
TERMOGRAFIA E AMBIÊNCIA DE GALPÕES AVÍCOLAS DE POSTURA COM DIFERENTE MATERIAL DE COBERTURA NA REGIÃO DO VALE DO SUBMÉDIO SÃO FRANCISCO

MACHADO, Neiton Silva¹
MARTINS, Ítalo Vandson Alves²
LOPES, Poliana Moreira²
SILVA, Kátia Araújo da²
RODRIGUES, Marcos Sales²
MOGAMI, Cristina Akemi³

Recebido em: 2022.02.24

Aprovado em: 2022.11.28

ISSUE DOI: 10.3738/21751463.4007

RESUMO: A avicultura tem se expandido para regiões com condições climáticas adversas tais como a região semiárida do nordeste brasileiro. Objetivou-se com este trabalho: 1) avaliar o ambiente termo acústico de dois galpões avícolas de postura, com diferente material de cobertura, por meio das variáveis: temperatura mínima, média, mediana e máxima da superfície interna das coberturas; nível de ruído instantâneo; temperatura, umidade relativa e velocidade média do ar; ITE – Índice de temperatura equivalente; 2) verificar a qualidade da água de bebida dos animais, por meio das variáveis: temperatura e condutividade elétrica; e 3) estimar as perdas de calor sensível dos animais. Os galpões comerciais avaliados foram construídos idênticos, no modelo californiano, com pórticos de estrutura metálica e equipados com ventiladores e sistema de nebulização interna. Os equipamentos, digitais portáteis, utilizados na coleta dos dados foram: câmera foto térmica, anemômetro, termo-higrômetro, decibelímetro e condutivímetro. A coleta dos dados foi realizada no período vespertino em sete pontos distintos ao longo do comprimento dos galpões. A velocidade do ar, temperatura mínima, média e mediana da superfície interna das telhas apresentaram diferença significativa entre os tratamentos (galpões). Ademais, todas as temperaturas da superfície interna das telhas da cobertura de aço galvanizado apresentaram diferença significativa entre a face voltada para o sul e a face voltada para o norte. As demais variáveis não apresentaram diferença significativa.

Palavras-chave: Condutividade elétrica. Conforto térmico. Ruído. Qualidade da água.

THERMOGRAPHY AND AMBIENCE OF LAYING POULTRY SHEDS WITH DIFFERENT ROOFING MATERIAL IN THE REGION OF THE SUB-MIDDLE SÃO FRANCISCO VALLEY

SUMMARY: Poultry farming has expanded to regions with adverse weather conditions such as the semiarid region of northeastern region of Brazil. The objective of this study was: 1) to evaluate the thermo-acoustic environment of two laying poultry sheds, with different covering material, measuring the variables: minimum, average, median and maximum temperature of the internal surface of the coverings; instantaneous noise level; temperature, relative humidity and average air speed; ETI – Equivalent temperature index; 2) to analyze the quality of the animals' drinking water, measuring the variables: temperature and electrical conductivity; and 3) to estimate the sensible heat losses of the animals. The commercial warehouses evaluated were built identically, in the Californian model, with metal frame porches and equipped with fans and an internal misting system. The portable digital equipment used in data collection were: photothermal camera, anemometer, thermo-hygrometer, decibel meter and conductivity meter. Data collection was carried out in the afternoon at seven different points along the length of the sheds. The air velocity, minimum, average and median temperature of the internal surface of the tiles showed a significant difference between treatments (sheds). Furthermore, all the temperatures of the internal surface of the galvanized steel roof tiles showed a significant difference between the south-facing face and the north-facing face. The other variables showed no significant difference.

Keywords: Electrical conductivity. Thermal comfort. Noise. Water quality.

¹ ORCID- ID <https://orcid.org/0000-0001-6049-2279> Universidade Federal do Vale do São Francisco/Campus de Ciências Agrárias/Colegiado de Engenharia Agrônômica

² Universidade Federal do Vale do São Francisco/Campus de Ciências Agrárias/Colegiado de Engenharia Agrônômica

³ Instituto Federal do Sertão Pernambucano/Campus zona rural

INTRODUÇÃO

A avicultura de postura tem se expandido cada vez mais para regiões com condições climáticas adversas. Dentre estas regiões consideradas inaptas para tal atividade, destaca-se o semiárido nordestino e conseqüentemente a região do vale do submédio São Francisco que apresenta baixo índice pluviométrico e pouca produção agrícola de grãos. Os principais fatores que fundamentaram a evolução e, conseqüentemente, o desenvolvimento da avicultura nacional, é a integração dos diversos elos da cadeia de produção, formando, portanto, um complexo agroindustrial altamente interligado que permite o planejamento da atividade e a diminuição dos custos de produção (VOGADO *et al.*, 2016). Embora, o desafio térmico causado pelas altas temperaturas é uma barreira para a produção eficiente de aves (SOUZA JR., 2019). Dessa forma, o conhecimento das variáveis climáticas, sua interação com os animais e as respostas comportamentais, fisiológicas e produtivas são preponderantes na adequação do sistema de produção aos objetivos da atividade (NEIVA *et al.*, 2004).

A umidade relativa e a temperatura do ar de países com climas tropicais exercem interferência direta no desenvolvimento, na reprodução e na produção animal. Essa é uma característica bastante notória no setor de produção avícola, já que as aves apresentam uma forte característica de trocar calor com o ambiente, sendo bastante influenciadas pelas temperaturas altas apresentadas em instalações. Com isso, galpões que não são isolados termicamente estão sujeitos a variações expressivas de temperatura e umidade, podendo elevar o índice de mortalidade das aves (NÄÄS *et al.*, 1995). Em locais com temperaturas elevadas e intensa radiação solar, como na região Nordeste, o material utilizado na construção de telhados de aviários deve permitir bom isolamento térmico para que a temperatura interna seja menos influenciável à variação climática e proporcione maior conforto térmico para as aves (ABREU *et al.*, 2007).

