasília*, v.10, n.2, p.123-129, 2016.
- Petrucci, F.B., Bonaparte, T.P., Scottá, B.A., Vargas Junior, J.G., Vieira, D.V.G., & Marin, J.F.V. (2017). Sodium levels in food of Japanese quail in the laying phase. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, 12 (2), 338-342. doi: <https://doi.org/10.18378/rvads.v12i2.4391>.
- Powell, F. L.; Scheid, P. Physiology of gas exchange in the avian respiratory system. In: King AS, McLelland J, editors. *Form and Function in Birds*. London: Academic Press; 1989. pp. 393–437.
- Ribeiro, T.L.A.; Souza, B.B.; Brandão, P.A.; Roberto, J.V.B.; Medeiros, T.T.B.; Silva, J.J. and Carvalho Júnior, J.E.M. 2016. Different levels of protein and energy on physiological behavior and performance of European quail in the Brazilian semiarid. *Journal of Animal Behavior and Biometeorology*, 4:76-83 DOI: <http://dx.doi.org/10.14269/2318-1265/jabb.v4n3p76-83>.
- Richards, S.A. 1971. The significance of changes in the temperature of the skin and body core of the chicken in the regulation of heat loss. *The Journal of Physiology* 216:1-10. DOI: <https://doi.org/10.1113/jphysiol.1971.sp009505>.
- Rocha, H. P.; Furtado, D. A.; Nascimento, J. W. B.; Silva, J. H. V. Índices bioclimáticos e produtivos em diferentes galpões avícolas no semiárido paraibano. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental*, v.14, n.12, p.1330–1336, 2010.

- Rodrigues, L. R. Índices de conforto térmico, fisiológicos e produtivos de codornas japonesas alimentadas com redução proteica. 2012. p. 66. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Campina Grande - PB. 2012.
- Rodrigues, L. R.; Furtado, D. A.; Costa, F. G. P.; Nascimento, J. W. B.; Cardoso, E. A. Thermal comfort index, physiological variables and performance of quails fed with protein reduction. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.20, p. 378-384, 2016.
- Rodrigues, L.R., Furtado, D.A., Costa, F.G.P., Nascimento, J.W.B., & Cardoso, E.A. (2016) Thermal comfort index, physiological variables and performance of quails fed with protein reduction. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 20(4),378-384. doi: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v20n4p378-384>.
- Rostagno, H.S., Albino, L.F.T., Donzele, J.L., Gomes, P.C., Oliveira, R.F., Lopes, D.C., Ferreira, A.S., Barreto, S.L.T. & Euclides, R.F. (2011). *Brazilian Tables for Poultry and Swine - Composition of Feedstuffs and Nutritional Requirements*. 3^a ed. – Viçosa - MG.
- Roushdy, E. M.; Zagloul, A. W.; El-Tarabany, M. S. Effects of chronic thermal stress on growth performance, carcass traits, antioxidant indices and the expression of HSP70, growth hormone and superoxide dismutase genes in two broiler strains. *J. Therm. Biol.*, v.74, n.1 p.337–343, 2018.
- Ruvio, J. F.; Schassi, L.; Araújo, H. B.; Damasceno, F. A.; Yanagi Junior, T. Estimation of heat dissipation in broiler chickens during the first two weeks of life. *Brazilian Journal of Agricultural*, v.92, n.3, p. 248 – 260, 2017.
- Salabi, F, Fayazi, J., Nazari, M., Boujarpoor, M. & Salari, S. (2011). Effects of different levels of zinc on the performance and carcass characteristics of broiler reared under heat stress condition. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 10(10), 1332-1335. doi: <https://doi.org/10.3923/javaa.2011.1332.1335>.
- Sá Filho, G. F.; Torquato, J. L.; Souza Júnior, J. B. F.; Domingos, H. G. T.; Costa, L. L. M. Temperatura corporal de codornas (*coturnix coturnix japonica*) submetidas a diferentes temperaturas do ar. In: X Congresso de Ecologia do Brasil, 2011, São Lourenço. Anais... São Lourenço- Minas Gerais: UFLA, p.1-2, 2011.
- Santos, S.M., Tinôco, I.F.F., Barreto, S.L.T., Amaral, A.G., Pires, L.C., & Ferreira, A.S. (2014). Determination of upper limits of the thermal comfort zone for quails acclimatized in Brazil 22-35 days old. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, 15 (2), 350-360. doi: [10.1590/S1519-99402014000200019](https://doi.org/10.1590/S1519-99402014000200019).

