



**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

**DISSIPAÇÃO DE ENERGIA TÉRMICA E DESEMPENHO PRODUTIVO DE GALINHAS
D'ANGOLA SUBMETIDAS A DIFERENTES CONDIÇÕES AMBIENTAIS**

PATRÍCIO GOMES LEITE

CAMPINA GRANDE - PB

FEVEREIRO - 2020



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



**DISSIPACÃO DE ENERGIA TÉRMICA E DESEMPENHO PRODUTIVO DE GALINHAS
D'ANGOLA SUBMETIDAS A DIFERENTES CONDIÇÕES AMBIENTAIS**

Tese de doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Doutor em Engenharia Agrícola na área de Construções Rurais e Ambiente.

Orientador: Prof. Dr. Dermeval Araújo Furtado

PATRÍCIO GOMES LEITE

CAMPINA GRANDE - PB
FEVEREIRO - 2020

L533d

Leite, Patrício Gomes.

Dissipação de energia térmica e desempenho produtivo de galinhas d'angola submetidas a diferentes condições ambientais / Patrício Gomes Leite. – Campina Grande, 2020.

66 f. : il. color.

Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, 2020.

"Orientação: Prof. Dr. Dermeval Araújo Furtado".

Referências.

1. Galinhas d'angola – Estresse Térmico. 2. Construções Rurais e Ambiência. 3. Fisiologia Animal. 4. Pupilometria. I. Furtado, Dermeval Araújo. II. Título.

CDU 636.593(043)



PARECER FINAL DO JULGAMENTO DA TESE

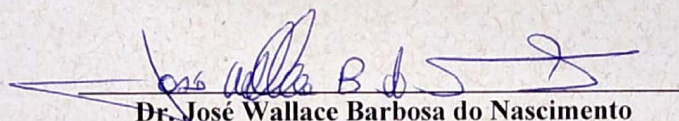
PATRÍCIO GOMES LEITE

APROVADO(A): 28 de fevereiro de 2020

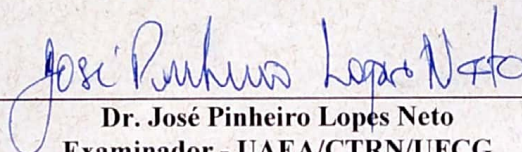
BANCA EXAMINADORA



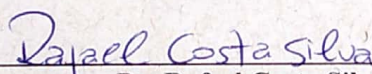
Dr. Dermeval Araújo Furtado
Orientador – UAEA/CTRN/UFCEG



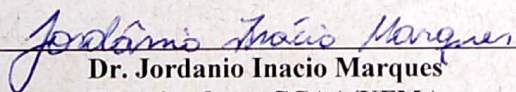
Dr. José Wallace Barbosa do Nascimento
Examinador – UAEA/CTRN/UFCEG



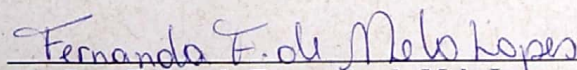
Dr. José Pinheiro Lopes Neto
Examinador - UAEA/CTRN/UFCEG



Dr. Rafael Costa Silva
Examinador – UAEA/CTRN/UFCEG



Dr. Jordano Inacio Marques
Examinador – CCAA/UFMA



Dra. Fernanda Fernandes de Melo Lopes
Examinadora – CCA/UFPB

DEDICATÓRIA

A meus pais, Josefa e Manoel, a meus irmãos Amoniquele, Manoel e José Fábio e ao meu sobrinho Francisco por toda a inspiração... E aos amigos que estiveram sempre ao meu lado nesta caminhada.

Dedico esta obra.

EPÍGRAFE

“A menos que modifiquemos a nossa maneira de pensar, não seremos capazes de resolver os problemas causados pela forma como nos acostumamos a ver o mundo”.

(Albert Einstein)

AGRADECIMENTOS

A Deus por ter me concedido todas as forças espirituais e controle psicológico para a realização deste trabalho.

Ao meu orientador, Professor Dr. Dermeval Araújo Furtado, por sua confiança, paciência, orientação, incentivo, apoio, disponibilidade durante a realização deste trabalho. Sua orientação, exigência e parceria foram essenciais para o meu crescimento científico no decorrer da pesquisa.

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

Aos amigos do curso de pós-graduação.

Aos membros do Grupo de Pesquisa em Construções Rurais e Ambiente (GCAMB), pela paciência e companheirismo nas horas mais difíceis e delicadas do nosso dia a dia.

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

SUMÁRIO

1	Introdução	13
1.1	Objetivo geral	14
1.1.1	Objetivos específicos	14
2	Revisão de Literatura	14
2.1	<i>Galinha d' Angola (Numidia meleagris)</i>	14
2.2	<i>Efeitos do estresse por calor sob o desempenho e rendimento de carcaça das aves</i>	15
2.3	<i>Termorregulação da ave</i>	17
2.4	<i>Mecanismos de trocas de energia térmica</i>	18
2.4.1	<i>Trocas sensíveis</i>	19
2.4.2	<i>Transferência de energia térmica por convecção</i>	19
2.4.3	<i>Transferência de calor por radiação</i>	20
2.4.4	<i>Trocas latentes</i>	21
2.5	<i>Temperatura do ar (TA)</i>	22
2.6	<i>Umidade relativa do ar (UR)</i>	23
2.7	<i>Índice de temperatura e umidade</i>	24
2.8	<i>Relação do estresse térmico e dilatação pupilar</i>	24
3	Material e métodos	26
3.1	<i>Local de realização dos experimentos</i>	26
3.2	<i>Animais e alojamento</i>	26
3.3	<i>Delineamento experimental</i>	27
3.3.1	<i>Procedimentos experimentais</i>	27
3.3.2	<i>Monitoramento das condições climáticas</i>	28
3.4	<i>Coleta de dados</i>	28
3.4.1	<i>Variáveis ambientais</i>	28
3.4.2	<i>Trocas térmicas</i>	29
3.5	<i>Propriedades características do ar</i>	34
3.6	<i>Variáveis fisiológicas</i>	35
3.6.1	<i>Frequência respiratória</i>	35
3.6.2	<i>Temperatura superficial</i>	35

3.6.3	<i>Temperatura cloacal</i>	36	
3.6.4	<i>Temperatura da pupila</i>	36	
3.6.5	<i>Monitoramento da dilatação pupilar dos animais</i>	36	
3.7	<i>Desempenho zootécnico</i>	37	
3.8	<i>Análise estatística</i>	38	
4	<i>Resultados</i>	39	
4.1	<i>Variáveis climáticas</i>	39	
4.2	<i>Trocas térmicas</i>	40	
4.3	<i>Respostas fisiológicas</i>	40	
4.4	<i>Respostas produtivas</i>	41	
4.5	<i>Rendimento de carcaça</i>	42	
4.6	<i>Correlação das trocas de calor com as respostas fisiológicas e a TA</i>	42	
4.7	<i>Concordância entre as trocas de calor com as respostas fisiológicas e a TA</i>	44	
5	<i>Discussão</i>	46	
6	<i>Conclusões</i>	53	
7	<i>Referências bibliográficas</i>	54	

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.	Diâmetro da pupila. a) contração máxima (miose); b) diâmetro normal da pupila; c) dilatação máxima (midríase).....	24
Figura 2	Planta baixa das câmaras climáticas, com a exposição dos boxes com cada tratamento.....	26
Figura 3	Estrutura de hardware para aquisição de dados variáveis climáticas.....	27
Figura 4	Corte plano vertical da câmara climática, com a localização dos sensores nos boxes experimentais.....	28
Figura 5	Imagem da pupila de um dos animais com escala de referência fixada ao bico.....	35
Figura 6	Medidas pupilares de um dos animais avaliados.....	36
Figura 7	Comportamento médio dos dados de temperatura do ar (TA), umidade relativa do ar (UR) e índice de temperatura e umidade (ITU), para as temperaturas do ar (A) 26 °C; e (B) 32 °C.....	38
Figura 8	Correlação entre o fluxo de calor latente total (Lt) e a: (A) frequência respiratória (FR); (B) temperatura retal (TR); e (C) temperatura pupilar (TP), nas condições de temperatura avaliadas.....	42
Figura 9	Correlação entre o fluxo de calor sensível total (St) e a: (A) temperatura do ar (TA); (B) temperatura superficial (TS); (C) temperatura pupilar (TP); e (D) temperatura retal (TR), nas condições de temperatura do ar avaliadas.....	43
Figura 10	Concordância entre o fluxo de calor latente total (LT) e a: (A) Frequência respiratória (FR), (B) temperatura retal (TR) e (C) temperatura pupilar (TP), respectivamente; SD, desvio padrão.....	44
Figura 11	Concordância entre o fluxo de calor sensível total (LT) e a: (A) temperatura do ar (TA), (B) temperatura superficial (TS), (C) temperatura pupilar (TP) e temperatura retal (TR) , respectivamente; SD, desvio padrão.....	44

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.	Determinação das características do ar para as diferentes temperaturas avaliadas (°C).....	34
Tabela 2.	Médias das trocas de calor por convecção (Cr), radiação (L), sensível total (St), latente total (Lt) e troca de calor total (Wt), respectivamente, para as condições térmicas avaliadas em cada fase experimental.....	39
Tabela 3.	Médias das respostas fisiológicas: frequência respiratória (FR), temperatura retal (TR); temperatura superficial (TS); temperatura pupilar (TP); diâmetro pupilar (Dmenor e Dmaior) e área pupilar (AP) das aves avaliadas, para as condições térmicas avaliadas em cada fase experimental.....	40
Tabela 4.	Médias das respostas produtivas: peso final (PF), consumo de ração (CR), consumo de água (CW), ganho de peso (GP) e conversão alimentar (CA), para as condições térmicas avaliadas em cada fase experimental.....	40
Tabela 5.	Comparação de médias das respostas: peso vivo (PV) e peso de carcaça (PC); e das percentagens de: rendimento de carcaça (RC), rendimento de moela (RM), rendimento de coração (RC), rendimento de fígado (RF), rendimento de vísceras (RV) e rendimento de pena (RP), para as condições térmicas avaliadas em cada fase experimental.....	41

Leite, Patrício Gomes, **Dissipação de energia térmica e desempenho produtivo de galinhas d'angola submetidas a diferentes condições ambientais**. 2020. AUTOR. 66f. Tese. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola. Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande, PB.

RESUMO: A criação de galinhas d' angola é uma alternativa viável para pequenos produtores rurais em regiões áridas e semiáridas, por serem aves rústicas e capazes de suportar as adversidades climáticas das regiões. O objetivo do presente trabalho foi avaliar as trocas térmicas, respostas fisiológicas, desempenho produtivo e rendimento de carcaça de galinhas d' angola (*Numidia meleagris*) em condições de termoneutralidade e estresse térmico. As aves foram distribuídas seguindo um delineamento inteiramente casualizado, sendo dois tratamentos (temperaturas do ar) e 4 repetições (os boxes experimentais), com 12 aves cada. A elevação da temperatura do ar resultou no aumento significativo das trocas térmica na forma latente, das respostas fisiológicas e do consumo de água, ocasionando na troca na forma sensível e redução na percentagem de peso das penas, não sendo observadas alterações no consumo de ração, rendimento de carcaça e ganho de peso. O presente estudo demonstrou que as galinhas d' angola foram submetidas a estresse térmico severo base nos valores de ITU na temperatura de 32°C. Com o aumento da temperatura do ar as aves reduziram pela metade o calor perdido para o ambiente na forma sensível e aumentaram em mais de 80% o calor eliminado na forma evaporativa, elevando as respostas fisiológicas. Com base nos dados produtivos e rendimento de carcaça é possível afirmar que as galinhas d' angola são adaptadas a condições ambientais de temperatura do ar até 32°C. Na temperatura do ar mais elevada, as aves reduziram a percentagem de penas, não havendo alterações no desempenho e carcaça das aves. Entre as respostas fisiológicas, a temperatura retal destacou-se, apresentando melhor correlação e concordância nas trocas de calor sensível e latente em função do acréscimo da temperatura do ar.

Palavras-chave: estresse térmico, fisiologia animal, pupilometria

THERMAL ENERGY DISSIPATION AND PRODUCTIVE PERFORMANCE OF GUINEA FOWL SUBJECTED TO DIFFERENT ENVIRONMENTAL CONDITIONS

ABSTRACT: The The breeding of guinea fowl is a viable alternative for small rural producers in arid and semi-arid regions, as they are rustic birds and capable of withstanding the climatic adversities of the regions. The objective of the present work was to evaluate thermal changes,

physiological responses, productive performance and carcass yield of guinea fowl (*Numidia meleagris*) under conditions of thermoneutrality and thermal stress. The birds were distributed following a completely randomized design, with two treatments (air temperatures) and 4 repetitions (the experimental boxes), with 12 birds each. The increase in air temperature resulted in a significant increase in thermal exchanges in the latent form, physiological responses and water consumption, resulting in the flaps in the sensitive form and a reduction in the weight percentage of the feathers, with no changes in feed consumption, carcass yield and weight gain. The present study demonstrated that the guinea fowl were subjected to severe thermal stress based on the UTI values at a temperature of 32 ° C. With the increase in the air temperature, the birds reduced in half the heat lost to the environment in a sensitive way and increased in more than 80% the heat eliminated in the evaporative form, increasing the physiological responses. Based on the productive data and carcass yield, it is possible to state that the guinea fowl are adapted to environmental conditions of air temperature up to 32 ° C. At the higher air temperature, the birds reduced the percentage of feathers, with no changes in the performance and carcass of the birds. Among the physiological responses, rectal temperature stood out, showing a better correlation and agreement in the exchange of sensitive and latent heat due to the increase in air temperature.

Keyword: heat stress, animal physiology, pupillometry.

1 Introdução

A avicultura é uma atividade agropecuária de destaque no Brasil, nos últimos anos, outros ramos da produção avícola, como codornas, produção de perus e galinhas d' angola vêm ganhando cada vez mais atenção na região. Assim, a importância de realizar estudo sobre essas aves com o objetivo de melhorar a produtividade desta espécie no país, em especial na região Nordeste, por se tratarem de aves rústicas, resistentes ao clima quente e apresentarem uma carne diferenciada e saborosa, podendo estas aves serem adotadas para complementar a renda gerada pela criação de outras aves ou espécies animais (Branckaert e Gue'ye, 1999).

Para que essa atividade tenha rentabilidade e eficiência diante das condições ambientais características de grande parte da região nordeste, que apresenta clima semiárido, são necessários que alguns fatores sejam levados em consideração, como o ambiente de criação, sistema de produção, condições climáticas, os aspectos termodinâmicos que envolvem estes animais e a qualidade da ração e água ofertada. Para melhor compreensão da influência das variáveis ambientais sobre as galinhas d' angola, torna-se necessário o estudo das respostas fisiológicas e do desempenho produtivo das aves frente às condições de confinamento, podendo essas propiciarem subsídio para o avanço das técnicas construtivas e adoção de técnicas de manejo adequadas, que visem o máximo desempenho desses animais, sendo este um processo contínuo e dinâmico.

Na avaliação do estado de conforto/estresse das galinhas d' angola, é fundamental o mapeamento da temperatura corporal superficial e informações sobre o balanço de calor total ao longo do sistema produtivo, em especial, nas regiões áridas e semiáridas, onde os animais são submetidos a elevadas temperaturas do ar, o que pode acarretar na redução do seu potencial produtivo, devido ao acionamento dos sistemas de resfriamento evaporativo e não evaporativo, alterando o funcionamento do centro de controle do apetite e reduzindo assim a eficiência produtiva do animal.

O conhecimento das respostas dos animais aos desafios ambientais se aplica a todas as espécies, no entanto, as aves domésticas parecem ser particularmente sensíveis aos desafios ambientais associados à temperatura, especialmente ao estresse térmico. Os resultados deste estudo será portanto, fornecer informações básicas sobre os efeitos das condições ambientais sob os parâmetros fisiológicos e produtivos, já que estes parâmetros são cruciais para o sucesso da produção avícola da galinha d' Angola tanto em sistemas semi-intensivos quanto no intensivos,

tornando viável a exploração desta atividade na região, através do desenvolvimento de novas técnicas agrícolas proporcionado um aumento da produtividade desta cadeia no semiárido.

1.1 Objetivo geral

Avaliar as trocas térmicas, respostas fisiológicas, desempenho produtivo e rendimento de carcaça de galinhas d' angola (*Numidia meleagris*) em condições de termoneutralidade e estresse térmico.

1.1.1 Objetivos específicos

- Avaliar o comportamento do fluxo de calor na forma sensível e latente das aves em diferentes idades em condições de termoneutralidade (26 °C) e estresse térmico (32 °C);
- Avaliar a influência das condições ambientais sob frequência respiratória, temperatura superficial, temperatura cloacal, temperatura pupilar e dilatação pupilar dos animais;
- Avaliar o desempenho produtivo e rendimento de carcaça das aves nas diferentes condições de temperatura do ar.