Dentre as atuais tecnologias disponíveis para avaliar as condições térmicas de alojamento e sua influência sobre o bem-estar dos animais, encontra-se a termografia infravermelha (EDDY *et al.*, 2001), sendo utilizada em estudos para se obter as respostas térmicas em diversas espécies (PHILLIPS; HEATH, 2001; FERREIRA *et al.*, 2011). Essa tecnologia tem sido utilizada de forma eficiente para monitorar a atividade metabólica de animais por meio da temperatura superficial, avaliando o fluxo de calor de forma quantitativa e qualitativa (EDDY *et al.*, 2001), tendo como vantagem o fato de ser uma ferramenta não-invasiva, não destrutiva e não envolve exposição à radiação (VAN HOOOGMOED; SNYDER, 2002). Essa tecnologia tem apresentado resultados promissores na avaliação de ambientes de produção de aves como nos encontrados nos

estudos de Nääs *et al.*, (2010) e Weimer *et al.* (2020) para frangos e Moe *et al.* (2018) e Candido *et al.* (2020) em estudo com perus.

A ambiência é a soma de fatores físicos e biológicos organizados em vista ao atendimento das necessidades do indivíduo, com a organização de espaço arquitetônico e psicológico, com intenção de resposta no desempenho animal determinada em diferentes categorias de ambientes.

Segundo Tietboehl Filho (2003) o ruído em instalações avícolas de produção de ovos pode ter origem dos ventiladores, deslocamento de carrinhos, cacarejar das aves e de correias transportadoras. Esses ruídos ao longo da carreira do funcionário podem causar danos permanentes à audição. Além de que, a Norma Regulamentar (NR15, 1978) afirma que existem limites de exposição ao ruído que devem ser respeitados para garantir a integridade física do funcionário.

Segundo Santana *et al.* (2017), aves submetidas ao excesso de calor, diminuem o consumo de ração e elevam a ingestão de água, diminuindo a produção de calor interno e resfriando o corpo pela diferença de temperatura entre a água e o núcleo corporal das aves. Entretanto, o consumo de água reduz com a elevação da temperatura da mesma, se a temperatura da água ultrapassar a temperatura ambiente os animais deixam de ingeri-la. A União Brasileira de Avicultura (UBA, 2008) recomenda que a água de bebida fornecida aos animais deve estar com temperatura de 20 °C. Ademais, segundo Viola *et al.* (2011) outra característica que deve ser observada é a concentração de sais, pois o aumento da concentração de sais na água de bebida dos animais resulta em aumento do consumo de água. Esses animais têm a capacidade de se adaptar quando submetidos à água de qualidade inapropriada. Águas salinas podem acarretar em aumento de umidade nas fezes, redução ou rejeição do consumo, aumento de mortalidade e redução de desempenho.

Dessa forma, objetivou-se com este trabalho: 1) Caracterizar o ambiente térmico acústico de dois galpões de postura, com diferente material de cobertura, por meio da avaliação das variáveis: temperatura mínima, média e máxima da superfície interna das telhas, nível de ruído, temperatura média do ar, umidade relativa média do ar, velocidade média do ar e ITE – Índice de temperatura equivalente; 2) Verificar a qualidade da água de bebida dos animais, por meio das variáveis: temperatura e condutividade elétrica; 3) Estimar as perdas de calor sensível por meio das equações da convecção e radiação.

MATERIAL E MÉTODO

Localização e descrição da área experimental

A coleta dos dados foi realizada na granja Santana localizada próxima ao distrito de Santana do Sobrado, município de Casa Nova, Bahia, e as análises dos dados foram efetuadas no

laboratório de Construções Rurais e Ambiente da Universidade Federal do Vale do São Francisco - UNIVASF. Os galpões de postura da propriedade foram construídos no modelo californiano, em pórtico de estrutura metálica com 150,0m de comprimento, 4,0m de largura, 3,5m de pé direito e beiral de 1,0m (Figura 1). Foram avaliados dois galpões de postura, equipados com ventiladores e sistema de nebulização interna, iguais em todos os aspectos construtivos, exceto o material de cobertura: telha cerâmica colonial (TCC) e telha de aço galvanizado (TAG).

Figura 1: Imagens panorâmicas dos galpões avaliados: A) Imagem interna do galpão com telha cerâmica colonial (TCC); B) Imagem interna do galpão com telha de aço galvanizado (TAG); C) Imagem de satélite dos galpões de postura da granja Santana.



Fonte: Imagem C Google Earth.

Coleta dos dados experimentais

As variáveis climáticas (temperatura, umidade relativa e velocidade do ar,) e nível de ruído foram coletadas em sete pontos (repetições) distintos e equidistantes ao longo dos galpões. Já as variáveis temperaturas da água de bebida, condutividade elétrica da água de bebida, temperatura da superfície inferior do telhado e temperatura da superfície das aves foram coletadas nos mesmos sete pontos, entretanto amostrou-se lado direito e lado esquerdo do galpão, ou seja, a face voltada para o norte e a face voltada para o sul.

O índice de temperatura equivalente - ITE foi calculado conforme proposto por Baêta (1985) apud (BAÊTA; SOUZA,2010) equação1. Este índice foi desenvolvido para temperaturas do ar entre 16 e 41 °C, umidade relativa entre 40 e 90% e velocidade do ar entre 0,5 e 6,5 m s⁻¹ limites estes os quais possibilitou à aplicação deste índice a condição estudada neste trabalho.

$$: 27,88 - 0,456.T + 0,010754.T^2 - 0,4905.UR + 0,00088.UR^2 + 1,1507.V - \quad (\text{Equação 1}) \\ 0,126447.V^2 + 0,019876.T.UR - 0,046313.V$$

Em que:

T = Temperatura do ar (°C);

UR = Umidade Relativa (%);

V = Velocidade do ar (m s⁻¹).

Os equipamentos, digitais portáteis, utilizados na coleta dos dados foram: 1) câmera foto térmica marca Flir® modelo T420; 2) anemômetro marca Politerm, modelo AN-3090; 3) termo-higrômetro marca Politerm, modelo POL-31D; 4) decibelímetro marca Homis modelo 913 configurado dBA resposta lenta escala 50 a 100; e 5) condutivímetro marca Lucadema, modelo Luca 150P.

Determinação das temperaturas da superfície interna das coberturas dos galpões e dasuperfície das aves – termografia de infravermelho

Para fotografar a superfície inferior do telhado a câmera foto térmica foi posicionada a 1,5 m de distância da cobertura e para fotografar as galinhas dentro das gaiolas a 1,0 m. Em ambas as situações, o equipamento foi posicionado perpendicular ao alvo fotografado.

