



AVALIAÇÃO TÉRMICA DE AVIÁRIOS COM PAINÉIS DE RESÍDUOS DA AGROINDÚSTRIA

Andréia Soares Gonçalves Glavina¹, Silvia Regina L. Souza², Pedro Augusto Gotardi³, Eneidy Allan Cordeiro⁴ & Arilson José de O. Júnior⁵

RESUMO: O Brasil se destaca como grande produtor mundial na avicultura, liderando como o maior exportador de carne de frango do mercado, sendo sete anos de liderança nas exportações. O bem-estar animal está intimamente ligado à produtividade e as condições de ambiência devem respeitar as normas estabelecidas para que haja maior rendimento de produção e ética para com as aves; é preciso utilizar estratégias para modificar o ambiente interno das instalações destinadas a criação de aves. Desta forma este trabalho teve por objetivo produzir painéis arquitetônicos para forro, utilizando resíduos provenientes da agroindústria (casca de arroz, fibra de coco e polipropileno) e que foram aplicados em um protótipo para os aviários. Para avaliação dos painéis produzidos foram realizados os ensaios de propriedades físico-mecânicos e térmicos, de acordo com a norma NBR 14810 (2013), e selecionado o tratamento com 50% polipropileno + 30% casca de arroz + 20% fibra de coco. Foi avaliado o desempenho dos painéis aplicados nos protótipos como galpões em escala reduzida, situados na Faculdade de Ciências Engenharia, UNESP (Tupã) onde o clima da região é tipo Cwa (Clima tropical de altitude) segundo a classificação de Köppen, estação seca bem definida durante o inverno. A avaliação destas instalações demonstraram que o uso do forro com o material proposto atingiu as faixas de termoneutralidade e de conforto térmico para aves com três semanas de vida em dois horários (12h e 16h), complementando com a análise termográfica, onde constatou valores médios superiores em 10,6°C para a instalação sem forro, comprovando o isolamento térmico para a instalação com forro.

PALAVRAS-CHAVE: Avicultura; Conforto térmico; Forro; Compósito.

SUMMARY: Brazil stands out as a big world producer of poultry, leading as the largest exporter of chicken meat on the market, with seven years of export leadership. Animal welfare is closely linked to productivity and environmental conditions must respect established standards for higher yields and ethics for poultry; it is necessary to use strategies to modify the internal environment of poultry farms. In this way, the objective of this work was to produce architectural panels for lining, using residues from the agroindustry (rice husk, coconut fiber and polypropylene) and applied in a prototype to the aviaries. For the evaluation of the produced panels, physical-mechanical and thermal properties tests were carried out according to NBR 14810 (2013), and the treatment with 50% polypropylene + 30% rice husk + 20% coconut fiber was selected. The performance of the panels applied in the prototypes as small scale sheds, located in the Faculty of Engineering Sciences, UNESP (Tupã), where the climate of the region is type TCA (Tropical Climate of altitude) according to the classification of Köppen, well defined dry season during the winter. The evaluation of these facilities showed that the use of the liner with the proposed material reached the thermoneutrality and thermal comfort ranges for birds with three weeks of life in two schedules (12h and 16h), complemented by thermographic analysis, where it found higher average values at 10.6 ° C for installation without lining, proving the thermal insulation for installation with lining.

KEYWORDS: Poultry; Thermal comfort; Lining; Composite.

1 INTRODUÇÃO

No Brasil, atualmente existem muitas informações sobre resfriamento e aquecimento de instalações, mas há carência sobre o sistema de acondicionamento térmico para construções arquitetônicas dessas instalações, segundo Cravo (2016) elas devem ser construídas para diminuir a influência dos elementos climáticos como insolação, temperatura e umidade do ar. O bem-estar animal é definido por Glatz e Rodda (2013) como a relação do animal a se adaptar aos padrões de criação, que inclui cuidados, boa habitação e nutrição, a fim de

assegurar bons índices nos sistemas produtivos. As características dos materiais construtivos utilizados em uma instalação influenciam na temperatura interna, absorção ou emissão de calor, e a cobertura é o elemento construtivo de maior influência no ambiente interno. Em algumas construções avícolas a cobertura não é suficiente para atingir os índices de conforto térmico adequado, sendo necessário o uso do forro. O objetivo deste trabalho foi produzir painéis compostos por resíduos provenientes da agroindústria e polipropileno, para aplicação como forro em instalação para aves e avaliação dos índices de conforto térmico deste ambiente.

1 2 3 4 5 E-mails: andreia Slavina@gmail.com ;
silvia.souza@fca.unesp.br; pedrogotardi007@gmail.com;
enedy_allan@yahoo.com.br ; arilsonjr@outlook.com

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Foram utilizados como materiais da fase dispersa a fibra de coco e a casca de arroz, como matriz polimérica foi utilizado o polipropileno virgem (PP); para a fase de extrusão entre a casca de arroz e o polipropileno foi funcionalizada com anidrido maleíco: Epolene G-3003 Wax, da empresa Eastman (agente de acoplamento), sendo os materiais conforme a Figura 1.