2 Revisão de Literatura

2.1 Galinha d' Angola (*Numidia meleagris*)

Segundo Mareko et al (2008), Galinha d' Angola são aves galináceas de porte médio, do género *Numida*, originaram na África, onde ainda mantêm muitos de suas características originais. São aves que possuem alto rendimento de carcaça 80% após o processamento, com excelente relação carne, devido, sobretudo a sua elevada relação carne/osso (Musundire et al., 2018), além de possuir uma carne diferenciada por apresentar maior percentagem de proteína (23% vs. 21%), menor teor de gordura (4% vs. 7%) e maior comestibilidade após o cozimento (80% vs. 65%) que o frango de corte comercial (CAB International, 1987). Portanto, é provável que seja mais atraente para os consumidores do que a carne de frango (Feltwell, 1992).

A produção de Galinha d' Angola na maioria dos países em desenvolvimento é baseada nos sistemas semi-intensivo e praticada por agricultores familiares com baixa emprego de tecnologia (Mapiye et al., 2008), como uma fonte alternativa de carne (Singh et al., 2015), que é caracterizada por alto teor de proteína e baixo teor de gordura, portanto, pode agregar valor aos seus cortes de

carcaça em comparação com a carne de frango (Mareko et al., 2006; Tufarelli et al., 2007 e Laudadio et al., 2012).

As Galinhas d' Angola podem ser criadas com sucesso em regime semi-intensivo como uma atividade agropecuária orgânica. Sendo muito importante para os países subdesenvolvidos (Ayorinde, 1990). Algumas espécies de crescimento rápido tem uma produção média de ovos de 190 ovos/ano (Muğlalı, 2001). Geralmente produzem bem por cerca de 2 a 3 anos (Ayorinde et al., 1989). Essas aves mantiveram suas características como sendo alta maturação e resistente a doenças sob diferentes temperaturas ambientes (Boko,2004).

Segundo Moreki (2009), a carne da Galinha d' Angola possui um preço premium em relação à avicultura comercial, além de baixos custos de produção, maior capacidade de utilização de alimentos, controle de carrapatos e outras pragas e melhor capacidade de se proteger contra predadores (Moreki, 2009). Além disso, seus ovos são usados para pesquisas científicas, notadamente em fisiologia (Ikani e Dafwang, 2004). Essas vantagens tornam a Galinha d' Angola adequada a áreas rurais onde a produção comercial de frango fracassou devido, principalmente, aos altos custos de insumos e inadequações na gestão da saúde (Ayorinde, 1990).

As Galinhas d' Angola são criadas principalmente para produção de carne e ovos. Essas aves têm um sabor semelhante a outras aves de caça, perdiz, codorna e faisão (Ensminger, 1980) e têm muitas qualidades nutricionais que as tornam uma adição interessante à dieta por apresentar uma carne macia e de boa qualidade, rica em ácidos graxos essenciais (Ensminger, 1980; Feltwell, 1992).

2.2 Efeitos do estresse por calor sob o desempenho e rendimento de carcaça das aves

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). Segundo Roushdy et al. (2018) o estresse térmico, agudo ou crônico, afeta significativamente o crescimento e o desempenho das aves domésticas, reduzindo a taxa de crescimento, como consequência da diminuição da ingestão de alimentos (Ferket & Gernat, 2006). Além disso, o consumo de ração se correlaciona negativamente com a elevação da temperatura do ar, principalmente, nos sistemas de criações intensivos (Suk & Washburn, 1995).

A temperatura do ar pode afetar os mecanismos de termorregulação e taxas de troca de calor dos animais e, conseqüentemente, o seu desempenho e rendimento de carcaça (NRC, 1981). O

estresse térmico é um fator importante que pode diminuir a produtividade e a eficiência reprodutiva das aves, devido à menor ingestão de alimentos e balanço energético negativo (De Rensis e Scaramuzzi, 2003).

A variação dos fatores ambientais: temperatura e umidade relativa do ar são extremamente críticos para o sucesso da produção e do bem-estar das aves, estas alterações podem provocar redução na produção das aves, devido ao declínio na taxa de alimentação e na digestibilidade de proteínas, gorduras e amido (Bonnet et al., 1997). Além disso, o estresse por calor pode diminuir drasticamente a reprodução e desempenho das aves, devido a alterações no equilíbrio ácido-base e no mecanismo de troca iônica (Mahmoud et al., 1996).

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, rendimento de carcaça e na qualidade da carne dos animais (Brossi et al., 2009). Com a elevação da temperatura do ar, as aves acionam os mecanismo termorregulatório, aumentando a ofegação, ingestão de água, ocorrendo diminuição da appetite, 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 acréscimo do consumo de água pelas aves está diretamente relacionado ao aumento da demanda de água destinada ao processo de perda de calor por meios evaporativos. Sob condições de estresse ocasionado por elevadas temperaturas do ar, a água tem papel fundamental nos mecanismos de perda de calor, através do processo evaporativo respiratório. Essa elevação ocorre para a reposição da água perdida durante a utilização dos mecanismos de resfriamento evaporativo para manter o equilíbrio hidrodinâmico e evitando o superaquecimento corpóreo das aves (Frumkin et al., 1986), pois a água desempenha um papel importante na regulação da temperatura corporal.

Embora as galinhas d' Angola apresentem uma taxa de crescimento mais lenta em relação aos frangos de corte, essas aves possuem elevado rendimento de carcaça pós-processamento. Yamak et al. (2016) avaliando o efeito do sistema de produção ao ar livre e confinadas sobre o ganho de peso e rendimento de carcaça da galinha d'angola após 6 semanas de idade, observaram que as aves mantidas ao ar livre apresentaram peso corporal, rendimento de carcaça e peito significativamente menor do que as aves confinadas. Segundo Sarica et al. (2009), o ganho de peso de aves ao ar livre

é menor que o das aves em ambiente controlado, devido às variações nas condições ambientais e ao aumento das oportunidades de exercício. As elevadas amplitudes das condições ambientais causam estresse às aves, que podem provocar uma redução da digestibilidade (Burkholder et al., 2008), com uma redução subsequente da absorção intestinal (Söderholm & Perdue, 2001).

Segundo Rimoldi et al. (2015) frangos de corte quando submetidos a 4 semanas de estresse térmico reduziram significativamente o rendimento de carcaça. Além disso, Attia et al. (2017) relataram que frangos de corte submetidos a estresse térmico crônico reduziram a porcentagem carcaça quando comparados a aves criadas em condição termoneutra. (Temim et al., 2000) observou um menor rendimento de peito em frangos de corte expostos a 32 °C por 2 semanas quando comparados ao grupo termoneutro.

Segundo Seven et al. (2008) o rendimento de carcaça de frango de corte e as proporções de peito (g/100 g de peso de carcaça) foram menores no grupo estressado pelo calor, provavelmente devido à diminuição da síntese proteica, onde a baixa qualidade da carcaça das aves expostas ao calor pode ser devida à redução da fibras brutas e ao comprometimento na utilização de nutrientes.

Segundo Uzum & Toplu (2013), os frangos de corte expostos a excesso de calor diminuem a ingestão de alimentos para reduzir a produção de calor metabólica e manter a homeotermia, resultando em crescimento mais lento, redução do rendimento de peito, maior deposição de gordura e maior conversão alimentar, além de reduzir significativamente a qualidade da carne de aves em razão da diminuição da proteína bruta muscular.

2.3 *Termorregulação da ave*

As aves, por serem animais homeotérmicos, se caracterizam pela capacidade de manter a temperatura corporal dentro de estreitos limites de variação, através de mecanismos fisiológicos e comportamentais mediante a produção (termogênese) e liberação de calor (termólise), determinando assim a manutenção da temperatura corporal normal (Furlan & Macari, 2008). Os animais homeotérmicos possuem mecanismos termorreguladores autonômicos, que permitem ao organismo evitar amplas variações na temperatura do núcleo corporal, mesmo que a temperatura do ar sofra grandes alterações (Scarpellini & Bicego, 2010). Entre esses mecanismos, estão os de ganho (produção e conservação) e os de perda de energia, na forma de calor e, tais mecanismos são controlados pelo sistema nervoso central (Lucena et al., 2013).

Entre os problemas relacionados à produção de frangos de corte em regiões de clima tropical destaca-se as elevadas temperaturas do ar, que dificultam na capacidade das aves de dissipar calor para o ambiente, ocasionando a elevação da temperatura corporal das aves, que provoca dentre outras alterações, a diminuição da ingestão de alimentos com consequente redução dos substratos metabólicos disponíveis para o metabolismo (Laganá, 2008). Abreu & Abreu (2011), ao avaliarem o estresse calóricos em aves, citam que 80% da energia ingerida era utilizada para a manutenção da homeotermia e 20% para o ganho de peso. Nardone et al. (2010) evidenciam que os mecanismos de homeostase somente são eficientes quando a temperatura do ar está dentro de certos limites, portanto, é importante que os aviários tenham temperaturas do ar próximas às recomendadas para propiciar condições de conforto térmico adequadas às aves exploradas.

2.4 Mecanismos de trocas de energia térmica

Os processos internos metabólicos para se manter a homeostase das aves são extremamente complexos e a manutenção da temperatura corporal dos animais 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 transferência de calor do corpo para o meio 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). Conseqüentemente, quanto maior o gradiente térmico mais eficientes serão essas trocas e, como forma de maximizar essas trocas de calor com o ambiente, quando submetidas à elevadas temperaturas do ar as aves se agacham, mantendo as asas afastadas do corpo, aumentando sua área superficial de contato com o meio, passando a intensificar o fluxo de calor para as regiões periféricas do corpo (vasodilatação) que não possuem cobertura de penas, como a crista, barbela e pés (Furlan & Macari, 2008).

As trocas latentes ocorrem devido a um diferencial de pressão de vapor (Maia et al., 2005), 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., 2015).

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 (Nääs 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). Essa redução foi observada por Silva et al. (2015) ao avaliarem as

trocas térmicas por convecção em diferentes horários do dia em frangos de corte (9, 12 e 15h), tendo constatado que esse tipo de troca foi reduzido com a elevação da temperatura do ar e as aves passaram a desprender calor via evaporação do trato respiratório. Isto é justificado pelo fato de que as trocas latentes são mais evidentes quando as aves são submetidas a altas temperaturas do ar.

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 contra partida, quando as temperaturas do ar eram mais amenas, resultando em um microclima mais suave, 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 diminui 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 às 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

Yahav et al. (2004) analisando as perdas de calor sensível (radiação e convecção) de frangos de corte aclimatados em temperaturas do ar estressantes (35 °C), 60% de umidade relativa do ar e diferentes velocidades do vento, citam 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. (2014a) determinaram o fluxo de calor sensível para frangos de corte ao longo de um ciclo produtivo (seis semanas) e 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, conseqüentemente, 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.

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, isso ocorre, principalmente, devido à 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). No entanto, o aumento da frequência respiratória sob condições de estresse térmico leva ao aumento dos níveis de dióxido de carbono e ao aumento do pH do sangue (alcalose), que por sua vez dificulta a disponibilidade de bicarbonato no sangue para a mineralização da casca do ovo e induz uma maior disponibilidade de ácido orgânico, diminuindo também os níveis de cálcio no sangue (Lara & Rostagno, 2013).

2.5 *Temperatura do ar (TA)*

Um ambiente considerado confortável para as aves deve estar com temperatura do ar entre 20 e 30 °C, sendo esta variável, o elemento climático que mais impõe desconforto térmico aos animais (Baeta & Souza, 2010) e, quando elevada pode causar modificações fisiológicas nas aves, o que as obriga a reagirem na tentativa de restabelecer a homeotermia. 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 sudação e no trato respiratório (Veríssimo et al., 2011).

Temperaturas extremas (> que 30°) exigem resposta rápida e intensa dos frangos, e tais respostas são baseadas em alta taxa de perda de água, que pode desenvolver uma desidratação, o que pode ser um fator limitante para a produção de frangos (Arad et al., 1989). Yahav et al. (1995) citam que ocorrem alterações hemodinâmicas regulatórias nas aves, devido à hipertermia tanto quando elas são aclimatadas a altas temperaturas do ar constantes ou a mudanças bruscas de temperatura, como as que ocorrem durante os ciclos diurno.

A elevação da temperatura do ar afeta negativamente o rendimento de carcaça de frangos de corte, comprometendo a qualidade cortes Oliveira et al. (2006). Com o aumento da temperatura do ar, o consumo de ração é reduzido sendo que acima de 28 °C, a redução torna-se drástica, uma vez

que as aves sob estresse térmico tendem a diminuir a ingestão de alimento reduzindo, assim, geração de calor endógeno (Silva et al., 2015).

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 a alteração da taxa metabólica dos animais, afetando negativamente o desempenho (Marai et al., 2007). As aves, portanto, reagem diminuindo sua ingestão alimentar voluntária, diminuindo o calor extra a ser dissipado ao meio ambiente e limitando a perda por termólise. Apesar da ingestão alimentar voluntária diminuir cerca de 13%, conforme relata (Donkoh, 1989), a taxa de crescimento diminuiu cerca de 32% no intervalo de 20 a 35 °C.

A elevada temperatura do ar tem efeitos desfavoráveis nas aves, como a diminuição do consumo de ração, eficiência alimentar, peso vivo, taxa de crescimento e a qualidade dos ovos (Ozbey & Ozcelik, 2004), sendo que a principal consequência do estresse térmico é a redução no consumo de ração para reduzir a produção de calor metabólico, acarretando no baixo crescimento e taxa de produção de ovos (Mashaly et al. 2004).

2.6 Umidade relativa do ar (UR)

Em ambiente de temperatura do ar elevada, tanto o excesso como a carência de umidade relativa do ar serão prejudiciais; 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, principalmente porque, em condições de alta temperatura do ar, a termólise por convecção é prejudicada (Starling et al., 2002).

De acordo com Baêta & Souza (2010), a umidade relativa do ar ideal para criação de animais domésticos situa-se entre 50 e 70%. No caso de animais criados em confinamento, a umidade relativa do ambiente pode aumentar consideravelmente, pois os animais que estão aglomerados produzem vapor d'água e a taxa de passagem do ar pode não ser suficiente para eliminar o excesso do vapor d'água.

Assim a temperatura e a umidade relativa do ar são dois elementos climáticos fundamentais para o processo de dissipação de calor, pois com a umidade elevada, inibe-se 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 elevada e à radiação solar direta, são os principais elementos meteorológicos responsáveis pelo baixo 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).

2.7 *Índice de temperatura e umidade*

Índice de temperatura e umidade (ITU) é uma ferramenta útil para medir a resposta da produtividade das aves em função do clima (Ravagnolo et al., 2000; Dikmen & Hansen, 2009; Marai & Habeeb, 2010). Quanto maior o índice temperatura e umidade, maior o impacto negativo aos processos termorregulatórios em frangos de corte, o que proporciona redução da dissipação de calor, 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)

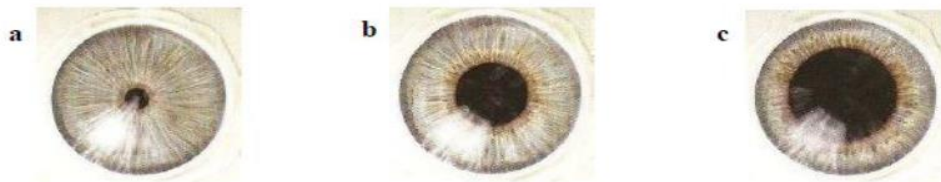
Segundo pesquisa realizada por Vale et al., (2008), o ITU médio maior que 23°C, é capaz de produzir mortalidade alta em frangos com mais de 28 dias quando produzidos em instalações não climatizadas. Já quando produzidas em instalações com climatização mínima (ventilação e nebulização), as condições de perigo e mortalidade passam a ser com o ITU máximo diário de 30,6°C para as aves com aproximadamente 30 dias, já para as aves em torno de 40 dias, o ITU pode chegar até 34,4° sem a ocorrência de mortalidade (Vale et al., 2010).

2.8 *Relação do estresse térmico e dilatação pupilar*

O estresse térmico pode ser identificado através dos parâmetros etológicos, fisiológicos e comportamentais das aves. Segundo Merques et al. (2018), outra ferramenta para a quantificação do estresse térmico seria através da temperatura pupilar e da dilatação, pois essas reagem a estressores externos e internos (Laeng et al., 2012).

A pupilometria passa a ser um dos métodos para ser usado no futuro principalmente por ser não evasivo devido ao não contato direto entre operador e o animal (Merques et al., 2018), bem como por fornecer informações precisas determinações, possibilitando o desenvolvimento de modelos para diferentes níveis de estresse, a partir da área pupilar dilatada (Pedrotti et al., 2014). Portanto, o aumento substancial no tamanho da pupila dos animais quando submetidos a situações de estresse foi observado pelos autores o que poderia também ser constatado nas aves.

A pupila é conhecida de modo a refletir as atividades do sistema nervoso autônomo em particular, foi demonstrado que a pupila se amplia (midríase) como consequência da exposição às variantes estressoras (Lempert et al., 2015). Schunke (2007) afirma que nos seres humanos adultos saudáveis, as pupilas apresentam-se como círculos exatos de tamanho simétricos, variando de 3-5 mm. Diante de determinados estímulos, o diâmetro da pupila pode variar de 1,5 mm à 8 mm (Figura 1).