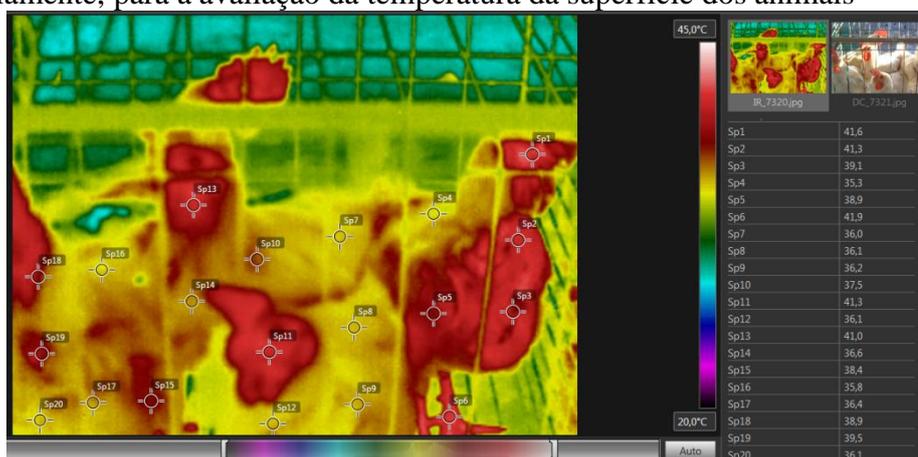
As imagens RGB e Infravermelho foram obtidas com resolução de 240x320 pixels. Para o processamento das imagens infravermelho da superfície inferior das coberturas dos galpões utilizou-se o software FlirTools 4.1 para abrir o arquivo das imagens e em seguida exporta-las para uma planilha eletrônica em formato de matriz. Este procedimento foi necessário para obter o valor numérico de cada pixel. Em seguida converteu a matriz de 240 linhas e 320 colunas em uma matriz com 76800 linhas e uma coluna. Após a conversão dos valores dos pixels das imagens em matriz coluna aplicou-se um filtro para eliminar os valores de temperatura menor que a temperatura do ambiente interno dos galpões. A partir desta etapa, geraram-se os histogramas dos valores numéricos das imagens com 10 classes de temperatura e obtiveram-se os valores médios das temperaturas (mínima, máxima, média e mediana) da superfície inferior das coberturas dos galpões tanto para o lado direito quanto para o lado esquerdo da edificação.

Adotou-se a emissividade total da cobertura de telha cerâmica colonial similar à de um solo seco (0,92) e das telhas de aço similar à folha de ferro e aço com camada de óxido brilhante

(0,82). Estes valores de emissividade foram encontrados nos trabalhos de Wolfe e Zissis (1993); Bramson (1968) e no manual do usuário do equipamento (2014).

A metodologia de processamento das imagens infravermelho para obter a temperatura média da superfície das galinhas foi diferente da anterior, pois as imagens apresentaram diversas particularidades tais como: espaços desprovidos de animais, material diferente na mesma imagem (animal, gaiola, comedouro, bebedouro, solo). Para minimizar estes inconvenientes escolheu-se, manualmente, 20 pontos aleatórios em cada imagem, posicionados sobre cabeça, pescoço e tronco dos animais utilizando-se o software FlirTools 4.1 conforme figura 2. A emissividade neste caso foi considerada 0,95 conforme recomendado por diversos autores (TAO e XIN, 2003; CANGAR *et al.*, 2008; NÄÄS *et al.*, 2010; NASCIMENTO *et al.*, 2011; ALVES, 2012; SOUZA JR., 2013; NASCIMENTO *et al.*, 2012; ÁVALO, 2014; NASCIMENTO *et al.*, 2014; CAMERINI *et al.*, 2016).

Figura 2 Imagem infravermelha das aves dentro da gaiola e os respectivos pontos escolhidos, aleatoriamente, para a avaliação da temperatura da superfície dos animais



Fonte:

A temperatura ambiente e a umidade relativa utilizadas na configuração do software FlirTools 4.1 foram os valores médios encontrados dentro de cada galpão (Tabela 2) para ambas as metodologias adotadas para o processamento das imagens.

As variáveis climáticas externas (temperatura do ar, umidade relativa do ar, radiação global, velocidade do vento e direção do vento), para efeito de comparação, foram coletadas na estação meteorológica do INEMET localizada no *Campus* Ciências Agrárias da UNIVASF nas coordenadas geográficas – latitude: 09°19'29"S, longitude: 40°33'35"W, altitude: 392m.

Determinação do calor sensível trocado entre animal e ambiente

As perdas de calor sensível dos animais para o ambiente por radiação (QR) e por convecção (QC), do lado direito e esquerdo dos dois aviários, foram calculadas utilizando-se o

conjunto de equações, proposto por Yahav *et al.* (2004) e Brecht *et al.* (2005), equações 2,3,4 e 5 de acordo com a metodologia proposta por Nascimento *et al.* (2014).

$$QR = \varepsilon \cdot \sigma \cdot A \cdot (T_s^4 - T_{ar}^4) \quad \text{Equação 2}$$

$$QC = h \cdot A \cdot (T_s - T_{ar}) \quad \text{Equação 3}$$

$$QT = QR + QC \quad \text{Equação 4}$$

$$h = 0,336 \cdot 4,184 \cdot \left(1,46 + \sqrt{(V_{ar} \cdot 100)}\right) \quad \text{Equação 5}$$

Em que:

QT = Calor total, (W m⁻²);

ε = Emissividade = 0,95

σ = Constante de Stefan-Boltzman = 5,6691 × 10⁻⁸;

A = Área da superfície da ave, (m²);

T_s = Temperatura da superfície da ave, (°C);

T_{ar} = Temperatura do ar, (°C);

V_{ar} = Velocidade do ar, (m s⁻¹);

h = Coeficiente de convecção, (W (m²K)⁻¹);

A área superficial das aves (A_s) foi estimada por meio da equação 6, proposta por Silva *et al.* (2009):

$$A_s = 3,86 \cdot M_c^{0,74} \quad \text{Equação 6}$$

Em que:

M_c = Massa corporal média das aves (g);

A_s = Área superficial das aves (cm²)

A massa corporal média das aves (1550g) foi obtida a partir da pesagem de 10 aves por ponto amostral, totalizando 140 aves por aviário.