(a) (b) (c)

Figura 1 - a) Casca de arroz; b) Fibra de coco; c) Polipropileno.

Para a produção dos painéis foram realizadas as etapas de: coleta dos materiais; desde a secagem, mistura e extrusão foram realizadas no Laboratório RESIDUALL, Departamento de Bioprocessos (UNESP), Câmpus de Botucatu – SP. A prensagem dos painéis foi realizada na empresa privada Thermo Injet, localizada na cidade de Botucatu/ SP.

Os materiais foram extrudados a uma temperatura média de 145° a 160°, com entrada única para o polímero e a fibra; foi utilizado a extrusora KRUPP WERNER & PFLEIDERER, mod. ZSK-25, (extrusora dupla-rosaca, co-rotatória, com rotação de 100 rpm, alimentação manual). Após o material sair da extrusora, com aparência de macarrões, foram passados em um granulador SAGEC, mod. SG70 com a finalidade de moer e deixar em tamanho uniforme.

Foi realizado o ensaio piloto e definido a moldagem dos painéis com uma temperatura de 190°C, tempo de 15 minutos, pressão de 50 kgf/cm². O colchão foi encaminhado para a prensa hidráulica de laboratório OMECO com fechamento simples, aquecimento elétrico, ajuste independente da temperatura dos dois pratos (60x60 cm) e controle analógico da pressão aplicada.

Na Tabela 1 as siglas correspondem: T: Tratamento; PP: polipropileno; CA: casca de arroz; FB: fibra de coco e AG: aglutinante, para cada tratamento foram feitas 4 repetições, e a Tabela 1 representa em peso (gramas) os tratamentos.

Tabela 1 - Porcentagem dos tratamentos.

T	PP	CA	FC	AG
1	60%	30%	10%	2%
2	50%	35%	15%	2%
3	30%	45%	25%	2%
4	20%	50%	30%	2%

Para avaliação dos painéis produzidos foram realizados os ensaios de propriedades físico-mecânicas e térmicos, de acordo com as normas NBR 14810 (2013) e ANSI A208.1-2006. Foi selecionado o tratamento 50PP35CA15FC para confecção dos painéis e instalados no protótipo (Figura 2 e 3) de aviários para aferir a qualidade do ambiente, localizado na UNESP, câmpus de Tupã. Os protótipos foram nomeados em: Instalação 1: I1, com forro; e Instalação 1: I2, sem forro.



Figura 2 - Elevação frontal.



Figura 3 - Elevação lateral.

A Figura 4 apresenta um detalhe, em corte para mostrar a fixação do painel no galpão.

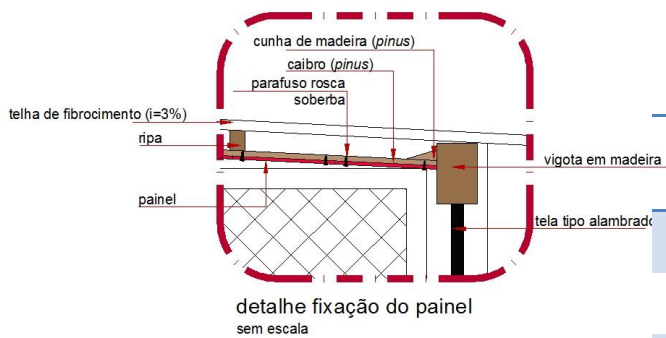


Figura 4 - Fixação do painel no galpão.

Foram utilizados equipamentos pertinentes à área de conforto em ambiência, como: Dataloggers HOBO- U12-012 (Onset) com canal externo para sensor de temperatura TMC 0- HD (Onset); para aferição da Temperatura de Globo Negro (Tgn) foi acoplado um termistor, através de um cabo de entrada externa, colocado dentro de uma esfera oca pintada externamente com tinta preta fosca; câmera termográfica Marca Testo, modelo 882: fornece imagem térmica do ambiente. Os termômetros e data loggers foram instalados na região central dos protótipos a uma altura de 0,30 cm do piso, pois o centro de gravidade das aves corresponde a essa altura (CRAVO, 2012), os dados foram registrados a cada 15 minutos. A leitura dos dados ambientais foi realizada durante os dias 30 e 31 de julho de 2017, estação de inverno.