Fonte: Schunke et al. (2007).

Figura 1. Diâmetro da pupila. a) contração máxima (miose); b) diâmetro normal da pupila; c) dilatação máxima (midríase).

A dilatação da pupila representa, também, um alto estado de vigilância e estímulo dos indivíduos às diferentes situações ambientais encontradas (Demos et al., 2008). Segundo Lopes Neto et al., (2018) trabalhando com caprinos da raça Boer verificou um aumento de 26,96 mm² da área pupilar, o que corresponde a um aumento de 37% quando comparado a temperaturas de 26 ° C (na zona de conforto térmico para caprinos) e 33 ° C (temperatura térmica condição de estresse), evidenciando a influência da temperatura do ar sob reações pupilares dos animais em estudo.

Resultados semelhantes são encontrados em seres humanos, nos quais as situações estressoras também interferiram no diâmetro da pupila, demonstrando que este método funciona como um indicativo para reconhecimento e quantificação dos níveis de estresse aos quais os ambientes podem proporcionar aos indivíduos (Carvalho, 2010). (Carvalho, 2010; Marques et al., 2018).

3 Material e métodos

3.1 Local de realização dos experimentos

O experimento foi conduzido em duas câmaras climáticas do Laboratório de Construções Rurais e Ambiente, pertencente à Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande, *Campus* de Campina Grande, Paraíba (7° 13' 51" Sul, 35° 52' 54" Oeste).

3.2 Animais e alojamento

Previamente ao início dos procedimentos experimentais, o projeto foi submetido à Comissão de Ética e Pesquisa (CEP) da Universidade Federal de Campina Grande, Paraíba, cumprindo os Princípios Orientadores Internacionais de Pesquisa Biomédica Envolvendo Animais, conforme publicado pelo Conselho das Organizações Internacionais de Ciências Médicas (CIOMS, 2012).

Foram adquiridos 96 pintinhos de galinhas d'Angola com um dia de idade, de incubatório comercial da região. Foi adotado um período de 21 dias de adaptação às condições ambientais e de manejo, após este período, deu-se aclimatação das aves, teve início as coletas dos dados, estendendo-se até o 91º dia, totalizando 13 semanas de vida das aves, onde os animais foram pesados individualmente e marcados com anéis plásticos com diferentes cores, para suas respectivas identificações. Durante o período experimental, as aves foram expostas a 24h de iluminação ininterruptas.

As aves foram alojadas em oito boxes experimentais com um m² de área com as seguintes dimensões (1,0 x 1,0 x 0,9 m) de largura, comprimento e altura, respectivamente, no interior de duas câmaras climáticas, que possuíam dimensões de 3,07 x 2,77 x 2,50 m de largura, comprimento e pé direito, respectivamente (Figura 1), onde a densidade de alojamento adotada foi de 12 aves/m², conforme recomendação de Nahashon et al. (2009) para galinha d' Angola. Todos os boxes eram equipados com comedouros e bebedouros tipo tubular, e o piso coberto por cama de maravalha.

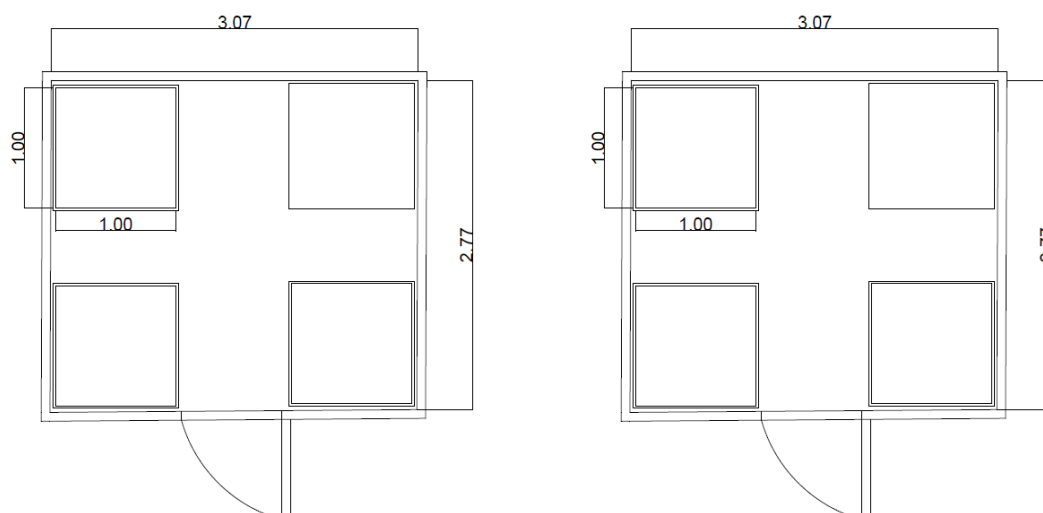


Figura 2. Planta baixa das câmaras climáticas, com a exposição dos boxes com cada tratamento.

3.3 *Delineamento experimental*

Após o período de adaptação de 21 dias, deu-se o início ao período experimental para cada condição térmica estudada. Os animais foram submetidos a um ciclo de 24h (temperatura do ar experimental) durante todo o período experimental, onde a câmara climática permaneceu ligada, sendo que todos os dias às 6h30min e 17h, foi realizado o fornecimento de ração e água as aves.

Ao atingirem a terceira semana de idade, as aves foram distribuídas nos boxes experimentais no interior das câmaras climáticas em delineamento inteiramente casualizado, com dois tratamentos (temperaturas do ar) e 4(quatro) repetições (box experimental) com 12(doze) aves em cada box experimental. As temperaturas do ar adotadas na experimentação foram tomadas com base nas faixas de conforto e estresse térmico para aves de corte proposto por Macari & Furlan (2002), quais sejam: T1 = 26 °C (dentro da zona de conforto térmico) e T2 = 32 °C (acima da zona de conforto térmico) com umidade relativa do ar de 65% ± 5%.

Procedimentos experimentais

Durante todo o período experimental, as aves receberam água e ração *ad libitum* e as dietas foram formuladas com base na NRC (1994) para aves de corte. Para a coleta das variáveis fisiológicas, produtivas e de carcaça foram selecionadas 4 (quatro) aves por box experimental, totalizando 16(dezesseis) aves por tratamento. Os dados referentes ao consumo de água e ração foram tomados como sendo a média aritmética da quantidade de água consumida em cada box avaliado.

3.3.1 Monitoramento das condições climáticas

A temperatura e umidade relativa do ar no ambiente interno da câmara foi controlada através de um microcomputador com o auxílio do software livre SITRAD[®] interligado a um controlador do tipo MT-530 PLUS da *Full Gauge Controls*[®]. O controlador recebia os dados médios de temperatura e umidade relativa do ar através dos sensores, Termistor e Umidiostato, respectivamente, a cada 15 minutos verificando e controlando essas variáveis de modo a permanecerem sempre na faixa de controle desejada (Setpoint).

3.4 Coleta de dados

3.4.1 Variáveis ambientais

O monitoramento das variáveis microclimáticas: temperatura do ar, temperatura de bulbo úmido e umidade relativa foram mensuradas em dois pontos: (no centro da câmara climática a uma altura de 1,8 m) e (na altura das aves) para se obter uma representação fiel das variáveis microclimáticas do ambiente. Essas foram coletadas por meio de sensores de temperatura de ar e umidade relativa do tipo DS18B20, DHT22 ,respectivamente, integrado a um microcontrolador Arduino Mega, dispostos conforme esquema mostrado na Figura 3, e a velocidade do ar foi coletada na altura do centro geométrico das aves, com o auxílio de termo higró luxímetro anemômetro digital, modelo LM-8000 da marca AKSO [®] com faixa de medida: 0,4 a 30,0 m/s e Precisão: $\pm 3\%$, coletadas em cinco pontos distintos, posteriormente, expressa em média que no presente estudo foi de 0,6 m/s.

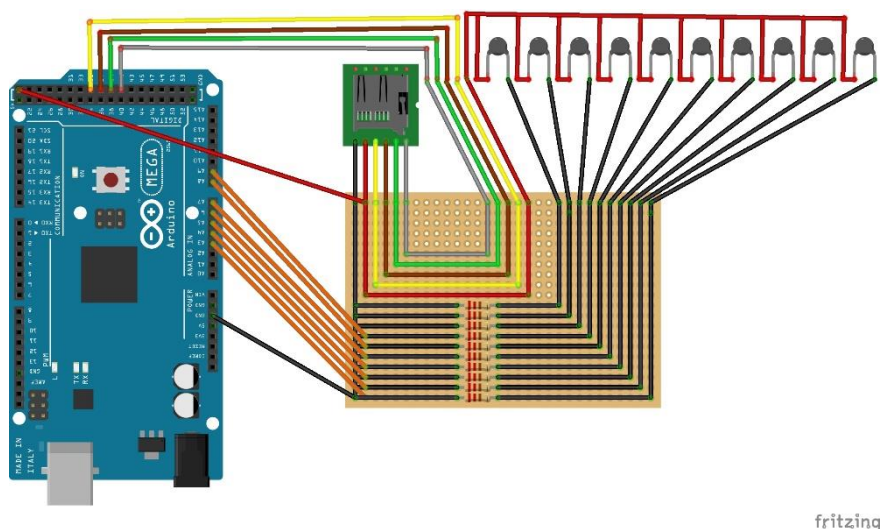


Figura 3. Estrutura de hardware para aquisição dados microclimáticos

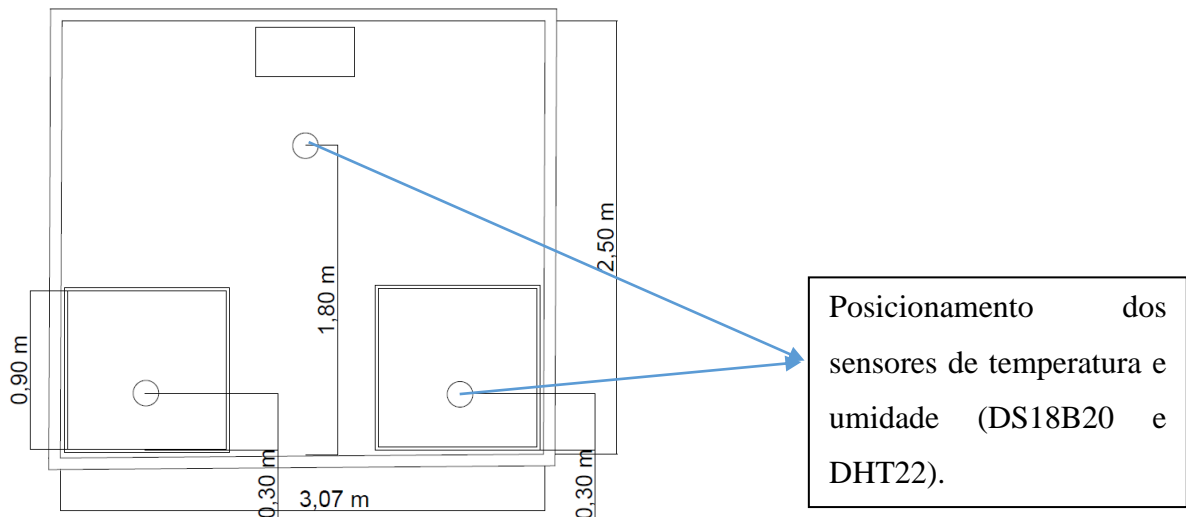


Figura 4. Corte plano vertical da câmara climática, com a localização dos sensores nos boxes experimentais.

O índice de temperatura e umidade (ITU) foi calculado para quantificar os níveis de estresse térmico experimentados pelos animais (24 horas por dia) durante todo o período experimental, de acordo com a Equação 1 de Tao & Xin (2003) para aves.

$$ITU = 0.85 TA + 0.15 TBu \quad (1)$$

Onde,

TA= Temperatura do ar (°C);

TBu= temperatura de bulbo úmido (°C).

As faixas de valores de ITU indicam o seguinte: <27,8 = ausência de estresse térmico, 27,8-28,9 = estresse térmico moderado, 28,9-30,0 = estresse térmico grave e 30,0 ou mais = estresse térmico muito grave (Marai et al., 2001).

3.4.2 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.

3.4.2.1 Trocas sensíveis

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), conforme Equação 2:

$$G_s = C_R + L \quad (2)$$

Onde,

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 sensíveis por condução não foram incluídas na Equação 1 por serem consideradas desprezíveis (McArthur, 1987). O fluxo de calor por convecção, C_R , foi determinado pela Equação 3, proposta por McArthur (1987).

$$C_R = \frac{\rho * C_p}{rh} * (T_s - T_a) \quad (3)$$

Onde,

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

ρ - densidade do ar (kg/m^3);

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

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

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 4.

$$rh = \frac{\rho * C_p * d_b}{k * Nu} \quad (4)$$

Onde,

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

ρ - densidade do ar (kg/m^3);

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

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 5, proposta por Mitchell (1930).

$$d_b = 0.131 * P^{0.33} \quad (5)$$

Onde,

d_b - diâmetro corporal médio das aves (cm);

P – peso médio das aves (g).

O número de Nusselt foi determinado pela Equação 6, ao considerar-se a representação do corpo da ave como uma esfera.

$$Nu = 2 + 0.4 * R_e^{1/2} + R_e^{2/3} P_r^{0.4} \quad (6)$$

Onde,

Nu - número de Nusselt;

Re - número de Reynolds.

O número de Reynolds foi obtido pela Equação 7.

$$R_e = \frac{V * d_t}{\nu} \quad (7)$$

Onde,

Re - número de Reynolds.

U - viscosidade cinemática do ar (m²/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 8, 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.

$$L = \frac{\rho * C_p}{R_r} * (T_s - \bar{T}_r) \quad (8)$$

Onde,

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 9.

$$R_r = \rho * C_p * (4 * \epsilon_s * \sigma * \bar{T}_M^3)^{-1} \quad (9)$$

Onde,

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 ($5.67051 \cdot 10^{-8}$, W/m²K⁴);

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

A temperatura radiante média foi obtida pela Equação 10, proposta por Silva (2001).

$$\bar{T}_r = \left[\frac{1.053 * h_c}{\sigma} * (T_g - T_a) + T_g^4 \right]^{0.25} \quad (10)$$

Onde,

h_c - coeficiente de convecção do globo;

T_g - temperatura de globo negro (K).

O coeficiente de convecção do globo foi calculado pela Equação 11.

$$h_c = 0.38 * k * d * R_g^{0.6} * P_r^{\frac{1}{3}} \quad (11)$$

Onde,

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

Pr - número de Prandtl, adimensional.

O número de Prandtl foi obtido pela Equação 12.

$$P_r = \frac{\rho * C_p * v}{k} \quad (12)$$

3.4.2.2 Trocas latentes

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 13, considerando-se a câmara climática como um sistema termodinâmico, onde massa e energia cruzam a fronteira.

$$E = \rho * V * (W_{ex} - W_a) * \lambda_s \quad (13)$$

Onde,

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 14.

$$e_a = \frac{e_s * UR}{100} \quad (14)$$

Onde,

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 15).

$$e_s = 0.6108 * 10^{\frac{7.5 * T_a}{237.3 + T_a}} \quad (15)$$

Onde,

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

T_a – temperatura do ar.

3.5 *Propriedades características 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 1).

Tabela 1. **Determinação das características do ar para as diferentes temperaturas avaliadas (°C).**

Características do ar	Equações	Unidades
Viscosidade cinemática	$v = 1.32909 * 10^{-5} + 9 * 10^{-8} * T$	(m ² /s)
Densidade	$p = 1.289764 - 0.004111 * T$	(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)

3.6 *Variáveis fisiológicas*

Após a terceira semana de idade das aves, foram mensuradas, semanalmente, as seguintes variáveis fisiológicas: frequência respiratória, temperatura da superfície corporal e temperatura cloacal, temperatura pupilar e área pupilar avaliando-se quatro (4) aves por box experimental.

3.6.1 *Frequência respiratória*

Como forma de evitar o estresse das aves por outros fatores além da temperatura do ar e o consequente erro na coleta dos dados de frequência respiratória, optou-se pela observação dos animais a uma distância mínima. A verificação da frequência respiratória se deu a partir da contagem dos movimentos peitorais realizados pelas aves, por um período de 20 segundos e, posteriormente, multiplicados por 3, passando a ser expressado em mov/min.

3.6.2 *Temperatura superficial*

Para a determinação da temperatura superficial média, foram tomadas as temperaturas do dorso, da região abaixo da asa, da cabeça e das patas por meio de um termômetro de infravermelho com mira laser, modelo TI - 870 da marca Instrutherm[®], resolução de 0,1 °C e precisão de 0,2 °C, a aproximadamente dez centímetros de distância do animal.

Com o registro das temperaturas superficiais, determinou-se a temperatura corporal média (TCM) das aves, pela Equação 16, proposta por Richards (1971).

$$TCM = (0,12.T_{asa}) + (0,03.T_{cabeça}) + (0,15.T_{pata}) + (0,70.T_{dorso}) \quad (16)$$

Onde,

T_{asa} - temperatura da asa (°C);

$T_{cabeça}$ - temperatura da cabeça (°C);

T_{pata} - temperatura da pata (°C);

T_{dorso} - temperatura do dorso (°C).