A perda de calor sensível das aves para o ambiente por condução não foi quantificado porque a área de contato da ave com a gaiola (pés) foi considerada pequena, ou seja, insignificante para este trabalho. Desta forma, a quantidade de calor perdido pelas aves por condução, para a gaiola, foi considerada irrelevante quando comparado com as demais formas de perda de calor sensível. As perdas de calor latente dos animais para o ambiente também não foram quantificadas neste trabalho por limitações técnicas.

Análise estatística

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado - DIC com dois tratamentos (galpões) e sete repetições (posições). Verificou-se a normalidade dos dados e a homogeneidade da variância, em seguida aplicou-se o teste t de Student a 5% de probabilidade para comparar as

médias das variáveis que apresentaram distribuição normal. Para as variáveis que não apresentaram igualdade de variância, aplicou-se o teste não paramétrico de Mann-Whitney a 5 % de probabilidade.

RESULTADO E DISCUSSÃO

As variáveis: temperatura do ar, umidade relativa do ar e nível de ruído não apresentaram diferença significativa a 5% de probabilidade pelo teste t de Student entre os galpões com cobertura de telha cerâmica colonial (TCC) e telha de aço galvanizado (TAG). Embora as temperaturas internas dos galpões não tenham apresentado diferença significativa entre os tratamentos TCC e TAG, os valores médios observados foram altos 32,89 e 34,03, respectivamente. Este fato contribui para o desconforto térmico das aves, além do mais, a faixa de temperatura recomendada pelo protocolo de bem estar para aves poedeiras no nível das aves é de 32 a 35°C para a 1ª semana (com ajustes para temperaturas menores nas semanas subsequentes) e 20 a 27°C para as demais e umidade relativa entre 40 a 65% (UBA, 2008).

O nível de ruído instantâneo registrado dentro das instalações não é considerado preocupante, pois 75 dB encontrado em ambos os galpões é inferior ao limite estipulado pela NR15 como referência para trabalhos sem proteção auricular por um período de oito horas de exposição contínua.

A velocidade do ar apresentou diferença significativa entre os galpões TCC e TAG. Isto pode ser explicado pelas altas temperaturas da superfície interna das coberturas (Tabela 2), ou seja, o galpão TAG possui uma superfície irradiante de maior temperatura sobre os animais. Desta forma, fez com que o sistema de ventilação ficasse acionado constantemente. Gomes (1990) afirma que coeficientes de variação acima de 30 para experimentos agrícolas de campo são considerados altos. Neste caso, a velocidade do ar que apresentou CV de 59,4 e 47,0 para os galpões TCC e TAG, respectivamente, se enquadram nesta categoria. Entretanto, isto não prejudicou a análise do conforto térmico animal, pois, o mesmo foi avaliado pelo índice de temperatura equivalente – ITE que não apresentou diferença estatística entre os tratamentos. Ademais, quando se observam os intervalos de ITE propostos por Baêta (1985) de segurança (21,6 a 28,3), de advertência (28,3 a 34,9), de perigo (34,9 a 41,5) e de extremo perigo (41,5 a 48,0) para velocidades do ar de 2, 0 m s⁻¹, valor este de velocidade próximo à encontrada no galpão TAG (1,9 m s⁻¹), podemos inferir que as instalações se encontram em uma situação de advertência quanto ao conforto térmico animal. Entretanto, Santos *et al.* (2019) avaliando os efeitos de diferentes condições ambientais sobre o desempenho produtivo e as temperaturas superficiais de codornas japonesas (*Coturnixcoturnixjaponica*) durante a fase inicial de postura,

observaram que houve aumento da produção de ovos e do consumo de ração com a intensificação da velocidade do ar no comedouro, independente da temperatura ambiente.

Tabela 1 Nível de ruído, variáveis climáticas e índice de temperatura equivalente

Variáveis	Tipo de cobertura	Média ± erro padrão	CV
Nível de ruído (dB)	TCC	75,0a± 0,6	2,0
	TAG	75,6a± 1,2	4,2
Temperatura do ar (°C)	TCC	32,9a± 0,4	2,8
	TAG	34,0a± 0,6	4,4
Umidade Relativa do ar (%)	TCC	43,1a± 0,7	4,5
	TAG	40,8a± 0,9	6,0
Velocidade do ar (m s ⁻¹)	TCC	1,0a± 0,2	59,4
	TAG	1,9b± 0,3	47,0
	TCC	32,6a± 0,2	1,6
ITE - Índice de temperatura equivalente	TAG	32,4a± 0,4	2,9
	Externo	27,2	-
Temperatura do ar externo (°C)	-	26,9	-
Umidade Relativa do ar externo (%)	-	54,6	-
Velocidade do vento externo (m s ⁻¹)	-	2,7	-
Direção do vento externo (grau)	-	98,6	-
Radiação global (MJ/m ² /dia)	-	26,9	-

Em que: TCC = Telha cerâmica colonial; TAG = Telha de aço; CV = Coeficiente de Variação.

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não apresenta diferença estatística significativa pelo teste t de Student a 5 % de probabilidade.

As temperaturas médias da superfície inferior das coberturas TCC e TAG apresentaram diferença significativa entre galpões, ou seja, a temperatura média do TAG foi superior à temperatura média do TCC (Tabela 3). Ademais, quando se compara os lados dos galpões, todas as temperaturas (mínima, média, mediana e máxima) do TAG apresentam diferenças significativas entre os lados direito e esquerdo, ou seja, a face da cobertura voltada para o sul é mais quente. Este fato pode ser explicado devido à declinação solar máxima no verão (movimento aparente do sol) promover maior incidência de radiação solar na superfície superior do telhado voltada para o sul na latitude onde os galpões estão instalados.

A Figura 2 exemplifica as imagens RGB e termal das coberturas TCC e TAG estudadas neste trabalho e seus respectivos histogramas com dez classes de temperatura. Observa-se que ao avaliar a imagem infravermelha isoladamente no software Flir® esta não permite estimar quantitativamente o número de pontos com temperatura acima de um determinado valor

conforme o histograma da respectiva imagem feito a partir da matriz coluna de 76800 linhas permite obter. Demonstrando assim a importância de se fazer um histograma quando se trabalha com imagens para verificar o comportamento dos dados.