Foram feitas análises por instrumentos de medição e tabelas comparativas. Para as variáveis dos índices térmicos foi utilizado delineamento em fatorial (2 x 4, sendo 2 protótipos e 4 horários de análise), para as médias dos tratamentos foi utilizado Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC) e adotada a análise de variância ANOVA, (p<0,05). O software utilizado para a interpretação dos dados foi o Minitab, versão 17.1.0. Utilizou-se o programa Orvalho para avaliar os índices de conforto ITU e ITGU considerando as aves na fase acima de três semanas de vida.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na Tabela 2 e 3 visualiza-se que existe efeito no tratamento. Essa diferença pode-se observar pelo método Tukey a 5% de probabilidade que as médias foram compartilhadas com agrupamentos aa/ab.

Tabela 2 - Variáveis térmicas da Instalação 1.

V.	Temp. (°C)	Tgn (°C)	UR (%)	ITU	ITG U
8h	17,17 a	17,34 a	67,55 a	61,98 a	62,51 a
12h	24,52 b	24,82 b	42,22 a	70,23 b	70,68 b
16h	25,71 a	26,06 a	38,14 a	71,22 a	72,01 a

Médias seguidas das mesmas letras na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância.

Tabela 3 - Variáveis térmicas da Instalação 2.

V.	Temp. (°C)	Tgn (°C)	UR (%)	ITU	ITGU
8h	17,22 a	17,26 a	65,21 a	61,98 a	62,41 a
12h	28,07 a	28,08 a	40,58 a	73,13 a	74,03 a
16h	28,11 a	28,78 a	33,95 b	73,48 a	74,97 a

Médias seguidas das mesmas letras na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância.

Legenda: V.: Variável; Temp.: Temperatura; Tgn: Temperatura de globo negro; UR: Umidade Relativa; ITU: Índice de Temperatura e Umidade; ITGU: Índice de Temperatura de Globo Úmido.

Conforme os resultados a I1 obteve melhor desempenho térmico. No horário das 8h as temperaturas foram próximas para as duas instalações dentro dos 17°C que conforme Tinoco (2001) esse valor estaria no limite da faixa de termoneutralidade para aves adultas, abaixo de 15°C as aves estariam em estresse por frio. A partir das 12h ocorreu alteração de 3,55°C a mais na I2 e às 16h houve diferença em 2,40°C, essa diferença fez com que a I1 mantivesse dentro da faixa de termoneutralidade proposto pelo mesmo autor, onde a temperatura limite é de 25°C, já a I2 estava acima desse valor e as aves em estresse causado pelo calor.

O mesmo ocorreu para a temperatura de globo negro, no horário das 8h as temperaturas foram próximas para as duas instalações, porém nos horários das 12h e 16h houve aumento de 3,26°C e 2,72°C respectivamente para a I2. Eram esperadas temperaturas mais altas nesses horários e foi possível avaliar que a instalação com painel obteve menor índice de temperatura.

Considerando-se a faixa de conforto para umidade relativa do ar entre 49 a 65%, 40 a 70%, 50 a 70%, 60% de acordo com os autores (CELLA et al., 2001; JÁCOME et al., 2007; TINOCO, 2001; CASSUCE et al, 2013), a I1 atingiu a faixa de 38,14% a 67,55%, obtendo UR ideal nos horários das 8h e 12h, porém a taxa de umidade das 16h ficou abaixo do índice (considerando de 40% a 70%). O mesmo ocorreu para a I2 obteve-se dois horários (8h e 12) dentro da faixa ideal, e o horário das 16h abaixo do indicado. A Figura 5 representa a dispersão dos conjuntos de dados da umidade relativa do ar para as duas instalações.

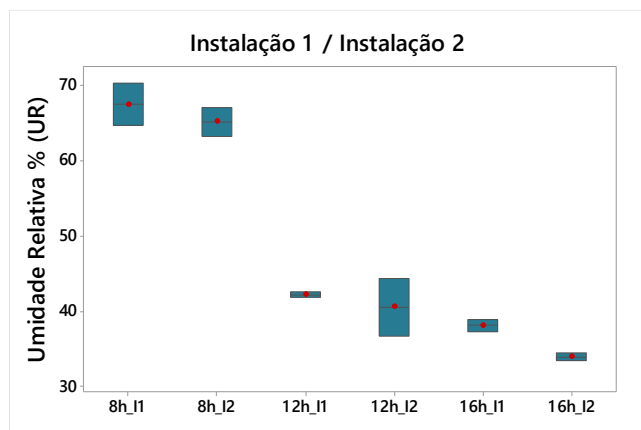


Figura 5 - Gráfico Boxplot de Umidade relativa.

Utilizou-se o programa Orvalho para avaliar os índices de conforto ITU e ITGU. Conforme os valores de ITU, a I1 atingiu média de 62/71 e a I2 com média em 62/73, sendo assim as aves estariam em situação de conforto às 12h e 16h nas duas instalações, considerando aves acima de três semanas de vida. Azevedo (2005) estipula valores <74,0 para condição de conforto, porém o limite mínimo para essa fase de vida é de 65,0, as duas instalações estariam em situação de estresse pelo frio às 8h. A Figura 6 representa a dispersão dos conjuntos de dados do índice de temperatura e umidade para as duas instalações.