3.6.3 *Temperatura cloacal*

A temperatura cloacal foi medida, empregando-se um termômetro clínico, incoterm[®] modelo MC-245, com precisão de 0,1 °C introduzido na cloaca dos animais, até a estabilização da leitura.

3.1.1. *Temperatura da pupila*

A temperatura da pupila dos animais foi monitorada através da captura de termogramas do globo ocular, utilizando-se para isso uma câmera termográfica Flir[®] modelo TG-165, resolução de 0,1 °C e precisão de 1,5 °C com Emissividade 4 Níveis de Pre-Set com ajuste customizado, 0,1 a 0,99 e faixa de medição -25 a 380 °C. As imagens térmicas foram coletadas, semanalmente, em cada tratamento proposto.

3.6.4 *Monitoramento da dilatação pupilar dos animais*

A obtenção das imagens para o monitoramento da dilatação pupilar dos animais foi realizada por meio de uma câmera de alta resolução. As câmeras foram posicionadas de maneira a captar as imagens das pupilas dos animais.

Foi fixada uma escala de referência graduada no bico dos animais (Figura 5), com intervalos de 5 mm para permitir a conversão das dimensões da pupila que foram coletadas nas imagens em escala de pixel e, posteriormente, convertidas para milímetros em suas reais dimensões.



Figura 5. Imagem da pupila de um dos animais com escala de referência fixada ao bico

A extração dos dados das dimensões das pupilas dos animais foi computadorizada, utilizando-se para isso o *software* AutoCAD 2019 – Versão Estudante da Autodesk®. Devido à singularidade da forma do globo ocular e pupila (elipsoidal) dos *Numidia meleagris*, foram coletadas as dimensões do diâmetro maior (horizontal), diâmetro menor (vertical) e área pupilar (Figura 6).

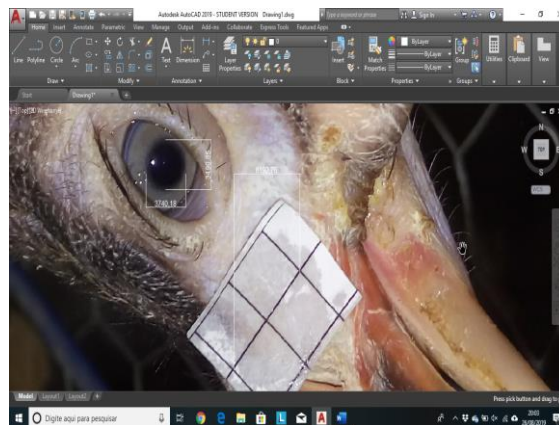


Figura 6. Medidas pupilares de um dos animais avaliados

3.7 *Desempenho zootécnico*

As aves foram pesadas individualmente, a cada semana, para determinar o ganho de peso corporal (GP) pela diferença entre o peso inicial e final em determinada semana e, posteriormente, foi calculado o índice de conversão alimentar (CA) dividindo-se a quantidade de alimento consumido pelo ganho de peso no mesmo período, expressos na mesma unidade de peso. A ingestão semanal de alimento e água foi calculada pela diferença entre as quantidades ofertadas e as sobras, posteriormente, o consumo total de ração e água (CR e CW, respectivamente) por semana

foi obtido dividindo-se a quantidade de ração e água consumida pelo número de aves de cada box, para se obter a ingestão média por ave.

Quando os frangos atingiram a idade de 91 dias (13 semanas), foram selecionados os (04) quatro frangos de cada box para a obtenção das respostas de rendimento de carcaça. As aves foram submetidas a um jejum de 24 h com livre acesso à água e, após esse período, foram pesadas e, posteriormente, abatidas pelo corte do pescoço. Após 5 min de sangramento, cada frango foi escaldado (60 °C por 3 min), despenado, eviscerado e feita a remoção da cabeça, pescoço e pernas. A carcaça sem os órgãos foi pesada e, posteriormente, expressa como porcentagem do seu peso vivo, sendo considerado como o rendimento da carcaça. Além disso, os órgãos: fígado, moela, proventrículo e coração foram pesados e seus pesos foram expressos como porcentagem do peso vivo aferido antes do abate.

3.8 *Análise estatística*

Visto que a idade pode influenciar sobre as condições de estresse térmico e a sensação térmica dos animais e, conseqüentemente, nas suas respostas fisiológicas (Silva et al., 2007), os dados foram subdivididos em três fases, para a adequada avaliação das variáveis fisiológicas, das trocas térmicas sensíveis (convecção, radiação e sensível total), de calor latente (via trato respiratório) e trocas de calor total das aves nas duas condições de temperaturas do ar, o período experimental, conforme segue: F1 da quarta à sexta semana de vida: F2: da sétima à décima semana de vida e F3 da décima primeira à décima terceira semana de vida.

As trocas térmicas, respostas fisiológicas, produtivas e rendimento de carcaça foram apresentadas em tabelas. A normalidade dos dados foi verificada, utilizando-se o teste de Shapiro-Wilk ($P > 0,05$) e, posteriormente, os dados foram analisados por meio da análise de variância (ANOVA) e teste F, utilizando o pacote ExpDes.pt (Ferreira et al., 2013) do software estatístico R versão 3.4.1. de acordo com o modelo estatístico mostrado na equação 17. O teste de Tukey foi utilizado para comparar as médias, com probabilidade de erro de 5% ($P < 0,05$).

$$y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij} \quad (17)$$

em que,

y_{ij} - é o valor observado para a variável resposta obtido para o i -ésimo tratamento em sua j -ésima repetição;

μ_i - é a média de cada tratamento μ_i ;

μ - é a média das médias de cada tratamento μ_i ;

τ_i - e o efeito do tratamento i no valor observado y_{ij} ;

ε_{ij} - e o erro experimental associado ao valor observado y_{ij} ;

As correlações dos dados das trocas de calor latente das aves, com as variáveis fisiológicas e das trocas de calor sensíveis, com as variáveis fisiológicas das aves e a temperatura do ar, nas condições térmicas avaliadas, foram analisadas através de regressões lineares simples, com intervalo de confiança de 95% e da avaliação do grau de elevação do coeficiente de correlação de Pearson.

A concordância entre os dados das trocas de calor latente das aves com as variáveis fisiológicas, e das trocas sensíveis, com as variáveis fisiológicas das aves e da temperatura do ar e das trocas nas condições térmicas testadas foi avaliada através de diagramas de Bland-Altman, sendo estabelecido um limite de concordância para a heterogeneidade entre as amostras de 5%. A presença de polarização entre os dados foi testada verificando-se a ocorrência de significância ($P < 0.05$) na inclinação da linha de regressão ajustada aos gráficos de Bland-Altman.

4 Resultados

4.1 Variáveis climáticas

A temperatura do ar (TA) ficou dentro das faixas pré-estabelecida para as duas situações experimentais (Figura 7), com média de $26,1 \pm 0,5$ e $31,8 \pm 0,6$ °C, com pequenas alterações, principalmente nos horários próximos às 18 h, já a média da UR ficou acima da pré-estabelecida, principalmente na TA de 32 °C, que foi de 71,6%. Os valores de ITU na TA de 26 °C ficaram em média de $25 \pm 0,6$ e na temperatura de estresse atingiu valores superiores a 31 (acréscimo de 23,8).

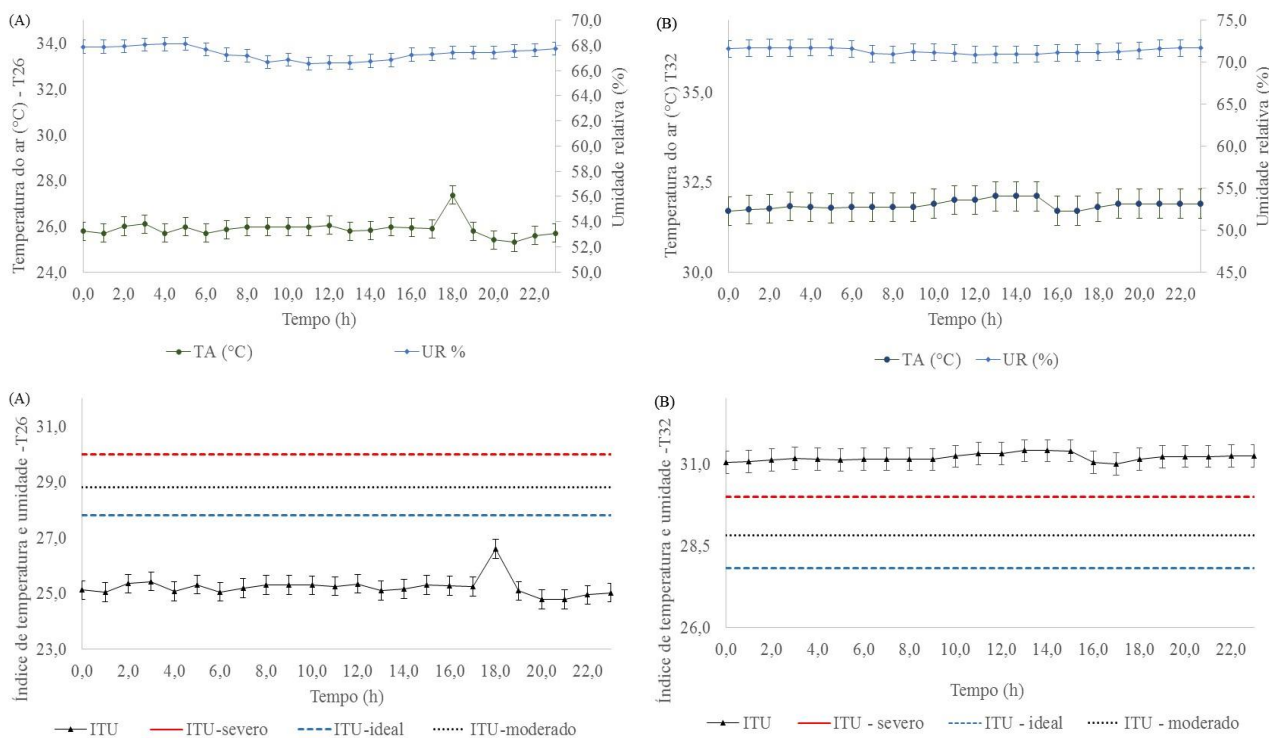


Figura 7. Comportamento médio dos dados de temperatura do ar (TA), umidade relativa do ar (UR) e índice de temperatura e umidade (ITU), para as temperaturas do ar de (A) 26 °C; e (B) 32 °C.

4.2 Trocas térmicas

O acréscimo da temperatura do ar afetou significativamente ($P < 0,05$) a intensidade com que os animais trocavam calor na forma sensível e latente, (Tabela 2). Observa-se nos valores médios das trocas de calor sensível (convecção, radiação e sensível total), calor latente (via trato respiratório) e calor total das aves com a elevação da temperatura do ar nas três fases (F1, F2 e F3), que as aves reduziram a dissipação do excedente de calor metabólico na forma sensível (13.3, 47.1 e 53.0% na F1, F2 e F3, respectivamente) e, conseqüentemente, aumentaram as trocas de calor latente em 73.7, 91.0 e 109%, respectivamente, para cada fase avaliada. Com o aumento da TA de 26 para 32 °C, as aves reduziram a quantidade média de perda de calor sensível em 53.5% e aumentaram em 82.7% a perda de calor na forma latente.

Tabela 2. Médias das trocas de calor por convecção (Cr), radiação (L), sensível total (St), latente total (Lt) e troca de calor total (Wt), respectivamente, para as condições térmicas avaliadas em cada fase experimental.

Item	T26				T32				p-valor			
	F1	F2	F3	Média	F1	F2	F3	Média	F1	F2	F3	Média

Cr (W/m ²)	64,7±15,7a	70,3±10,8a	<u>69,4±5,7a</u>	68,2±9,3a	56,1±6,9b	37,2±3,3b	<u>32,6±2,9b</u>	42,0±3,7b	0,05	0,01	<u>0,01</u>	0,01
L (W/m ²)	0,1±0,0a	0,1±0,2a	<u>0,1±0,0a</u>	0,1±0,0a	0,1±0,0a	0,1±0,1a	<u>0,1±0,0a</u>	0,1±0,0a	0,01	0,37	<u>0,04</u>	0,09
St (W/m ²)	64,8±15,7a	70,4±10,7a	<u>69,5±5,7a</u>	68,2±9,3a	56,2±6,9b	37,3±3,3b	<u>32,7±2,9b</u>	42,0±3,7b	0,05	0,01	<u>0,01</u>	0,01
Lt (W/m ²)	31,9±2,9b	25,9±1,9b	<u>23,5±1,0b</u>	27,1±1,1b	66,6±2,0a	55,4±1,6a	<u>49,5±1,9a</u>	57,2±1,0a	0,01	0,01	<u>0,01</u>	0,01
Wt (W/m ²)	96,7±16,6b	96,3±12,4a	<u>93,0±4,6a</u>	94,9±9,4b	122,8±7,5a	93,1±7,9a	<u>82,2±10,7b</u>	99,0±7,3a	0,01	0,44	<u>0,01</u>	0,01

(F1 da quarta à sexta semana de vida; F2: da sétima à décima semana de vida e F3 da décima primeira à décima terceira semana de vida.; médias seguidas de mesma letra na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro (P<0,05).

4.3 Respostas fisiológicas

Com a elevação da temperatura do ar, verificou-se um aumento da FR de 23,9, 22,9, 20,9%, da TR de 0,5 1,0, 0,2 °C da TS de 5,2, 1,9, 1,4 °C, da TP de 1,6, 2,1, 2,0 °C e da AP de 1,5, 6,5, 7,8 mm² para as três fases (F1, F2 e F3) respectivamente. Ainda observa-se um aumento percentual médio de 22,9, 1,2, 8,2, 6,0, 17,9, 18,6 e 38,4% na frequência respiratória (FR), temperatura retal (TR), temperatura superficial (TS), temperatura pupilar (TP), diâmetro pupilar (Dmenor e Dmaior) e área pupilar (AP) das aves avaliadas, respectivamente entre as temperaturas de 26 °C e de 32 °C

Tabela 3. Médias das respostas fisiológicas: frequência respiratória (FR), temperatura retal (TR); temperatura superficial (TS); temperatura pupilar (TP); diâmetro pupilar (Dmenor e Dmaior) e área pupilar (AP) das aves avaliadas, para as condições térmicas avaliadas em cada fase experimental.

Item	Termoneutra				Estresse termico				p-valor			
	F1	F2	F3	Média	F1	F2	F3	Média	F1	F2	F3	Média
FR (mov/min)	71,0±8,1b	56,8±5,8b	<u>50,3±3,1b</u>	59,3±4,5b	88,3±2,9a	69,8±2,7a	<u>60,8±2,8a</u>	72,9±2,8a	0,01	0,01	<u>0,01</u>	0,01
TR (°C)	41,2±0,3b	40,9±0,2b	<u>41,2±0,2b</u>	41,1±0,2b	41,7±0,3a	41,9±0,2a	<u>41,4±0,2a</u>	41,6±0,2a	0,01	0,01	<u>0,02</u>	0,01
TS (°C)	32,0±1,5b	34,7±1,4b	<u>35,8±0,8b</u>	34,2±1,2b	37,2±0,7a	36,6±0,4a	<u>37,0±1,7a</u>	36,9±0,9a	0,01	0,01	<u>0,01</u>	0,01
TP (°C)	31,7±0,8b	31,4±0,8b	<u>31,5±1,0b</u>	31,5±0,8b	33,3±0,9a	33,5±0,7a	<u>33,5±0,6a</u>	33,4±0,7a	0,01	0,01	<u>0,01</u>	0,01
Dmenor (mm)	3,8±0,6b	4,0±0,5b	<u>4,0±0,8b</u>	3,9±0,6b	4,2±0,4a	4,7±0,7a	<u>4,9±0,7a</u>	4,6±0,6a	0,01	0,01	<u>0,01</u>	0,01
Dmaior (mm)	4,4±0,6b	4,2±0,5b	<u>4,3±0,8b</u>	4,3±0,6b	4,6±0,4a	5,3±1,0a	<u>5,5±0,9a</u>	5,1±0,8a	0,01	0,01	<u>0,01</u>	0,01
AP (mm ²)	13,9±3,3b	13,5±2,8b	<u>14,0±5,3b</u>	13,8±4,5b	15,4±2,6b	20,0±6,7a	<u>21,8±6,8a</u>	19,1±5,4a	0,03	0,01	<u>0,01</u>	0,01

(F1 da quarta à sexta semana de vida; F2: da sétima à décima semana de vida e F3 da décima primeira à décima terceira semana de vida; médias seguidas de mesma letra na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro (P<0,05).

4.4 Respostas produtivas

Na temperatura do ar mais elevada, as aves consumiram maior (P < 0,05) quantidade de água, apresentando aumento percentual de 5,6%, e entre as duas temperaturas não ocorreu diferença significativa (P > 0,05) nas respostas de peso final (PF), consumo de ração (CR), ganho de peso (GP) e conversão alimentar (CA) das aves. Entre as diferentes faixas de idade das aves, pode-se constatar aumento considerável na conversão alimentar nas duas temperaturas do ar, sendo

constatado um aumento de 168,8% entre F1 e F3 na temperatura do ar de 26 °C e 142.4% entre F1 e F3 na temperatura do ar de 32 °C.