A temperatura máxima da superfície inferior das coberturas apresentou diferença significativa somente quando se compara os lados direito e esquerdo no tratamento TAG. Este comportamento foi similar ao observado nos valores médios. Pode-se melhor compreender isto por meio dos histogramas ilustrativos da imagem do sétimo ponto do lado direito dos galpões (Figura 2). A cobertura TAG apresenta a maior parte da superfície com temperatura entre 39 e 40°C, ou seja, aproximadamente 40.000 pontos (52%) de um total de 76.800 pontos (Pixels) da imagem. Enquanto que a cobertura TCC apresenta a sua maior parte entre 36 e 37 °C, respectivamente. Ressaltando assim a importância de uma análise mais detalhada dos dados das imagens infravermelha ao simples fato de discutir somente em termos do valor máximo de temperatura oferecida pelo software Flir®.

Figura 2 Imagens frontais dos telhados avaliados e seus respectivos histogramas: A) Imagem termal e RGB do galpão com telha cerâmica colonial; B) Imagem termal e RGB do galpão com telha de aço; C) Histograma da imagem termal do galpão com telha cerâmica colonial; D) Histograma da imagem termal do galpão com telha de aço

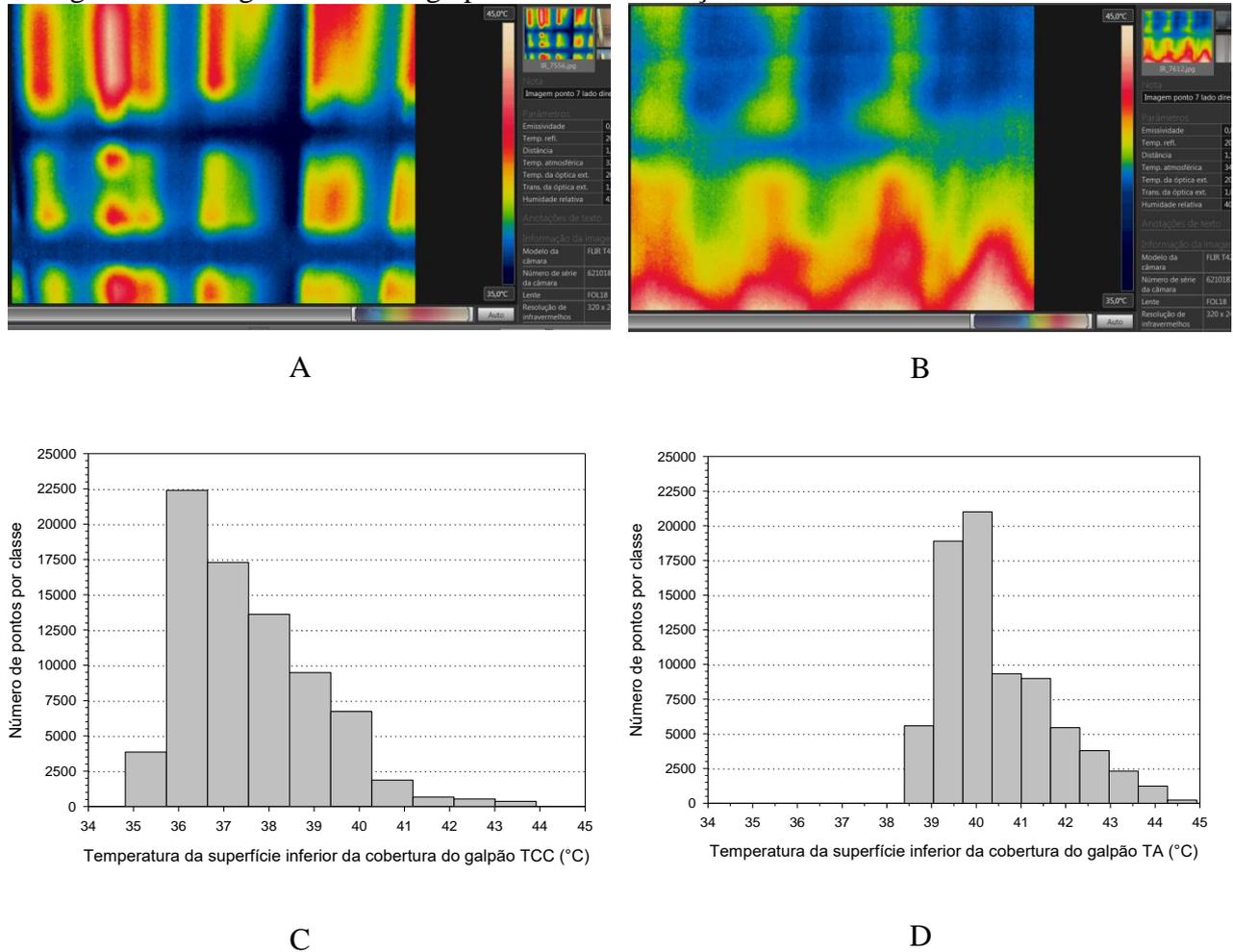


Tabela 2 Temperaturas infravermelhas das superfícies internas das coberturas dos galpões

Temperaturas médias de todas as imagens (°C)	Tipo de cobertura	Lado esquerdo da cobertura do galpão		Lado direito da cobertura do galpão	
		Média ± erro padrão	CV	Média ± erro padrão	CV
Mínima	TCC	*34,0Aa ± 0,01	0,04	*36,4Ba ± 0,33	2,39
	TAG	*37,8Ab ± 0,55	3,87	39,7Bb ± 0,45	3,00
Máxima	TCC	44,3Aa ± 0,81	4,85	45,4Aa ± 0,47	2,71
	TAG	43,4Aa ± 1,01	6,18	46,2Ba ± 0,39	2,22
Média	TCC	37,9Aa ± 0,41	2,88	39,2Aa ± 0,42	2,86
	TAG	40,2Ab ± 0,70	4,59	42,3Bb ± 0,45	2,82
Mediana	TCC	37,5Aa ± 0,37	2,63	38,9Ba ± 0,47	3,19
	TAG	40,1Ab ± 0,68	4,48	42,1Bb ± 0,47	2,95

Em que: TCC = Telha cerâmica colonial; TAG = Telha de aço; CV = Coeficiente de Variação.