- Santos, M. J. B.; Sakomura, N. K.; Silva, E. P.; Juliano César de Paula Dorigam, J. C. de P.; Maia, A. S. C. Update of model to predict sensible heat loss in broilers. *Animal Production Science*, v.57 n.9, p.1877-1883, 2016.
- Santos, T.C., Gates, R.S., Tinôco, I.F.F., Zolnier, S. & Baêta, F.C. (2017). Behavior of Japanese quail in different air velocities and air temperatures. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 52 (5), 344-354. doi: <https://doi.org/10.1590/s0100-204x2017000500008>.
- Santos, T.C., Gates, R.S., Tinôco, I.F.F., Zolnier, S. & Baêta, F.C. (2019). Productive performance and surface temperatures of Japanese quail exposed to different environment conditions at start of lay. *Poultry Science*, 98 (7), 2830-2839. doi: <https://doi.org/10.3382/ps/pez068>.
- Saraiva, E. P.; Silva, J. H. V.; Pereira, W. E.; Magalhães, T. S.; Moura, J. H. A.; Santos, L. F. D. Redução da Proteína Bruta e Perfil Aminoacídico em Dietas de Codornas Europeias de 22 a 42 Dias Criadas em Ambiente Termoneutro. *Revista Científica de Produção Animal*, v.13, n.1, p.13-17, 2011.
- Sas Institute. 2002. SAS system for Windows. Cary: SAS Institute inc.
- Schmidt-Nielsen, K. *Animal physiology: adaptation and environment*. *Animal physiology: adaptation and environment*, pp. 1–602. i-xii, 1990.
- Schütz, E. S. Variabilidade do Ambiente Térmico em Galpão Para Frangos de Corte e sua Influência nas Respostas Fisiológicas e Comportamento das Aves. 2011. 88p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Universidade Federal de Goiás-GO, 2011.
- Scottá, B.A., Bonaparte, T.P., Vargas Júnior, J.G., Petrucci, F.B., Vieira, V.G.D., Marin, J.F.V., Pastore, S.M. & Soares, R.T.R. (2017). Sodium and potassium at different levels of crude protein for laying quails. *Revista Agrarian*, 10 (35),76-83. doi: <https://doi.org/10.30612/agrarian.v10i35.4437>.
- Silva, R. C. Trocas de calor e desempenho de codornas japonesas confinadas em ambiente termo neutro e sob estresse térmico. 2017. 108p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Campina Grande-PB, 2017.
- Silva, R. C.; Rodrigues, L. R.; Rodrigues, V. P.; Arruda, A. S.; Souza, B. B. Análises do efeito do estresse térmico sobre produção, fisiologia e dieta de aves. *ACSA – Agropecuária Científica no Semiárido*, v.11, n.2, p.22-26, 2015a.
- Silva, R.G. *Introdução a Bioclimatologia animal*. São Paulo: Nobel, 2000. 283p.
- Silva, R.G. *Introdução à Bioclimatologia Animal*. São Paulo: Nobel, 2001. 286 p.

- Silva, R.C., Nascimento, J.W.B., Rodrigues, L.R., Leite, P.G., Galvão Sobrinho, T. & Furtado, D.A. (2017). Quality of quail eggs confined in thermoneutral environment and heat stress. *Journal of Animal Behaviour and Biometeorology*, 5 (4), 139-143. doi: <https://doi.org/10.31893/2318-1265jabb.v5n4p139-143>.
- Silva, T. P. N.; Pandorfi, H.; Guiselini, C. Energy balance in the poultry-shed system and its influence on broiler performance. *Journal of the Brazilian Association of Agricultural Engineering*, v.35, n.4, p.613-624, 2015b.
- Silva, J.H.V., Jordão Filho, J., Costa, F.G.P., Lacerda, P.B., Vargas, D.G.V. & Lima, M.R. (2012). Exigências Nutricionais de Codornas. *Revista Brasileira de Saude e Produção Animal*, 13(3), 775-790.
- Soares, K.O., Saraiva, E.P., Santos, J.D.C., Amorim, R.G. Costa, J.L.G., Veríssimo, T.S., Guerra, R.R. & Santos, S.G.C.S. (2019a). Effect of ambient temperature on the production parameters and egg quality of Japanese quail (*Coturnix japonica*). *Biological Rhythm Research*, 52 (7), 1130-1137. Doi: <https://doi.org/10.1080/09291016.2019.1619128>.
- Sousa, M.S., Tinôco, I.F.F., Barreto, S.L.T., Amaral, A.G., Pires, L.C., & Ferreira, A.S. (2014). Determination of upper limits of the thermal comfort zone for quails acclimatized in Brazil 22-35 days old. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, 15 (2), 50-360. doi: <https://doi.org/110.1590/S1519-99402014000200019>.
- Sousa, M.B.C., Silva, H.P.A. & Galvão-Coelho, N.L. (2015). Resposta ao estresse: I Homeostase e teoria da alostase. (2015). *Psicobiologia e Psicologia Cognitiva*, 10(1), 2-11. Doi: <https://doi.org/10.5935/1678-4669.20150002>.
- Souza Junior, J. B. F.; Queiroz, J. P. A. F.; Domingos, H. G. T.; Torquato, J. L.; Filho, G. F.; Costa, L. L. M. Avaliação termográfica de codornas japonesas (*Coturnix coturnix japonica*). *Journal of Animal Behaviour and Biometeorology*, v.1, n.2, p.61-64, 2013.
- Souza, B. B. et al. Efeito da suplementação de cloreto de potássio na dieta sobre o equilíbrio ácido básico no desempenho de frangos de corte no verão. *Revista Ciência Agrotécnica*. v. 26, n.6, p.1297- 1304, 2002.
- Souza, C.G., Moura, A.K.B., Silva, J.N.P., Soares, K.O., Silva, J.V.C. & Vasconcelos, P.C. (2019). Fatores antinutricionais de importância nutricional animal: Composição e função dos compostos secundários. *PUBVET: Medicina Veterinária e Zootecnia*, 13(5), 1-19. doi: <https://doi.org/10.31533/pubvet.v13n5a327.1-19>.