Tabela 4. Médias das respostas produtivas: peso final (PF), consumo de ração (CR), consumo de água (CW), ganho de peso (GP) e conversão alimentar (CA), para as condições térmicas avaliadas em cada fase experimental.

Item	Termoneutro				Estresse térmico				p-valor			
	F1	F2	F3	Média	F1	F2	F3	Média	F1	F2	F3	Média
PF (g)	-	-	-	1697,9±214,3a	-	-	-	1667,2±232,7a	-	-	-	0,5
CR (g/dia)	66,5±6,5a	91,1±6,9a	120,4±11,3a	92,7±7,4a	65,6±3,7a	84,6±4,1a	108,9±5,3a	86,4±4,1a	0,8	0,15	0,12	0,17
CW (l/dia)	0,13±0,02b	0,19±0,01a	0,21±0,01b	0,18±0,01b	0,16±0,03a	0,19±0,01a	0,23±0,01a	0,19±0,01a	0,03	0,72	0,02	0,05
GP (g/dia)	20,8±1,9a	26,4±0,9a	16,9±2,6a	21,4±1,8a	19,8±1,2a	25,9±2,7a	16,4±1,8a	20,7±1,7a	0,5	0,75	0,71	0,24
CA (g/g)	3,2±0,3a	3,6±0,2a	8,6±0,3a	5,1±0,1a	3,3±0,1a	3,4±0,3a	8,0±0,8a	4,9±0,4a	0,4	0,23	0,42	0,44

(F1 da quarta à sexta semana de vida; F2: da sétima à décima semana de vida e F3 da décima primeira à décima terceira semana de vida; médias seguidas de mesma letra na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro (P<0,05).

4.5 Rendimento de carcaça

O aumento da temperatura do ar influenciou significativamente (P < 0,05) apenas na porcentagem de penas, que foi reduzida no tratamento T32 (Tabela 5). O peso vivo (PV), peso de carcaça (PC), rendimento de carcaça (RC), rendimento de moela (RM), rendimento de coração (RC), rendimento de fígado (RF) e rendimento de vísceras (RV) não foram afetados significativamente (P > 0,05) com o aumento da temperatura do ar.

Tabela 5. Médias das respostas: peso vivo (PV) e peso de carcaça (PC) e das porcentagens de rendimento de carcaça (RC), moela (RM), coração (RC), fígado (RF), vísceras (RV) e penas (RP) em relação ao PV para as condições térmicas avaliadas.

Item	T26	T32	p-valor
	Médio	Médio	Médio
PV (g)	1798,0±157,0a	1746,0±0,171a	0,63
PC (g)	1374,0±90,0a	1349,0±0,160a	0,76
RC%	75,4±2,9a	78,7±5,4a	0,25
RM%	2,0±0,05a	1,9±0,3a	0,51
RC%	0,5±0,1a	0,5±0,2a	0,62
RF%	1,3±0,3a	1,3±0,1a	0,91
RV%	10,3±0,6a	11,4±1,8a	0,24
RP%	10,7±2,4a	6,2±2,8b	0,05

médias seguidas de mesma letra na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro (P<0,05).

4.6 Correlação das trocas de calor com as respostas fisiológicas e a TA

As correlações entre as trocas de calor latente total (Lt) com as respostas fisiológicas (FR, TR e TP) e das trocas de calor sensível total (St) com a TA, TS, TP e TR, com um intervalo de confiança de 95%, estão apresentadas nas Figuras 8 e 9, onde observa-se que as respostas avaliadas apresentaram correlação positiva significativa ($P < 0,05$) com a Lt, com coeficiente de correlação de Pearson de 0.84, 0.93, e 0.90 para FR, TR e TP, respectivamente. Já a TA, TS, TP e TR apresentaram correlação negativa significativa ($P < 0,05$) com a ST, onde se constataram coeficientes de Pearson de -0.87, -0.54, -0.73 e -0.86, respectivamente. Destacando-se assim a resposta fisiológica TR como sendo a que apresentaram maiores correlações tanto com a Lt e quanto com a St.

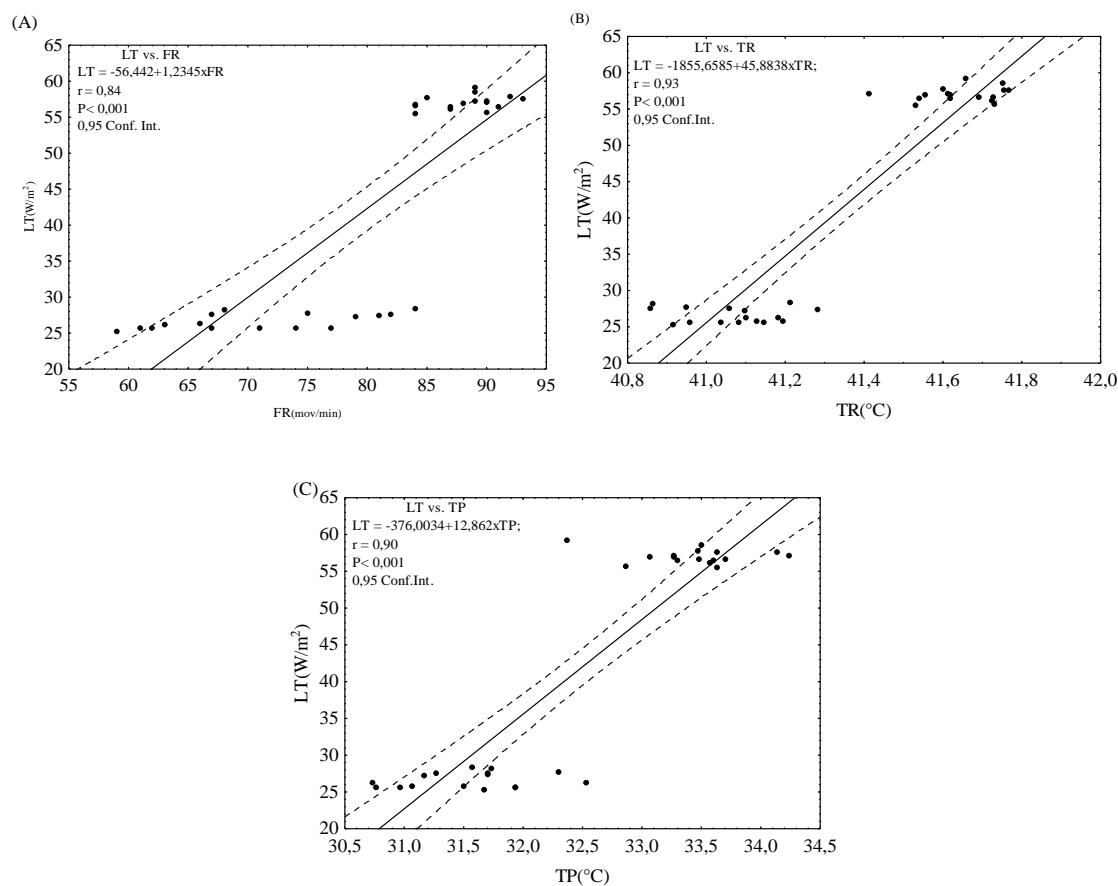


Figura 8. Correlação entre o fluxo de calor latente total (Lt) e a: (A) frequência respiratória (FR); (B) temperatura retal (TR); (C) temperatura pupilar (TP) nas condições de temperatura do ar avaliadas.

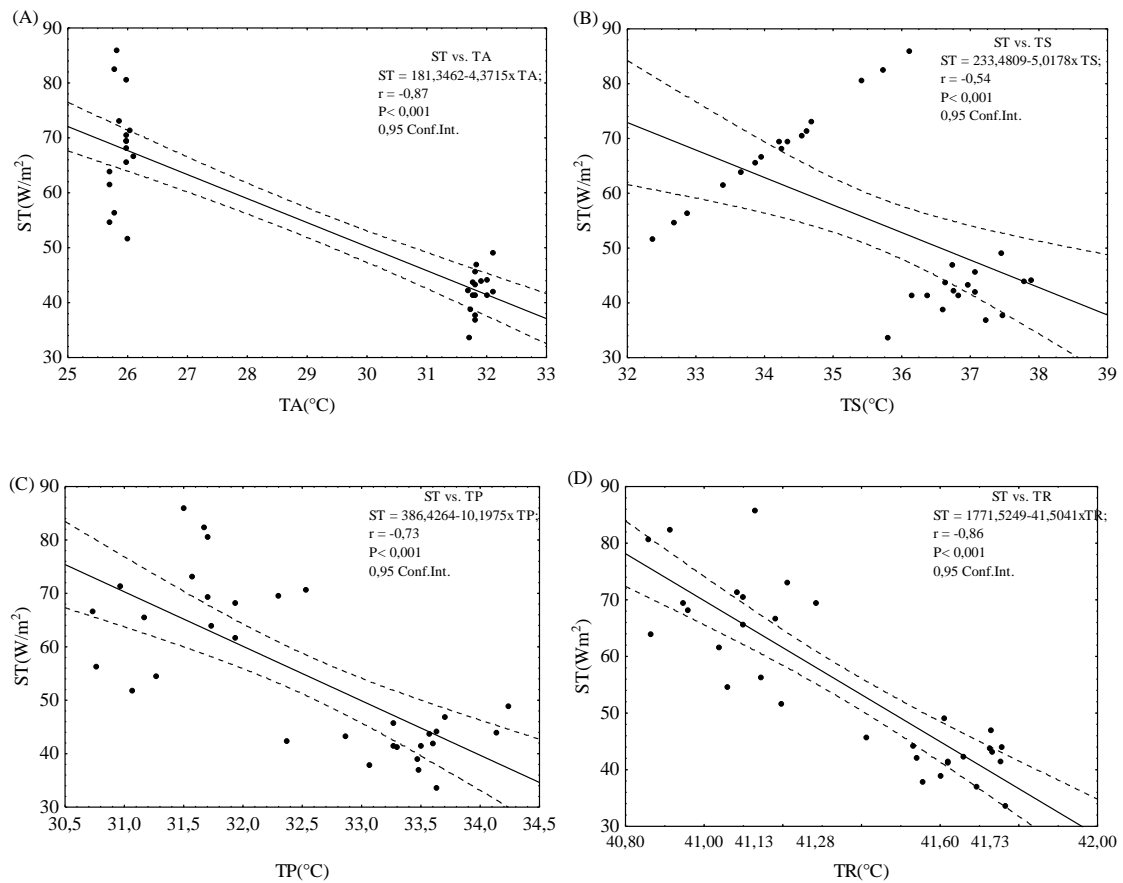


Figura 9. Correlação entre o fluxo de calor sensível total (St) e a: (A) temperatura do ar (TA); (B) temperatura superficial (TS); (C) temperatura pupilar (TP); (D) temperatura retal (TR) nas condições de temperatura do ar avaliadas.

4.7 *Concordância entre as trocas de calor com as respostas fisiológicas e a TA*

Pelos diagramas de Bland-Altman (Figura 10 e 11), pode-se observar que todas as respostas avaliadas apresentaram viés significativo ($P < 0.05$) com a Lt e a St, apresentando inclinação da linha de tendência significativamente ($P < 0.05$) diferente de zero, dessa forma, tende a subestimar de forma crescente a Lt e St, conforme ocorre o aumento da temperatura do ar (intervalo de confiança de 95%). As repostas FR, TR e TP apresentaram limites de acordo de ± 37.77 , ± 0.05 e ± 9.37 , respectivamente, com a Lt, assim como as repostas TA, TS, TP e TR, apresentaram limites de concordância de ± 26.26 , ± 19.59 , ± 13.78 e ± 22.64 , com a St.

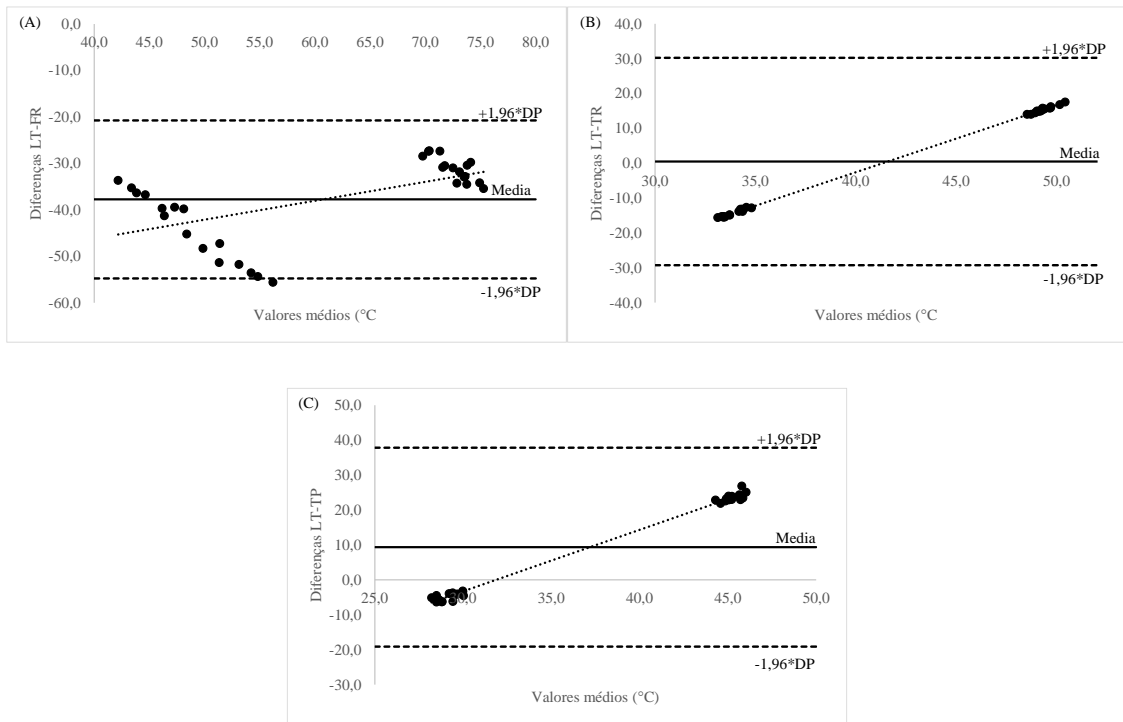


Figura 10. Concordância entre o fluxo de calor latente total (LT) e a: (A) Frequência respiratória (FR), (B) temperatura retal (TR) e (C) temperatura pupilar (TP), respectivamente; SD, desvio padrão.

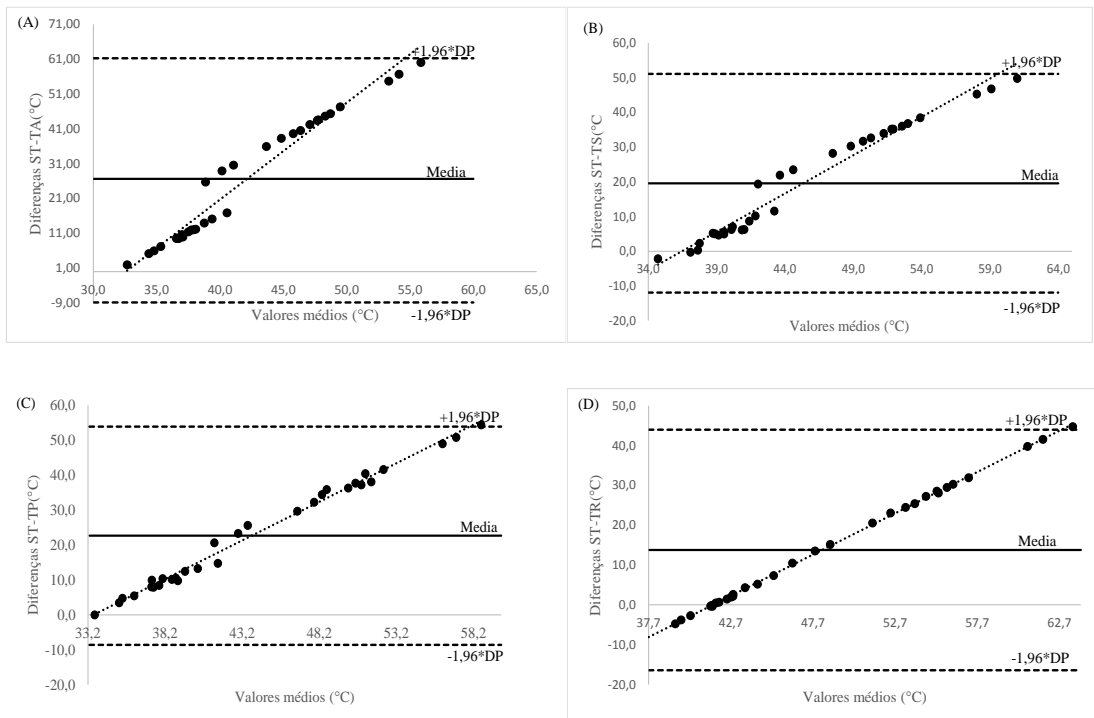


Figura 11. Concordância entre o fluxo de calor sensível total (LT) e a: (A) temperatura do ar (TA), (B) temperatura superficial (TS), (C) temperatura pupilar (TP) e temperatura retal (TR), respectivamente; SD, desvio padrão.