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste t de Student a 5 % de probabilidade. *Variáveis que não apresentaram igualdade de variância e aplicou-se o teste não paramétrico de Mann-Whitney a 5 % de probabilidade.

Quanto à temperatura mínima da superfície inferior das coberturas TCC e TAG, apresentou diferença significativa entre galpões e entre o lado direito e esquerdo. Este fato pode ser atribuído à alta resistência térmica das telhas cerâmicas e das madeiras utilizadas nos caibros e ripas dos galpões, pois estes materiais levam mais tempo para aumentarem a sua temperatura quando comparado com as chapas de aço constituinte da cobertura TAG.

A temperatura da água de bebida das aves não apresentou diferença estatística entre os galpões e nem entre os lados direito e esquerdo da instalação. Embora os valores observados (32,1 e 32,8°C) são considerados altos para temperatura de água de bebida para monogástricos conforme recomendado por Viola *et al.* (2011). Este fato pode ser explicado pelas temperaturas médias da água das caixas d'água (33,4 °C) para ambos os galões. Essa elevada temperatura da água da caixa é decorrente da localização da mesma no galpão, pois o reservatório foi instalado próximo do telhado que é uma superfície irradiante aquecida, e além de que, a água possui um elevado calor específico, ou seja, aquece durante todo o dia e demora a perder calor para o ambiente durante a noite, permanecendo assim quente a maior parte do tempo.

Tabela 3 Temperatura e condutividade elétrica da água de bebida dos animais do lado direito e esquerdo dos galpões

Variáveis	Tipo de cobertura	Lado esquerdo do galpão		Lado direito do galpão	
		Média ± erro padrão	CV	Média ± erro padrão	CV
Temperatura da água de bebida (°C)	TCC	32,1Aa ± 0,3	2,10	32,1Aa ± 0,3	2,31
	TAG	32,8Aa ± 0,3	2,62	32,5Aa ± 0,3	2,55
CE da água de bebida ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	TCC	105,6Aa ± 10,8	26,95	100,6Aa ± 7,0	18,48
	TAG	84,9Aa ± 3,3	10,18	92,0Aa ± 5,8	16,67
Temperatura da água da caixa (°C)	TCC		33,4		
	TAG		33,4		
CE da água da caixa ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	TCC		65,3		
	TAG		64,8		
CE da água do rio São Francisco em Petrolina-PE ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	-		0,07dS.m ⁻¹		
Fonte: (Holanda <i>et al.</i> , 2016)			67,0		

Em que: CE = Condutividade elétrica; TCC = Telha cerâmica colonial e TAG = Telha de aço; CV = Coeficiente de Variação.

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste t de Student a 5 % de probabilidade.

Os valores médios de condutividade elétrica da água de bebida dos bebedouros dos galpões não apresentaram diferença estatística. Entretanto, os valores foram superiores aos encontrados nas caixas d'água. Isto pode ser explicado pelo tempo de uso dos equipamentos e pelo acúmulo de resíduos de ração (saís) nos copos dos bebedouros automáticos tipo niple

instalados dentro das gaiolas. Este inconveniente reflete a necessidade de manutenção (limpeza) dos bebedouros para melhorar a qualidade da água de bebida destes animais alojados nesta instalação, pois, a água além de quente estava ligeiramente salina quando comparada com a água bruta do Rio São Francisco em Petrolina.

Tabela 4 Perda de calor por convecção, radiação e total pelos animais alojados nas gaiolas

Perda de calor sensível pelos animais ($W m^{-2}$)	Tipo de cobertura	Lado esquerdo do galpão		Lado direito do galpão		Total
		Média \pm erro padrão	CV	Média \pm erro padrão	CV	
		Convecção	TCC	8,7Aa \pm 0,5	14,6	
	TAG	7,2Aa \pm 1,2	42,6	7,5Aa \pm 1,0	34,2	14,7
Radiação	TCC	$3.10^{-3}Aa \pm 2.10^{-4}$	17,1	$3.10^{-3}Aa \pm 3.10^{-4}$	22,6	6.10^{-3}
	TAG	$3.10^{-3}Aa \pm 6.10^{-4}$	45,2	$3.10^{-3}Aa \pm 5.10^{-4}$	37,8	6.10^{-3}
Total	TCC	8,7Aa \pm 0,5	14,6	8,4 Aa \pm 0,7	21,1	-
	TAG	7,2Aa \pm 1,2	42,6	7,5 Aa \pm 1,0	34,2	-

Em que: TCC = Telha cerâmica colonial e TAG = Telha de aço; CV = Coeficiente de Variação.

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste t de Student a 5 % de probabilidade.

Mesmo as perdas de calor sensível apresentando-se maiores no galpão com TCC, não apresentaram diferença estatística significativa. Enquanto os valores obtidos para o galpão TAG apresentaram elevado coeficiente de variação. Isso pode ser explicado pela baixa resistência térmica que o aço galvanizado apresenta comparado à telha cerâmica colonial, sendo um telhado mais instável termicamente, apresentando maior facilidade de perder e ganhar calor.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conclui-se que as diferenças térmicas, médias, entre as duas coberturas- telha de aço galvanizado (TAG) e telha cerâmica colonial (TCC) - foram de 2,3 °C, do lado esquerdo, e de 3,1 °C, do lado direito dos galpões, sendo a mais aquecida a TAG. O Índice de Temperatura Equivalente (ITE) não apresentou diferença estatística entre os galpões, embora os valores de 32,6°C para TCC, e de 32,4°C para TAG demonstrem uma situação de advertência quanto ao conforto térmico animal em ambas as instalações. A água de bebida dos animais demonstrou sinais de salinidade e temperatura elevada em ambos os galpões. Os níveis de pressão sonora encontrados nas instalações avaliadas não apresentam riscos à integridade auditiva dos funcionários conforme os limites da NR15. Embora, numericamente, a perda de calor sensível

total no galpão com TCC ter sido superior a perda de calor no galpão TAG, esta diferença não foi significativa estatisticamente.

AGRADECIMENTOS

Ao Sr. José Dias, proprietário da granja, a prof^a Dra. Silva Helena Nogueira Turco pelo empréstimo de alguns equipamentos e as engenheiras agrônomas: Ana Cecília dos Santos Almeida, Gabriela Maria de Souza, Patrícia de Araujo Souza pela ajuda na coleta dos dados.