- Starling, J. M. C.; da Silva, R. G.; Cerón-Muñoz, M.; Barbosa, G. S. S. C.; da Costa, M. J. R. P. Analysis of some physiological variables for the evaluation of the degree of adaptation in sheep submitted to heat stress. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.31, n.5, 2002.
- Starling, J. M. C.; Silva, R.G.; Negrão, J.A.; Maia, A.S.C.; Bueno, A.R. Variação estacional dos hormônios tireoideanos e do cortisol em ovinos em ambiente tropical. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 34, p. 2064-2073, 2005.
- Teixeira, B. B.; Euclides, R. F.; Teixeira, R. B.; Silva, L. P.; Torres, R. A.; Silva, F. G.; Lehner, H. G.; Caetano, G. C. Herdabilidade de características de produção e postura em matrizes de codornas de corte. *Ciência Rural*, v.43, n.2, p.361-365, 2013.
- Teixeira, B. B.; Teixeira, R. B.; Silva, L. P.; Torres, R. A.; Caetano, G. C.; Euclides, R. F. Estimação dos componentes de variância para as características de produção e de qualidade de ovos em matrizes de codorna de corte. *Ciência Rural*, v.42, n.4, p.713-717, 2012.
- Turnpenny, J.R.; Wathes, C.M.; Clark, J.A.; McArthur, A.J. Thermal balance of livestock 2. Applications of a parsimonious model. *Agricultural and Forest Meteorology*, v. 101, n.1, p.29 - 52, 2000.
- Uzum, M.H.; Toplu, H.D.O. Effects of stocking density and feed restriction on performance, carcass, meat quality characteristics and some stress parameters in broilers under heat stress. *Revista Medicina Veterinária*, v.12, n.164, p.546-554, 2013.
- Vasconcelos, R.C., Pires, A.V., Lima, H.D. & Ballotin, L.M.V. (2014). Meat quails carcass characteristics fed with different protein and energy levels. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, 15(4), 1017-1026, 2014.
- Vercese, F. Efeito da Temperatura sobre o Desempenho e a Qualidade dos Ovos de Codornas Japonesas. Botucatu: UEP, 2010. Dissertação (Mestrado) – Pós – Graduação em Zootecnia, Universidade Estadual Paulista, 2010.
- Vercese, F.; Garcia, E. A.; Sartori, J. R.; Silva, A. P.; Faitarone, A. B. G. I; Berto, D. A. I; Molino, A. B.; Pelícia, K. Performance and egg quality of Japanese quails submitted to cyclic heat stress. *Brazilian Journal of Poultry Science*, v.14, p.37-41, 2012.
- Vercese, F.; Garcia, E.A.; Sartori, J.R.; Silva, A.P.; Faitarone, A.B.G.I; Berto, D.A.I; Molino, A.B. and Pelícia, K. 2012. Performance and egg quality of Japanese quails

submitted to cyclic heat stress. *Brazilian Journal of Poultry Science* 14:37-41.
DOI: <https://doi.org/10.1590/S1516-635X2012000100007>.

Vieira, M. F. A. Efeitos de duas condições climáticas, duas linhagens e dois sistemas de ventilação no desempenho produtivo de galinhas poedeiras alojadas em sistemas verticais de criação. 2015. p. 76. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa – Mg, 2015.

Vilela, M. O. Comportamento e desempenho produtivo de codornas japonesas submetidas a diferentes regimes de estresse por calor, combinados com diferentes níveis de velocidade do ar. 2016. 88f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) Universidade Federal de Viçosa, Viçosa – MG, 2016.

Yahav, S. Alleviating heat stress in domestic fowl: different strategies. *Worlds Poultry Science Journal*, v.65, p. 719-732, 2009.

Yahav, S.; Straschnow, A.; Luger, D.; Shinder, D.; Tanny, J.; Cohen, S. Ventilation, sensible heat loss, broiler energy, and water balance under harsh environmental conditions. *Poultry Science*, v.83, n.2, p.253-258, 2004.