5 Discussão

As oscilações da temperatura do ar no interior da câmara climática no período das 17 às 18 para o tratamento T26, possivelmente ocorreu devido à abertura da câmara para o manejo das aves que ocorria nesse horário, fatos também constatados por Nascimento et al. (2017) e Marques et al. (2018) em trabalhos com câmaras climáticas. No tratamento T32 a UR, foi mais elevada, e esse fato é devido aos processos fisiológicos dos animais, que aumentaram a frequência respiratória e a transpiração cutânea e, conseqüentemente, lançam maior quantidade de vapor de água no meio e, como ocorreu maior consumo de água, as fezes e urina tornam-se mais liquefeitas, e a água contida nestes resíduos ao ser evaporada contribui para a elevação desta variável.

Os animais ao serem submetidos a ambientes com temperatura do ar acima da zona termoneutra, empregam mecanismos comportamentais e termorreguladores para compensar o ganho de calor, por perda equivalente e manter a temperatura corporal interna em limites estreitos de variação.

Com base no ITU, no tratamento T26 as galinhas d' angola estavam sob condições ambientais de conforto térmico e, passando para situação de estresse térmico severo no T32, com valores médios de ITU de $25 \pm 0,6$ e $31 \pm 0,5$, respectivamente, que segundo Marai et al. (2001) ITUs igual ou superior a 31 são considerados emergenciais para frango de corte, pois esses animais apresentam reduzida quantidade de glândulas sudoríparas, e, nesse cenário, necessitam elevar a frequência respiratória para dissipar o calor metabólico excedente, reduzindo a eficiência produtiva para manter a homeotermia (Dozier et al., 2007), evidenciando a importância deste índice para monitorar a sensibilidade das galinhas d' angola as elevadas temperaturas e as perdas relacionadas ao estresse térmico (Archana et al., 2018).

Quando analisado o comportamento das trocas de calor entre as galinhas d' angola e meio circundante, em função das temperaturas do ar, observa-se que as aves submetidas ao tratamento T26 dissiparam a maior parte do calor metabólico excedente na forma sensível (71,9%), demonstrando que os animais se encontravam em condições de homeostase, devido à existência de gradiente térmico entre o animal e meio, promovendo a perda de calor de maneira passiva, e,

consequentemente, reduzindo os gastos energéticos e a necessidade do resfriamento evaporativo, que foi de 28,1%. A condição ambiental propiciada no tratamento T26 pode ser considerada ideal para as galinhas, havendo um equilíbrio entre a quantidade líquida de energia que flui do corpo do animal para o ambiente circundante e a quantidade de energia térmica produzida pelas galinhas d'angola, direcionando a energia metabólica produzida para o crescimento e produção.

Os animais quando submetidas ao tratamento T32 intensificaram a dissipação de calor na forma evaporativa, com a redução das perdas de calor na forma sensível e, este comportamento corrobora com o estudo desenvolvido por Nascimento et al. (2017) com frangos de corte, que em temperaturas do ar iguais ou superiores a 30 °C a perda de calor latente foi a principal via de dissipação do excedente de calor metabólico total produzido. Observando-se que no T32 a maior parte do excedente de calor metabólico produzido foi dissipado na forma evaporativa (57,8 %), através do aumento da ofegação e vibrações gulares. Nessas condições os animais passaram a dissipar um total de 57,2 W/m² de calor pelo trato respiratório, caracterizando uma condição de elevado estresse térmico aos animais, visto que este mais que dobrou o valor de referência, que está na faixa de 10 a 20 W/m² (Hutchinson, 1954). Com isso, observou-se que em condições de estresse térmico os mecanismos de troca de calor latente desempenharam o papel de maior importância para o controle da homeotermia.

Quando analisado o comportamento das trocas de calor entre as galinhas d'angola e meio circundante, em função da idade das aves observa-se que a dissipação de calor na forma sensível aumentou com avanço da idade no T26 e reduziu no T32. Nas primeiras semanas de vida, as aves necessitam de ambiente com temperaturas do ar próximas a 32 °C (sendo essa reduzida gradualmente em 2 °C por semana de vida), para se manterem em situação térmica confortável, temperatura esta idêntica à adotada no presente experimento e, com isso, tem-se que quando as galinhas d'angola foram submetidas ao tratamento T32, ficaram em condições de estresse térmico mais evidente apenas nas últimas semanas de vida.

Em T26 a FR média foi de 59,3±4,5, acima da média para aves, que deve ser de 48 (mov/min) segundo (Silva et al., 2003), e na T32 ocorreu elevação significativamente ($P < 0.05$) a frequência respiratória (FR) durante as fases experimentais, sendo constatado aumento médio de 22.9% na FR nesta temperatura, evidenciando a intensificação nos movimentos respiratórios e vibrações gulares como ferramenta de termorregulação, facilitando a troca de calor com o ambiente na forma evaporativa, evitando o superaquecimento corporal das aves em tais situações (Oliveira et

al., 2006), embora este comportamentos esteja ligado a alto custo metabólico de manutenção (Sverdlova et al., 2012).

Os fatores que podem ter influenciado na elevação da frequência respiratória durante as fases experimentais no T32, foram a elevada temperatura do ar (~32 °C durante todo o período experimental) associada à alta umidade relativa do ar (72%), situadas acima do recomendado para frangos de corte com mais de 21 dias de idade, que conforme Tinôco et al. (2004) se situam entre as faixas de 16-23 °C e 50-70%, respectivamente, o que propiciou as aves um ambiente com valores de ITU considerados desconfortáveis, chegando a atingir o valor de 31, conforme Marai et al. (2001) para que o ambiente possa ser considerado ideal em termos de conforto térmico para aves deve que ser menor ou igual a 27.7.

Na temperatura do ar mais elevada as galinhas d' angola apresentaram elevação significativa ($P < 0.05$) na temperatura retal (TR) e superficial (TS) em todas as fases experimentais e, esta elevação se deu em função da geração de calor endógeno, devido às reações metabólicas e a redução do gradiente térmico entre o animal e o ambiente, que reduz a capacidade dos animais de dissiparem calor de forma sensível, sendo esta uma resposta fisiológica primária ao estresse térmico, mostrando a dificuldade que os animais passaram a ter de eliminar o excedente de calor, ocorrendo sensível sobreaquecimento do seu núcleo corpóreo. Apesar da variação constatada na TR em função da elevação da TA, essa se manteve dentro da faixa de normalidade para aves, que pode variar de 40,5 a 42,0 °C (Elson 1995; Meltzer, 1987), evidenciando a adaptabilidade da galinha d' angola as elevadas temperaturas do ar. Essa capacidade da manutenção da TR em ambientes com a TA acima da ZCT, também foram relatadas por (Nascimento et al., 2017).

A TS teve um aumento de 8.2% com a elevação da TA, isso se deve à ativação de mecanismos de dissipação do calor metabólico para o ambiente através da vasodilatação periférica e aumento do fluxo sanguíneo, na tentativa de aumentar o gradiente térmico entre a pele do animal e o ambiente, na intenção de facilitar as trocas térmicas na forma sensível (Silva et al. 2009). Outra possível explicação para o aumento da TS é a hipertermia superficial como uma capacidade do organismo das aves de lidar com as altas temperaturas (Nilsson et al., 2016), através da flexibilidade comportamental e fisiológica, adaptativa (Frumkin, et al., 1986; Brackenbury, 1973) para reduzir os gastos energéticos (Nilsson et al., 2016), pois, em ambientes com elevadas TAs, o gradiente térmico entre o corpo dos animais e o ambiente pode obstruir a transferência do excesso de calor na forma

sensível. A percentagem de penas das galinhas d'angola é inferior as de frangos de corte e galinhas poedeiras, o que facilita a eliminação de calor na forma sensível.

Verificou-se que as galinhas d' angola elevaram significativamente ($P<0.05$) a temperatura pupilar em todas as fases experimentais com o aumento da temperatura do ar e, essa resposta é devido ao olho conter muitos canais capilares inervados, que elevam o fluxo sanguíneo devido à ativação de mecanismos sensíveis de perda de calor para a manutenção da homeotermia (Marques et al., 2018). Segundo Stewart et al. (2008), o aumento da temperatura ocular como resultado do estresse, ocorre devido ao aumento correspondente das atividades no eixo hipotálamo-hipófise-adrenal (HPA), que constituem o sistema de controle central responsável pela regulação da temperatura corporal e, que esta medida pode ser precisa na avaliação do estresse em animais homeotérmicos, sendo obtida sem interferência da pele ou pelo, provando ser uma medida mais consistente das mudanças de temperatura como resposta ao estresse do que outras áreas anatômicas.

Constatou-se um aumento ($P<0.05$) médio de 17,9, 18,6 e 38,4%, respectivamente das dimensões pupilares (Dmenor e Dmaior e da AP) das galinhas d' angola em todas as fases experimentais conforme a elevação da TA, fato que também foi observado por Marques et al. (2018); Lopes Neto et al. (2018) trabalhando com caprinos da raça Boer. Isso possivelmente se deve à dilatação pupilar dos animais está associada à ativação do sistema nervoso autônomo (feixe simpático) (Laeng et al., 2012) em resposta ao estresse térmico, pois, a pupila reflete as atividades do sistema nervoso autônomo em particular, amplia-se (midríase) como consequência da exposição às variantes estressoras (Lempert et al., 2015).

Entre as duas temperaturas, as variáveis peso final (PF), consumo de ração (CR) e ganho de peso (GP) não se diferenciaram estatisticamente ($P>0.05$), mesmo com os animais apresentando elevação na frequência respiratória, temperatura retal e superficial (TS). Essa similaridade pode ser devido ao fato de as aves terem ajustado seu metabolismo à condição de estresse térmico por mecanismos fisiológicos e de troca de calor. Esses resultados inferem que estas galinhas são adaptadas a elevadas temperatura do ar, capazes de minimizar o efeito do estresse térmico devido serem aves de crescimento mais lento, conseqüentemente, produzindo menos calor interno que frangos de corte (Yalçın et al., 2001). A aclimatação das galinhas d' angola a TA elevada possibilitou a melhor utilização dos recursos energéticos disponíveis no metabolismo, mesmo em condições de estresse térmico, mantendo a sua homeotermia, sem acarretar numa redução

significativa da produção, o que poderia consequentemente comprometer a lucratividade dos produtores (Souza & Batista, 2012; Zaglool et al., 2019).

Na temperatura do ar mais elevada, as aves consumiram maior ($P < 0.05$) quantidade de água, aumento percentual de 5.6% e, essa elevação ocorre para a reposição da água perdida durante a utilização dos mecanismos de resfriamento evaporativo, que foram mais utilizados nas aves submetidas ao tratamento T32, para manter o equilíbrio hidrodinâmico e evitando o superaquecimento corpóreo das aves (Frumkin et al., 1986).

Aves expostas a altas temperaturas do ar perdem mais água nas fezes/urina ($> 60\%$) do que aquelas mantidas na zona termoneutra (Teeter & Belay, 1993), aumentando o consumo de água. Áreas sem penugem, como patas, barbelas e cristas, que também contribuem com a transpiração nas galinhas d'angola, funcionando como um mecanismo termorregulatório secundário (Shinder et al., 2007), sendo regiões sensíveis às variações ambientais, que em condições de elevadas temperaturas podem sofrer vasodilatação para maximizar essas trocas.

Entre as diferentes faixas de idade das aves, constata-se aumento considerável na conversão alimentar, independente da temperatura do ar, observando-se aumento de 138.9% entre F2 e F3 na T26 e 135.3% entre F2 e F3 na T32, isso, possivelmente, aconteceu devido ao avanço da idade das aves, onde há uma desaceleração na taxa de crescimento, com menores ganhos diários e, consequentemente, aumento na conversão alimentar. O crescimento das aves segue o padrão quadrático, sendo acelerado até os 49 dias de vida, que é um ponto de inflexão onde ocorre uma mudança no padrão, em que as aves atingem a maior taxa de crescimento passando a reduzir essa taxa a partir desse limiar (Santos et al., 2005), havendo diminuição da lucratividade, sugere-se que as aves devam ser abatidas até a idade que compreende o início da terceira fase experimental.

O aumento da temperatura do ar não afetou significativamente ($P > 0.05$) o rendimento de carcaça - peso vivo (PV) e peso de carcaça (PC) – demonstrando a termotolerância das galinhas d'angola às condições ambientais estudadas, evidenciando sua rusticidade, mesmo acionando os mecanismos fisiológicos e termorregulatórios evaporativos para manutenção da situação de termoneutralidade. Conforme Zaglool et al. (2019), o estresse térmico impacta negativamente no crescimento/desempenho das aves e, por isso, é considerado um dos fatores ambientais que causam perdas econômicas significativas às empresas avícolas, principalmente quando o estresse térmico

tem efeitos prolongados, pois os animais necessitam alterar suas funções fisiológicas (Sohail et al., 2012; Zhang et al., 2012).

A elevação da temperatura do ar não afetou o rendimento de carcaça das galinhas d' angola, demonstrando que os mecanismos termorreguladores evaporativos foram capazes de manter a homeotermia das aves, com reduzido gasto energético, além disso, espécies de aves de crescimento lento como é caso das *Numida meleagris* apresentam resistência ao estresse térmico (Roushdy et al., 2018), isso se repetiu no rendimentos dos órgãos internos (moela, coração, fígado e vísceras) que também não foram afetados pelo aumento da TA. Isso pode ser atribuído à maior atividade antioxidante em *Numida meleagris* apresentando uma elevada resistência ao calor quando comparado aos frangos corte (Roushdy et al., 2018).

Com o aumento da temperatura do ar, as aves reduziram a porcentagem de plumagem, isso ocorreu devido as penas funcionarem como um amortecedor térmico entre o animal e o ambiente circundante, e esta redução pode acelerar as trocas de calor convectivas e radiativas da superfície da pele dos animais para o meio (Wolf & Walsberg, 2015) esta diminuição da plumagem reflete a capacidade de aclimação dessas aves ao estresse térmico.

Observando-se as correlações entre as trocas de calor latente total (Lt) com as respostas fisiológicas (FR, TR e TP) e das trocas de calor sensível total (St) com a TA, TS, TP e TR, verifica-se que estas se correlacionaram significativamente ($P < 0,05$). Com a elevação da FR, TR e TP, pode-se notar uma elevação na quantidade de calor transferido das aves para o meio, na forma latente, visto que estas variáveis apresentaram uma correlação positiva com a (Lt). Tal resultado se deve à intensificação da troca de calor via latente, conforme o aumento da temperatura do ar, ocasionando uma redução do gradiente térmico, conseqüentemente uma redução na quantidade de calor perdido para o meio, via sensível, visto que a TA, TS, TP e TR apresentaram correlação negativa com St, tendo as aves redirecionado as suas reservas energéticas para a ativação dos mecanismos de termorregulação, justificando-se assim a diminuição linear da St conforme a elevação da TA, TS, TP e TR, sendo que todas as respostas fisiológicas avaliadas apresentaram elevados coeficientes de Pearson com as trocas de calor latente e sensível.

Com base na magnitude dos coeficientes de correlação de Pearson, dentre as respostas fisiológica analisadas a TR destacou-se, como sendo a resposta fisiológica que melhor representou o comportamento das trocas de calor tanto na forma latente ($r = 0.93$) quanto sensível ($r = -0.87$) das

aves para as condições térmicas avaliadas. Demonstrando assim, que a TR é um indicador sensível de equilíbrio térmico das aves, como também é a resposta fisiológica que melhor retrata a ativação dos mecanismos termorreguladores evaporativos e não evaporativos, para manter a temperatura do núcleo corpóreo dentro dos limites de normalidade diante das elevadas temperaturas do ar (Kadzere et al., 2002).

O coeficiente de Pearson não deve ser utilizado isoladamente para avaliar a relação entre dois métodos, uma vez que a correlação não fornece uma indicação precisa da discrepância de igualdade entre os valores dos dados. Em segundo lugar, o coeficiente de correlação não revela informações sobre a magnitude da diferença dos erros sistemáticos entre os métodos (Van Stralen et al., 2008). Para tais análises, faz-se o uso dos diagramas de Bland-Altman, para quantificar e identificar estes erros quando utilizadas as respostas: FR, TR e TP; e TA, TS, TP e TR, para descrever as trocas de calor Lt e St, respectivamente.

Ao se analisar os diagramas de Bland-Altman (Figura 7 e 8), observou-se que a linha de polarização zero está dentro dos limites de concordância para a variável TR em relação a Lt, concordância da TR em relação a Lt, podendo esta resposta fisiológica descrever o comportamento das trocas de calor latentes, com intervalos de erros sistemáticos aceitáveis ($P > 0.05$), o que demonstra que a TR pode ser utilizada para estimar as trocas de calor via latente para aves na situação estudada.