REFERÊNCIAS

ABREU, P.G.; ABREU, V. M. N.; COLDEBELLA, A.; JAENISCH, F. R. F.; PAIVA, D. P. Condições térmicas ambientais e desempenho de aves criadas em aviários com e sem o uso de forro. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 59, n. 4, p. 1014-1020, 2007. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-09352007000400030>

ALVES, F. M. S. **Calor metabólico de frangos de corte e poedeiras alimentados com diferentes fontes lipídicas**. 2012. 45f. Tese de Doutorado. Universidade Federal da Grande Dourados.

ÁVALO, H. **Estimativa do conforto térmico em aviário de frango de corte usando termografia infravermelha**. 2014. 45f. Tese de Doutorado. Universidade Federal da Grande Dourados.

BAÊTA, F.C. **Responses of lactating dairy cows to the combined effects of temperature, humidity and wind velocity in the warm season**. Ph.D thesis Missouri: University of Missouri – Columbia, 1985. 218p.

BAÊTA, F.C.; SOUZA, C.F. **Ambiência em Edificações Rurais: conforto animal**. 2. ed. Viçosa, MG: UFV, 2010. 269 p.

BRAMSON, M. A. **Infrared radiation: a handbook for applications, with a collection of reference tables**. Plenum, 1968. 635 p.

BRASIL, Ministério do Trabalho e Previdência **NR 15 – 1978**: Atividades e operações insalubres, anexo 1 - limites de tolerância para ruído contínuo ou intermitente e anexo 2 - limites de tolerância para ruídos de impacto. Disponível em: <<https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-br/composicao/orgaos-especificos/secretaria-de-trabalho/inspecao/seguranca-e-saude-no-trabalho/ctpp-nrs/norma-regulamentadora-no-15-nr-15>> Acesso em 23 de fevereiro de 2022

BRECHT, A. V.; HENS, H.; LEMAIRE, J.-L.; AERTS, J. M.; DEGRAEVE, P.; BERCKMANS, D. Environment, well-being, and behavior quantification of the heat exchange of chicken eggs. **Poultry Science** 84:353–361, 2004

CAMERINI, N. L.; SILVA, R. C.; NASCIMENTO, J. W. B.; OLIVEIRA, D. L.; SOUZA, B. B. Variação da temperatura superficial de aves poedeiras criadas em dois sistemas de criação utilizando termografia. **Agropecuária científica no Semiárido**, v. 12, n. 2, p.145-152, 2016. <http://dx.doi.org/10.30969/acsa.v12i2.665>

CÂNDIDO, M.G.L.; TINÔCO, I. F. F.; ALBINOL, L. F. T.; FREITAS, C. S. R.; SANTOS, T. C.; CECON, P. R.; GATES, R. S. Effects of heat stress on pullet cloacal and body temperature. **Poultry Science**, v. 99, n. 5, p. 2469-2477, 2020. <http://dx.doi.org/10.1016/j.psj.2019.11.062>

CANGAR, O.; AERTS, J.M.; BUYSE, J.; BERCKMANS, D. Quantification of the spatial distribution of surface temperatures of broilers. **Poultry Science**, v.87, p. 2493-2499, 2008. <http://dx.doi.org/10.3382/ps.2007-00326>

EDDY, A. L.; VAN HOOGMOED, L. M.; SNYDER, J. R. The role of thermography in the management of equine lameness. **The Veterinary Journal**, v. 162, n. 3, p. 172-181, 2001. <http://dx.doi.org/10.1053/tvjl.2001.0618>

FERREIRA, V.M.O.S.; FRANCISCO, N.S.; BELLONI, M.; AGUIRRE, G. M. Z.; CALDARA, F. R.; NÄÄS, I. A.; GARCIAI, R. G.; ALMEIDA PAZ, I. C. L.; POLYCARPO, G. V. Infrared thermography applied to the evaluation of metabolic heat loss of chicks fed with different energy densities. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v. 13, n. 2, p. 113-118, 2011. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-635X2011000200005>

GOMES, F.P. **Curso de estatística experimental**, v. 13, p. 18-41, 1990.

HOLANDA, J.S.; AMORIM, J.R.A.; FERREIRA NETO, M.; HOLANDA, A.C.; SÁ, F.V.S. **Qualidade da água para irrigação in Manejo da salinidade na agricultura: Estudo básico e aplicados** / 2.ed. Editores: Hans Raj Gheyi, Nildo da Silva Dias, Claudivan Feitosa de Lacerda, Enéas Gomes Filho. Fortaleza, INCTSal, 2016. 504p. il.; 28 cm. ISBN: 978-85-420-0948-4

MOE, R. O.; BOHLIN, J.; FLØ, A.; VASDAL, G.; ERLANDSEN, H.; GUNERIUSSEN, E.; SJÖKVIST, E. C.; STUBSJØEN, S. M. Effects of subclinical footpad dermatitis and emotional arousal on surface foot temperature recorded with infrared thermography in turkey toms (*Meleagris gallopavo*). **Poultry Science**, v. 97, n. 7, p. 2249-2257, 2018. <http://dx.doi.org/10.3382/ps/pey033>

MOE, R. O.; BOHLIN, J.; FLØ, A.; VASDAL, G.; ERLANDSEN, H.; GUNERIUSSEN, E.; SJÖKVIST, E. C.; STUBSJØEN, S. M. Effects of subclinical footpad dermatitis and emotional arousal on surface foot temperature recorded with infrared thermography in turkey toms (*Meleagris gallopavo*). **Poultry Science**, v. 97, n. 7, p. 2249-2257, 2018. <http://dx.doi.org/10.3382/ps/pey033>

NÄÄS, I. A.; MOURA, D. J.; LANGANÁ, C. A. A amplitude térmica e seu reflexo na produtividade de frangos de corte. **In: Conferência Apinco de Ciência e Tecnologia Avícolas**. p. 203-204, 1995.