As demais respostas fisiológicas não apresentaram concordância com Lt, isso se deve ao fato destas respostas estarem sujeitas a erros sistemáticos (Cecconi et al., 2009) não podendo ser utilizadas para estimar a Lt dos animais nas condições avaliadas. Analisando-se a concordância entre a St e as respostas fisiológicas (TA, TS, TP e TR), verificou que as linhas de polarização dos erros distanciaram-se do zero nas condições experimentais avaliadas para os métodos utilizados. Em outras palavras, o viés das diferenças médias é significativamente diferente ($P < 0.05$), ou seja, são diferentes, indicando a não concordância entre os métodos, apresentando linha de tendência com inclinação positiva indicando que, com a elevação da temperatura do ar essas respostas tendem a superestimar as St.

6 Conclusões

- O presente estudo demonstrou que as galinhas d' angola foram submetidas a estresse térmico severo base nos valores de ITU na temperatura de 32°C
- Com o aumento da temperatura do ar, as aves reduziram pela metade o calor perdido para o ambiente na forma sensível e aumentaram em mais de 80% o calor eliminado na forma evaporativa, elevando as respostas fisiológicas.
- Com base nos dados produtivos e rendimento de carcaça, é possível afirmar que as galinhas d' angola são adaptadas a condições ambientais de temperatura do ar até 32°C.
- Na temperatura do ar mais elevada, as aves reduziram a percentagem de penas, não havendo alterações no desempenho e carcaça das aves.
- Entre as respostas fisiológicas, a temperatura retal destacou-se, apresentando melhor correlação e concordância nas trocas de calor sensível e latente em função do acréscimo da temperatura do ar.

7 Referências bibliográficas

- Abreu, V.M.N.; Abreu, P.G. Os desafios da ambiência sobre os sistemas de aves no Brasil. *Rev. Bras. Zootec.*, v.40, n.2, p.1-14, 2011.
- Albuquerque R.; Marchetti, L. K.; Fagundes A. C. A.; Bittencourt L. C.; Trindade Neto M. A. Lima F. R. Efeito de diferentes densidades populacionais e do sexo sobre o desempenho e uniformidade em frangos de corte. *Braz. J. vet. Res. anim. Sci.*, v.43, n.5, p.581-587, 2006.
- Arad, Z., M. Horowitz, U. Eylath, and J. Marder. Osmoregulation and body fluid compartmentalization in dehydrated heat-exposed pigeons. *Am. J. Physiol.* v.257 n.2, p.377–382, 1989.
- Archana,P.R.; Sejian, V.; Ruban, W.; Bagath, M.; Krishnan, G.; Aleena, J.; Manjunathar, G.B.; Beena, V. Bhatta. R. Comparative assessment of heat stress induced changes in carcass traits, plasma leptin profile and skeletal muscle myostatin and HSP70 gene expression patterns between indigenous Osmanabadi and Salem Black goat breeds. *Meat Sci.*, v.141, n.1,p.66-80 2018.
- Attia, Y. A.; Al-Harathi, M. A.; El-Shafey, A. S.; Rehab, Y. A.; Kim, W. K. Enhancing tolerance of broiler chickens to heat stress by supplementation with vitamin E, vitamin C and/or probiotics. *Ann. Anim. Sci.*, v.17, n.1, p. 1155-1169, 2013.
- 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. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.*, n.95, v.1, p. 744-755, 2011.
- Baêta, F. C.; Souza, C. F. *Ambiência em edificações rurais: Conforto animal*. 2.Ed. Viçosa: EDUFV, 2010, 269p.
- Bohmanova, J.; Misztal, I.; Cole, J. B. Temperature-humidity indices as indicators of milk production losses due to heat stress. *J. Dairy. Sci.*, v.90, n.2 p.1947–1956, 2007.
- Bonnet S, Geraert PA, Lessire M, Carre B, Guillaumin S. Effect of high ambient temperature on feed digestibility in broilers. *Poult. Sci.*, v.76 n.6, p.857-863, 1997.

- Brackenbury J. H. Respiratory mechanics in the bird. *Physiol., Comp. Biochem. Physiol. A. Comp. Physiol.*, v.44, n.2, p.599-611, 1973.
- Branckaert, R. D. S; Guève, E. F. 1999. FAO's programme for support to family poultry production, IN F. Dolberg; P. H. Petersen, eds. *Poultry as a Tool in Poverty Eradication and Promotion of Gender Equality*, 244-256 pp. Proceedings workshop, March 22-26, 1999.
- Brossi, C., Castillo, C. J. C., Amazonas, E. A., Menten, J. F. M. Estresse térmico durante o pré-abate em frangos de corte. *Ciênc. Rural*, v.39, n.4, p.1296-1305, 2009.
- Burkholder, K. M.; Thompson K. L.; Einstein, M. E.; Applegate, T. J.; Patterson J. A. Influence of Stressors on Normal Intestinal Microbiota, Intestinal Morphology, and Susceptibility to Salmonella Enteritidis Colonization in Broilers. *Poult Sci*, v.87, n.9, p.1734–1741, 2008.
- Carvalho S. Q. C. Atrativo facial e expressões emocionais: Existem relação com o diâmetro da pupila? Biblioteca central da UFPB, Dissertação de mestrado, 121 p. 2010.
- Cecconi, M., Rhodes, A.; Poloniecki, J.; Della Rocca, G.; Grounds, R.M. Benchto-bedside review: The importance of the precision of the reference technique in method comparison studies – with specific reference to the measurement of cardiac output. *Crit. Care.*, v,13 n.5, p.201-201, 2009.
- Collier, R.J.; Gebremedhin, K.G. Thermal biology of domestic animals. *Annu. Rev. Anim. Biosci.*, n.3, v.1, p.513-532 2015.
- Dawkins, M.S.; Donnelly, S.; Jones, T.A. Chicken welfare is influenced more by housing conditions than by stocking density. *Nature*, v.427, n.1, p.342- 344, 2004.
- Dayyani, N. and Bakhtiyari, H. Heat stress in poultry: background and affective factors. *Internat. J. of Adva. Biol. and Biom. Resear.*, v.1, n.11, p.1409-1413, 2013.
- De Rensis, F. and Scaramuzzi, R.J. Heat stress and seasonal effects on reproduction in the dairy cow-a review. *Theriogenology*, v.60, n.11, p.39-51 2003.
- Demos, K. E.; Kelley, W. M.; Ryan, S.L.; Davis F.C.; Whalen P. J. Human Amygdala Sensitivity to the Pupil Size of Others. *Cereb. Cort.*, n.18, n.12, p.2729 – 2734, 2008

- Dikmen, S.; Hansen, P. J. Is the temperature-humidity index the best indicator of heat stress in lactating dairy cows in a subtropical environment? *J. Dairy. Sci.*, v.92, p.109–116, 2009.
- Donkoh, A. Ambient temperature: a factor affecting performance and physiological response of broiler chickens. *Int. J. Biometeorology*, v.33, n.1, p.259-265, 1989
- Dozier, W. A.; Thaxton, J. P.; Purswell, J. L.; Olanrewaju, H. A.; Branton, S. L.; Roush, W.B. Stocking density effectson male broilers grown to 1.8 kilograms of body weight. *Poult. Sci.*, v.85, n.2, p.344-351, 2006.
- Elson, H. A. Environmental factors and reproduction, In: Austic, R. E.; Malden, C. N. (ed.). *Poultry Production*, Philadelphia: Lea & Febiger, 1995. p.389-409.
- Febrer, K.; Jones, T.A.; Donnelly, C.A.; Dawkins, M.S. Forced to crowd or choosing to cluster? Spatial distribution indicates social attraction in broiler chickens. *Anim. Behav.*, v.72, n.2, p.1291-1300, 2006.
- Fedde, M. R. Relationship of structure and function of the avian respiratory system to disease susceptibility, *Poult Sci*, v.77, n.8, p.1130–1138, 1998.
- Feddes, J. J. R.; Emmanuel, E. J.; Zuidhoft, M. J. Broiler performance, body weight variance, feed and water intake, and carcass quality at different stocking densities. *Poult. Sci.*, v.81, n.6, p.774-779, 2002.
- Ferket, P. R.; Gernat A. G. Factors that affect feed intake of meat birds: a review *Int. J. Poult. Sci.*, v.5 n.1, p. 905-911, 2006.
- Ferreira EB, Cavalcanti PP, Nogueira DA (2013) *ExpDes.pt: Experimental Designs* pacakge (Portuguese). R package version 1.1.2.
- Frumkin R, Pinshow B, Weinstein Y. Metabolic heat production and evaporative heat loss in desert phasianids: chukar and sand partridge. *Physiol. Zoology.*, n.59, v.6, p.592–605, 1986.
- Furlan, R.L.; Macari, M. Termorregulação. In: Macari, M.; Furlan R.L.; Gonzales, E. *Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte*. 2 ed. Jaboticabal: Funesp, 2002. p.209-230.
- Furlan, R.L.; Macari, M. Termorregulação. In: *Fisiologia Aviária Aplicada a Frangos de Corte*. 2.ed. Jaboticabal: FUNEP/UNESP, 2008. p. 209-228.

- Gomes, A. V. S.; Quinteiro-Filho, W. M.; Ribeiro, A.; Ferraz-de-Paula, V.; Pinheiro, M. L.; Baskeville, E.; Akamine, A. T.; Astolfi-Ferreira, C. S.; Ferreira, A. J. P.; Palermo-Neto, J. Overcrowding stress decreases macrophage activity and increases Salmonella Enteritidis invasion in broiler chickens. *Avian. Pathol.*, v.43, n.1, p.82-90, 2014.
- Gupta, P., Adabala, V. B., Barik, A. K. Midríase unilateral: Uma complicação da cirurgia de coluna em decúbito ventral. *Ver. Bras. Anestesiol.*, v.3, n.69, p.319-321, 2019.
- Hahn GL, Gaughan JB, Mader TL, Eigenberg RA Chapter 5: thermal indices and their applications for livestock environments. In: DeShazer JA (ed) *Livestock energetics and thermal environmental management*. ASABE,MI, USA, (2009). pp 113–130.
- Hellickson, M.A.; Walker, J.N. *Ventilation of Agricultural Structures*. St. Joseph: ASABE, 1983, 23 p.
- Henken, A.; Groote Schaarsberg, A. M. J.; Nieuwland, M. G. B. The effect of environmental temperature on immune response and metabolism of the young chicken. 3. Effect of environmental temperature on the humoral immune response following injection of sheep red blood cells. *Poult. Sci.*, v.62, p.51-58, 1982.
- 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. *Poult. Sci.*, v.94, n.10, p.2375–2381, 2015.
- Hughes, B. O.; Carmichael, N. L.; Walker, A. W.; Grigor, P. N. Low incidence of aggression in large flocks of laying hens. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, p.54, n.2, p.215-234, 1997.
- Hutchinson, J. C. D. Evaporative cooling in fowls. *j. agric. Sci.*, v. 45, p. 48-59, 1954.
- IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censo Demográfico 2013. Sistema IBGE de Recuperação Automática–SIDRA. Disponível: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/ppm/2015/default.shtm>.
- John, J. L. The avian spleen: a neglected organ. *Q. Rev. Biol.* v.69, n.5, p.327–351, 1994.
- Kadzere, C.T., Murphy, M.R., Silanikove, N., Maltz, E. Heat stress in lactating dairy cows: *J. Livest. Sci.*, v.77, n.1 p.59–91 2002.

- Kuenzel, W. J.; Jurkevich A. Molecular neuroendocrine events during stress in poultry. *Poult. Sci.*, v.89, n.4, p.832–840 2010.
- Laeng, B.; Sirois, S.; Gustaf Gredebäck, G. Pupillometry: a window to the preconscious? *Perspect. Psychol. Sci.*, n.7 v.1, p.18-27, 2012.
- Lana, G. R. Q.; Silva Junior, G. R. Q.; Valerio, Lana, S. R. A. M Q.; Cordeiro, E. C. G. B. Efeito da densidade e de programas de alimentação sobre o desempenho de frangos de corte. *Rev. Bras. Zootec.*, v.304, n.4, p.1258-1265, 2001.
- 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. *Rev. Bras. Zootec.*, v.29, n.4, p.1117-1124, 2000.
- Langaná, C. Influência de altas temperaturas na alimentação de frangos de corte. *Pes. & tecn.*, v.5, n.2, 2008.
- Lara, L. J.; Rostagno, M. H. Impact of heat stress on poultry production. *Animals* v. 3, p. 356–369, 2013.
- Laudadio, V.; Nahashon, S. N.; Tufarelli, V. Growth performance and carcass characteristics of guinea fowl broilers fed micronized-dehulled pea (*Pisum sativum* L.) as a substitute for soybean meal. *Poult. Sci.*, v.91, n.11, p.2988–2996, 2012.
- Lempert K. M., Chen Y. L., Fleming S. M. Relating Pupil Dilation and Metacognitive Confidence during Auditory Decision-Making. *PLoS One*. v.10, n.5, p.1-12, 2015.
- Lucena, L. F.; Furtado, D. A. Nascimento, J. W. Respostas fisiológicas de caprinos nativos mantidos em temperatura termoneutra e em estresse térmico. *Ver. Bras. Eng. Agríc. Ambiente.*, v.17, n.6, p.672-679, 2013.
- Macari, M.; Furlan, R.L.; Gonzales, E. *Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte*. 2.ed. Jaboticabal: FUNEP/UNESP, 2002. 375p.
- Mahmoud, S. R. A new method for obtaining the order of kinetics and the activation energy of the thermoluminescence. *J. Phys. Condens. Matter.*, v.8, n.1 p.1291–1300, 1996.

- 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. *J. Appl. Poult. Res.*, v.9, n.2, p.111-117, 2000.
- Mapiye, C; Mwale, M; Mupangwa, J. F.; Chimonyo, M; Foti, R.; Mutenje, M. J. A research review of village chicken production constraints and opportunities in Zimbabwe. *J. Anim. Sci.* v.21, n.11 p.1680–1688, 2008.
- Marai, I. F. M.; Habeeb, A. A. M. Buffalo's biological function as affected by heat stress—a review. *J. Livestock. Sci.*, v.127 n.1 p.89–109, 2010
- Marai, I.F.M., Ayyat, M.S. and Abd El-Monem, U.M., Growth performance and reproductive traits at first parity of New Zealand White female rabbits as affected by heat stress and its alleviation under Egyptian conditions, *Trop. Anim Health. Prod.*, v.33, n.3, p.457–462, 2001.
- 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.
- Marder, J. 1.; Arad, Z. Panting and acid-base regulation in heat stressed birds. *Comp. Biochem. Physiol. A Comp. Physiol.* v.94, n.3, p.395-400 1989.
- Mareko, M. H. D.; Nsoso, S. J.; Thibelang, K. Preliminary carcass and meat characteristics of guinea fowl (*Numida meleagris*) raised on concrete and earth floors in Botswana. *J. Food Tech.* v.4 n.4 p.313–317, 2006.
- Marques, J. I., Lopes-Neto, J. P., Nascimento, J. W. B., Talieri, I. C., Medeiros, G. R., Furtado, D. A. Pupillary dilation a termal stress indicator in boer crossbred goats maintained in a climate chamber. *Small Ruminant Res.*, n.158, p.26-29, 2018.
- Mashaly, M. M.; Hendricks, G. L.; Kalama, M. A.; Gehad, A. E.; Abbas, A. O. and Patterson, P. H. Effect of heat stress on production parameters and immune responses of commercial laying hens. *Poult. Sci.*, v.83 n.6, p.889-894, 2004.
- McArthur, A. J. Thermal interaction between animal and microclimate: a comprehensive model. *J. Theor. Biol.*, 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. *Comp. Biochem. Physiol. A. Mol. Integr. Physiol.*, 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. *J. Theor. Biol.*, v.38, p.159-162, 2013.
- McKinley, E. T.; Sui, Y.; Al-Kofahi, B. A.; Millis, M. J.; Tyska, J. T.; Roland, A.; Santamaria-Pang, C. L.; Ohland, C.; Jobin, J. L.; Optimized multiplex immunofluorescence single-cell analysis reveals tuft cell heterogeneity. *J. C. I. Insight.*, v.208, n.2 p.15-28, 2017.
- Meltzer, A. Acclimatization to ambient temperature and its nutritional consequences. *Worlds Poult. Sci. J.*, v.43, n.1, p.33-44, 1987.
- Mench, J. A.; Van Tienhoven, A.; Marsh, J. A.; McCormick, C. C.; Cunningham, D. L.; Baker, R. C. Effects of Cage and Floor Pen Management on Behavior, Production, and Physiological Stress Responses of Laying Hens. *Poult. Sci.*, v.65, n.6, p.1058–1069, 1986.
- Mitchell, H. H. The surface area of single comb white leghorn chickens. *J. of Nutrit.*, v.2, n.1, p.443-449, 1930.
- Morengo, J. A. Água e mudanças climáticas. *Estud. av.*, v. 22, n. 63, p. 83-96, 2008.
- Mujahid, A., Y. Yoshiki, Y. Akiba, and M. Toyomizu. 2005. Superoxide radical production in chicken skeletal muscle induced by acute heat stress. *Poult. Sci.*, v.84, p.307–314, 2005.
- Musundire, M. T.; Tinyiko Edward Halimani, T. E.; Chimonyo, M. Effect of age and sex on carcass characteristics and internal organ weights of scavenging chickens and helmeted guinea fowls. *J. Appl. Anim. Res.*, v.46, n.1, p.860–867 2018.
- Nääs, I.A.; Romanini, C.E.B.R.; Neves, D.P.; Nascimento, G.R.; Vercellino, R.A. Broiler surface temperature distribution of 42 day old chickens. *Sci. Agr.*, v. 67, p.497-502, 2010.
- Nahashon, S. N.; Adefope, N.; Amenyenu, A.; Tyus, J.;Wright, D. The effect of floor density on growth performance and carcass characteristics of French guinea broilers. *Poult. Sci.*, v.88, n.11, p. 2461–2467, 2009.

- Nardone, A.; Ronchi, B.; Lacetera, N.; Ranieri, M. S.; Bernabucci, U.. Effects of climate change on animal production and sustainability of livestock systems. *Livestock Sci.*, v.130, n.1, p.57-69, 2010.
- Nascimento, S. T.; Maia, A. S. C.; Gebremedhin, K. G. ; Nascimento, C. C. N. . Metabolic heat production and evaporation of poultry. *Poult. Sci.*, , n.96, n.8 p.2691-2698, 2017.
- Nascimento, S.T.; Silva, I.J.O. As perdas de calor das aves: entendendo as trocas de calor com o meio. Ver. *AviSite*, 2009.
- Nascimento, S.T.; Silva, I.J.O.; Maia, A.S.C.; Castro, A.C.; Vieira, F.M.C. Mean surface temperature prediction models for broiler chickens – a study of sensible heat flow. *Int. J. Biometeorol.*, v.58 n.2, p. 195-201, 2014.
- 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. *Eng. agríc.*, 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 *Eng. Agríc.*, v.31, p.13-22, 2011.
- Nilsson, j. A.; Molokwu, M. N.; Olsson, O. Body Temperature Regulation in Hot Environments. *PLOS One.*, v.11, n.8, p.1-9, 2016.
- Nóbrega, G. H.; Silva, E. M. N da.; Souza, B. B.; Manguiera, J. M. A produção animal sob a influência do ambiente nas condições do semiárido nordestino. *Rer. Agrotec. Desenvol. Sustent.*, v.6, n.1, p.67-73, 2011.
- NRC. (1981). Effect of environment on nutrient requirements of domestic animals. Committee on Animal Nutrition. Subcommittee on Environmental Stress. National Academy Press, Washington DC.
- NRC. (1994). Effect of environment on nutrient requirements of domestic animals. Committee on Animal Nutrition. Subcommittee on Environmental Stress. National Academy Press, Washington DC

- Oliveira, R. F. M.; Donzele, J. L.; Abreu, M. L. T. et al. Efeitos da temperatura e da umidade relativa sobre o desempenho e o rendimento de cortes nobre de frangos de corte de 1 a 49 dias de idade. *Rev. Bras. Zootec.*, 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. *R. Bras. Zootec.*,v. 39, n. .5, p.1092-1098, 2010.
- Osman A. M.; Tanios, N. I. The effect of heat on the intestinal and pancreatic levels of amylase and maltase of laying hens and broilers. *Comp. Bioch. Phys.*, v.75 n.4, p.563-7, 2003.
- Ozbey, O.; Ozcelik, M. The Effect of High Environmental Temperature on Growth Performance of Japanese Quails with Different Body Weights. *Inter. J. of Poult. Sci.*, v.3, n. 7, p.468-470, 2004.
- Palizdar, M. H.; Pourelmi, M.R. Effects of high stocking density on growth performance, blood metabolites and immune response of Broilers (ROSS 308). *J. Livestock Sci.*, v.8, n.1, p.196-200, 2017.
- 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.
- Quinteiro-Filho, W.M., Ribeiro, A., Ferraz-de-Paula, V., Pinheiro,M.L., Sakai, M., Sa, L.R., Ferreira, A.J. & Palermo-Neto, J. Heat stress impairs performance parameters, induces intestinal injury, and decreases macrophage activity in broiler chickens. *Poult. Sci.*, , n.89, n.3, p.1905-1914, 2010.
- Ravagnolo, O.; Misztal, I.; Hoogenboom, G. Genetic component of heat stress in cattle, development of heat index function. *J. Dairy. Sci.*, v.83, n1, p.2120–2125, 2000.
- Renaudeau D., Collin A., Yahav S., de Basilio V., Gourdine J. L., Collier R. J. Adaptation to hot climate and strategies to alleviate heat stress in livestock production. *Animal.*, v.6, n.5, p707–728, 2012.
- Richards SA. The significance of changes in the temperature of the skin and body core of the chicken in the regulation of heat loss. *J. of Physiol.*, n.216, n.1, p.1-10, 1971

- Rimoldia, S. Lasagnab, E.; Sartib, F. M.; Marellic, S. P.; Cozzid, M. C. Bernardinia, G.; Terova, G. Expression profile of six stress-related genes and productive performances of fast and slow growing broiler strains reared under heatstress conditions. *Meta Gene*. v.6, n.1, p.17-25, 2015.
- Rizzo, M., Arfuso, F., Alberghina, D., Giudice, E., Giancesella, M., Piccione, G., Monitoring changes in body surface temperature associated with treadmill exercise in dogs by use of infrared methodology. *J. Therm. Biol.*, v.69, n.1, p.64-68, 2017.
- 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.
- Routman, K. S.; Yoshida, L.; Frizzas, A. C.; Macari, M.; Pizauro, J. Intestinal and pancreas enzyme activity of broilers exposed to thermal stress. *Rev. Bras. de Ciênc. Avíc.*, v.5, n.1, p.23 – 27, 2003.
- 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. *Braz. J. of Agric.*, v.92, n.3, p. 248 – 260, 2017.
- Sahin, K., Onderci, M., Sahin, N., Gulcu, F., Yıldız, N., Avci, M., Kucuk, O., Responses of quail to dietary vitamin E and zinc picolinate at different environmental temperatures. *Anim. Feed Sci. Technol.*, v.129, n.7, p.39–48, 2006.
- Santos, A. L.; Sakomura, N. K.; Freitas, E. R.; Fortes, M. L. S.; Carrilho, E. N. V. M.; Fernandes, J. B. K. Estudo do Crescimento, Desempenho, Rendimento de Carcaça e Qualidade de Carne de Três Linhagens de Frango de Corte. *R. Bras. Zootec.*, v.34, n.5, p.1589-1598, 2005.
- 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. *Anim. Prod. Sci.*, v.57 n.9, p.1877-1883, 2016.
- Sarica, M.; Ocak, N.; Karacay, N.; Yamak, U.; Kop, C.; Altop, A. Growth, slaughter and gastrointestinal tract traits of three turkey genotypes under barn and free-range housing systems. *Poul. Sci.* v.50, n.4, p.487- 494, 2009.

- Sato, M.; Tachibana, T.; Furuse, M. Heat production and lipid metabolism in broiler and layer chickens during embryonic development. *Comp. Biochem. Physiol.*, v.143, n.3, p.382- 388. 2006.
- Scarpellini, C. Da S.; Bicego, K. C. Regulação da temperatura corporal em diferentes estados térmicos: Ênfase na anapirexia. *Rev. da Bio.*, v.5, p.1-6, 2010.
- Schmidt-Nielsen, K. *Animal physiology: adaptation and environment. Animal physiology: adaptation and environment*, pp. 1–602. i-xii, 1990.
- Schunke, M. *Prometheus atlas de anatomia*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 552p, 2007.
- Sevegnani, K.B.; Caror, I.W.; Pandorfi, H.; Silva, I.J.O.; Moura, D.J. Zootecnia de precisão: Análise de imagens no estudo do comportamento de frangos de corte em estresse térmico. *Rev. Bras. de Eng. Agrícola e Ambient.*, v.9, n.1, p.115-119, 2005.
- Seven, P. T.; Seven, I.; Yılmaz, M.; Simsek, Ü. G. The effects of Turkish propolis on growth and carcass characteristics in broilers under heat stress. *Anim. feed sci. technol.*, v.146 n.1, p.137–148, 2008.
- Shinder, D.; Rusal, M.; Tanny, J.; Druyan, S.; Yahav, S. Thermoregulatory response of chicks (*Gallus domesticus*) to low ambient temperatures at an early age. *Poult. Sci.*, v.86, n.8, p.2200-2209, 2007.
- Silva, R. G.; Morais, D. A. E. F.; Guilhermino, M. M. Evaluation of thermal stress indexes for dairy cows in tropical regions. *Ver. Bras. Zootec.*, v.36 n.1, p.1192–1198, 2007.
- Silva, E.; Yanagi, T.; Braga R. A.; Lopes, M. A.; Damasceno, F. A.; Silva G. C. A. E. Desenvolvimento e validação de um modelo matemático para o cálculo da área superficial de frangos de corte. *Eng. Agríc.*, v.29, p.1-7, 2009.
- Silva, R.G. *Introdução à Bioclimatologia Animal*. São Paulo: Nobel, 2000. 286 p.
- Silva, T. P. N.; Pandorfi, H.; Guiselini, C. Energy balance in the poultry-shed system and its influence on broiler performance. *J. of Braz. Assoc. of Agric. Eng.*, v.35, n.4, p.613-624, 2015.

- Silva, T.P.N.; Batista, B.A.; Morrill, W.B.B; Pandorfi, H.; Almeida Neto, L.A. Balanço de energia em galpão avícola no agreste pernambucano. In: SIMPÓSIO DE CONSTRUÇÕES RURAIS E AMBIENTES PROTEGIDOS, 6, 2012, Viçosa, MG. **Anais...**
- Singh, M. K.; Singh, S. K.; Sharma, R. K.; Singh, B.; Kumar, S.; Joshi S. K.; Kumar, S.; Sathapathy, S. Performance and carcass characteristics of guinea fowl fed on dietary Neem (*Azadirachta indica*) leaf powder as a growth promoter. *J. Vet. Res.*, v.16 n.1 p.78–82, 2015.
- Söderholm, J. D, Perdue, M. H. Stress and the Gastrointestinal Tract II. Stress and intestinal barrier function. *Am J Physiol-Gastr L.*, v.280, n.1, p.7-13, 2001.
- Sohail, M. U.; Hume, M. E.; Byrd, J. A.; Nisbet, D. J.; Ijaz., A.; Sohail, A. L.; Shabbir, M. Z.; Rehman, H. Effect of supplementation of prebiotic mannan-oligosaccharides and probiotic mixture on growth performance of broilers subjected to chronic heat stress. *Poult. Sci.*, . v.91, n. 9, p. 2235-2240, 2012
- Souza, B.B., Batista, N.L. Os efeitos do estresse térmico sobre a fisiologia animal. *Agrop. Cient. no semiárido*, v.8, p.6-10, 2012.
- 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. *Rev. Bras. Zootec.* 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. *Rev. Bras. Zootec.*, v. 34, p. 2064-2073, 2005.
- Stewart, M., Stafford, K.J., Dowling, S.K., Schaefer, A.L., Webster, J.R. Eye temperature and heart rate variability of calves disbudded with or without local anaesthetic. *Physiol. Behav.*, v.93, n.1, p. 789-797, 2008.
- Suk, Y. O. Washburn, K.W. Effects of environment on growth, efficiency of utilization, carcass fatness, and their association. *Poult. Sci.*, v.74 n.2, p. 285-296, 1995.
- Sverdlova, N. S.; Lambertz, M.; Witzel, U.; Perry, S. F. Boundary Conditions for Heat Transfer and Evaporative Cooling in the Trachea and Air Sac System of the Domestic Fowl: A Two-Dimensional CFD Analysis. *PLoS ONE* v.7, n.9, p.1-9 2012.

- Teeter, R.G.; Belay, T. Broiler management during acute heat stress. *Anim. Feed Sci. and Technol.*, v.58, n.3, p.127-142, 1996.
- Temim, S. A.; Chagneau, M.; Guillaumin, S.; Mitchel, J.; Peresson, R.; Tesseraud, S. Does excess dietary protein improve growth performance and carcass characteristics in heat exposed chickens. *Poult. Sci.*, v.79, n.5, p. 312-317, 2000.
- Thaxton, J. P.; Dozier, W. A.; Branton, S. L.; Morgan, G. W.; Miles, D. W.; Roush, W.; Lott, B. B. D.; Vizzier-Thaxton, Y. Stocking density and physiological adaptive responses of broilers. *Poult. Sci.*, v.85, n.5, p.819–824, 2006.
- Tinôco, I. F. F.; Figueiredo, J. L. A.; Santos, R. C.; Silva, J. da, Pugliesi, N. L. Placas porosas utilizadas sistemas de resfriamento evaporativo. *Rev. Eng. na Agric.*, v.12, p.17-23, 2004.
- Tufarelli, V.; Dario, M.; Laudadio, V. Effect of xylanase supplementation and particle-size on performance of guinea fowl broilers fed wheatbased diets. *Int. J. Poult. Sci.*, v.6, n.1, p.302–307, 2007.
- Turnpenny, J.R.; Wathes, C.M.; Clark, J.A.; McArthur, A.J. Thermal balance of livestock 2. Applications of a parsimonious model. *Agric. and Forest. Meteorol.*, v. 101, n.1, p.29 - 52, 2000.
- UBABEF – União Brasileira de Avicultura. Relatório Anual 2016.
- 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. *Rev. Med. Ve.*, v.12, n.164, p.546-554, 2013.
- Vale, M. M.; Moura, D. J.; Nääs, I. A.; Oliveira, S. R.; Rodrigues, I. Ha. Data 12 mining to estimate broiler mortality when exposed to heat wave. *Sci. Agri.*, n.13,v.65, p.223-229, 2008.
- Vale, M. M.; Moura, D.J.; Nääs, I.A.; Pereira, D.F. Characterization of heat waves affecting mortality rates of broilers between 29 days and market age. *Braz. J. Poul. Sci.*, v.12, n.4, p.279-285, 2010.
- van Stralen, K.J., Jager, K.J., Zoccali, C., Dekker, F.W. Agreement between methods. *Kidney Int.*, n.74, n.1, p.1116-1120, 2008.

- Veríssimo, C. J.; Titto, C. G.; Katiki, L. M.; Bueno, M. S.; Cunha, E. A.; Mourão, G. B.; Otsuk, I.; Pereira, A. M. F.; Nogueira F.; Machado, C.; Titto, E. A. L. Tolerância ao calor em ovelhas Santa Inês de pelagem clara e escura. *Ver. Bras. de Saúde e Prod. Anim.*, v.10, n.1, p.159-167, 2009.
- Wolf, B. O.; Walsberg, G. E. The Role of the Plumage in Heat Transfer Processes of Birds. *Integr. Comp. Biol.*, v.40, n.4, p.575–584, 2015.
- Yahav, S.; McMurtry, J. P. Aquisição de termotolerância em frangos de corte por condicionamento de temperatura no início da vida - o efeito do tempo e da temperatura ambiente, *Poult. Sci.*, v.80, n.1, p.1662 – 1666, 2001.
- Yahav, S. Alleviating heat stress in domestic fowl: different strategies. *Worlds Poult. Sci. J.*, v.65, p. 719-732, 2009.
- Yahav, S., S. Goldfeld, I. Plavnik, and S. Hurwitz. Physiological responses of chickens and turkeys to relative humidity during exposure to high ambient temperature. *J. Therm. Biol.* v.20, n.1, p.245–253, 1995.
- 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. *Poult. Sci.*, v.83, n.2, p.253-258, 2004.
- Yamak E. U. A.; Sarica, M.; Boz, M. A.; Ucar, A. Efeito do sistema de produção (celeiro e caipira), idade e gênero de abate sobre características de carcaça e qualidade da carne de perdizes (*Alectoris chukar*). *Poult. Sci.*, v.57, n.2 p.185 – 192, 2016.
- Zaglool, A. W.; Roushdy, E. M.; El-Tarabany, M. S Impact of strain and duration of thermal stress on carcass yield, metabolic hormones, immunological indices and the expression of HSP90 and Myogenin genes in broilers. *Res. Vet. Sci.*, v.122, n.1, p.193-199, 2019.
- Zeferino, C. P. Resposta fisiológica, qualidade da carne e expressão gênica no músculo esquelético de frangos de corte sob estresse por calor que receberam antioxidantes na dieta. Botucatu, Universidade Estadual Paulista, 2013. 113p. Tese (Doutorado).

Zhang, Z. Y.; Jia, G.Q.; Zuo, J. J.; Zhang, Y.; Lei, J.; Ren, L.; Feng, D. Y. Effects of constant and cyclic heat stress on muscle metabolism and meat quality of broiler breast fillet and thigh meat. *Poult. Sci.*, v.91, n.11, p.2931-2937 2012.

Zhao, J. P.; Jiao, H. C.; Jiang, Y. B.; Song, Z. G.; Wang, X. J.; Lin, H. Cool perches improve the growth performance and welfare status of broiler chickens reared at different stocking densities and high temperatures. *Poult. Sci.*, n.8, v.92, n. p.1962-1971, 2013.