NÄÄS, I. A.; ROMANINI, C. E. B.; NEVES, D. P.; NASCIMENTO, G. R.; VERCELLINO, R. A. Broiler surface temperature distribution of 42 day old chickens. **Scientia Agricola**, v. 67, n. 5, p. 497-502, 2010. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-90162010000500001>

NASCIMENTO, G. R.; NÄÄS, I. A.; BARACHO, M. S.; PEREIRA, D. F.; NEVES, D. P. Termografia infravermelho na estimativa de conforto térmico de frangos de corte. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 6, p. 658-663, 2014. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662014000600014>

NASCIMENTO, G. R.; NÄÄS, I. A.; PEREIRA, D. F.; BARACHO, M. S.; GARCIA, R. Assessment of broiler surface temperature variation When exposed to different air temperatures. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v. 13, n. 4, p. 259-263, 2011. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-635X2011000400007>

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. **International journal of biometeorology**, v. 58, n. 2, p. 195-201, 2014. <http://dx.doi.org/10.1007/s00484-013-0702-7>

NASCIMENTO, S. T.; SILVA, I. J. O.; MOURÃO, G. B.; CASTRO, A. C. Bands of respiratory rate and cloacal temperature for different broiler chicken strains. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 41, p. 1318-1324, 2012. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982012000500033>

NEIVA, J. N. M.; TEIXEIRA, M.; TURCOSÔNIA, H. N.; OLIVEIRA, M. P.; ALENCAR, A.; MOURA, A. N. Efeito do estresse climático sobre os parâmetros produtivos e fisiológicos de ovinos Santa Inês mantidos em confinamento na região litorânea do nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, n. 3, p. 668-678, 2004. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982004000300015>

PHILLIPS, P. K.; HEATH, J. E. An infrared thermographic study of surface temperature in the eutheric woodchuck (*Marmota monax*). **Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology**, v. 129, n. 2, p. 557-562, 2001. [http://dx.doi.org/10.1016/s1095-6433\(01\)00294-x](http://dx.doi.org/10.1016/s1095-6433(01)00294-x)

Protocolo de bem-estar para aves poedeiras. Brasília: (UBA) União Brasileira de Avicultura, 2008. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4314927/mod_folder/content/0/protocolo_de_bem_est_ar_para_aves_poedeiras_final_11_07_08.pdf?forcedownload=1#:~:text=O%20Protocolo%20de%20Bem%20de%20Destar,Ariel%20Mendes%20e%20pelas%20Dras.> Acesso em: 24 de Fevereiro 2022

SANTANA, M. H. M.; SARAIVA, E. P.; COSTA, E. G. P.; JALCEYR PESSOA FIGUEIREDO JR., J. P.; SANTANA, A. M. A.; ALVES, A. R. Ajuste dos níveis de energia e proteína e suas relações para galinhas poedeiras em diferentes condições térmicas. **Pubvet**, v. 12, p. 139, 2017. <https://doi.org/10.22256/pubvet.v12n1a20.1-12>

SANTOS, T. C.; GATES, R. S.; TINÔCO, I. F. F.; ZOLNIER, S.; ROCHA, K. S. O.; FREITAS, L. C. S. R. Productive performance and surface temperatures of Japanese quail exposed to different environment conditions at start of lay. **Poultry Science**, v. 98, n. 7, p. 2830-2839, 2019. <https://doi.org/10.3382/ps/pez068>

SILVA, E.; YANAGI JÚNIOR, T.; BRAGA JÚNIOR, 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., Jaboticabal*, v.29, n.1, p.1-7, jan./mar. 2009

SOUZA JR, J. B. F.; QUEIROZ, J. P. A. F.; DOMINGOS, H. G. T.; TORQUATO, J. L.; SÁ FILHO, G. F.; COSTA, L. L. M. Thermography evaluation of Japanese quails (*Coturnix coturnix japonica*). **JABB-Online Submission System**, v. 1, n. 2, p. 61-64, 2013. <https://doi.org/10.14269/2318-1265.v01n02a05>

SOUZA JR., J. B. F.; KARIMEL-SABROUT; ARRUDA, A. M. V.; COSTA, L. L. M. Estimating sensible heat loss in laying hens through thermal imaging. **Computers and Electronics in Agriculture**, v.166, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2019.105038>

TAO, X; XIN, H. Acute synergistic effects of air temperature, humidity, and velocity on homeostasis of market-size broilers. **Transactions of the ASAE**, v. 46, n. 2, p. 491, 2003. <https://doi.org/10.13031/2013.12971>

TIETBOEHL FILHO, C. N. As doenças respiratórias ocupacionais na indústria avícola. **In: 28 WORKSHOP SOBRE BEM-ESTAR E SALUBRIDADE DO TRABALHO NA ATIVIDADE 29 AVICOLA**, Campinas, São Paulo. Anais... Campinas: FACTA, p. 57-71, 2003.

VAN HOOGMOED, L. M.; SNYDER, J. R. Use of infrared thermography to detect injections and palmar digital neurectomy in horses. **The Veterinary Journal**, v. 164, n. 2, p. 129-141, 2002. <https://doi.org/10.1053/tvjl.2002.0719>

VIOLA, E. S.; VIOLA, T. H.; MELLO, G. J.; LIMA, M.; AVILA, V. S. Água na avicultura: importância, qualidade e exigências. **Embrapa 43 Suínos e Aves**, capítulo em livro científico, p. 89, 2011.

VOGADO, G. M. S.; VOGADO, K. T. S.; FONSECA, W. J. L.; FONSECA, W. L. VOGADO, W. F.; OLIVEIRA, A. M.; OLIVEIRA, N. M. LUZ, C. S. M. Evolução da avicultura brasileira. **Nucleus Animalium**, v.8, n.1, 2016. <https://doi.org/10.3738/21751463.1682>

WEIMER, S. L.; WIDEMAN, R. F.; SCANES, C. G.; MAUROMOUSTAKOS, A.; CHRISTENSEN, K. D.; VIZZIET-THAXTON, Y. Broiler stress responses to light intensity, flooring type, and leg weakness as assessed by heterophil-to-lymphocyte ratios, serum corticosterone, infrared thermography, and latency to lie. **Poultry Science**, v. 99, n. 7, p. 3301-3311, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2020.03.028>

WOLFE, W.L.; ZISSIS, G.J. **The Infrared Handbook**. 4^a ed., Editora Conroy Bookseller, 1993. 1700 p.

YAHAV, S.; STRASCHNOW, A.; LUGER, D.; SHINDER, D.; TANNY, J.; COHEN, S. Ventilation, sensible heat loss, broiler energy and water balance under harsh environmental conditions. **Poultry Science** 83:253–258, 2004