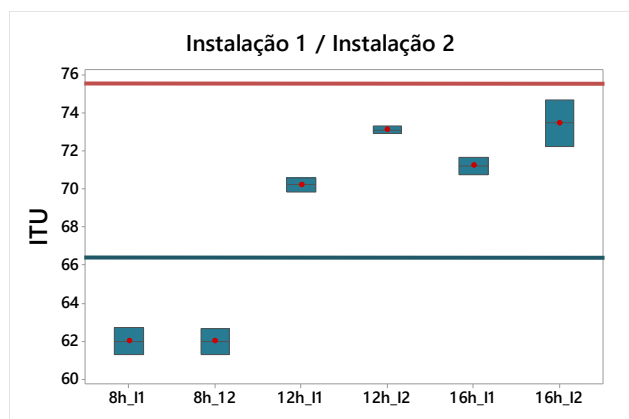


Figura 6 - Gráfico Boxplot de Índice de temperatura e umidade (ITU).

Legenda: — Conforto térmico <74,0.
— Limite estresse por frio ≤ 65.

Para os índices de temperatura de globo úmido (ITGU) a I1 encontra-se em situação de conforto em dois horários coletados, com valores entre 70,68 a 72,01 para aves com três semanas de vida. De acordo com Oliveira et al. (2006) os índices são de $64,5 \leq 72$, portanto a I1 estaria em condições de estresse pelo frio às 8h. Conforme os mesmos índices proposto pelo autor acima a I2 encontra-se em situação de estresse pelo frio às 8h e em situação de estresse pelo calor nos horários das 12h e 16h para as aves com três semanas de vida. Oliveira et al. (2016) classifica a faixa de $72,4 \leq 80$ para as aves na primeira semana de vida, assim a I2 estaria em situação de conforto nos horários das 12h e 16h. A Figura 7 representa a dispersão

dos conjuntos de dados do índice de temperatura de globo úmido para as duas instalações.

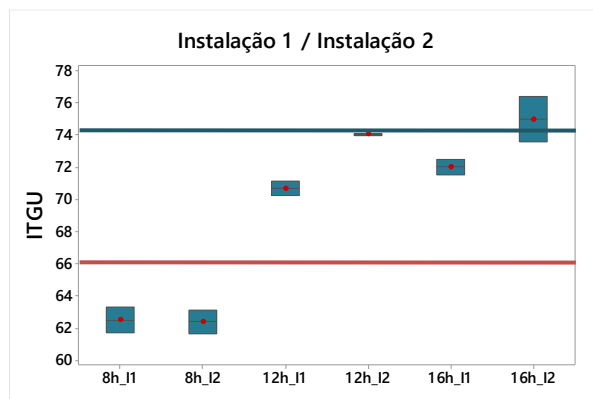


Figura 7 - Gráfico Boxplot de Índice de temperatura de globo e umidade (ITGU).

Legenda: — 3 semanas de vidas ($64,5 \leq 72$).
— 1 semana de vida ($72,4 \leq 80$).

As análises termográficas foram feitas durante três horários: 8h, 12h e 16h; no período de 02 dias (30 e 31 de julho 2017), estação de inverno. A análise pela câmera termogravimétrica registrou temperaturas máximas entre 36 a 38,6°C na instalação sem forro (I2), isso demonstrou melhor desempenho térmico na instalação com forro (I1) que registrou a máxima em 17,4 a 27,8°C, indicando que o forro agiu como um isolante térmico. As imagens selecionadas (Figuras 9 a 15) foram coletadas no dia 30.07.2017, durante os três horários. Observa-se que no horário das 12h a I1 obteve temperaturas médias em 24,2 a 25,2°C, a I2 obteve valores médios superiores em 10,6°C e no horário das 16h a I2 atingiu a temperatura máxima de 38,6°C diferindo da I1 que atingiu a máxima com 27,8°C.

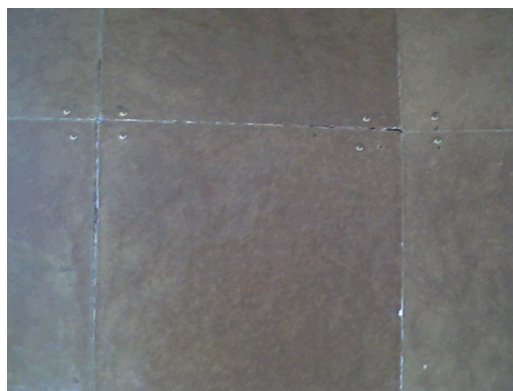


Figura 8 - a) Imagem real da I1 (8h).

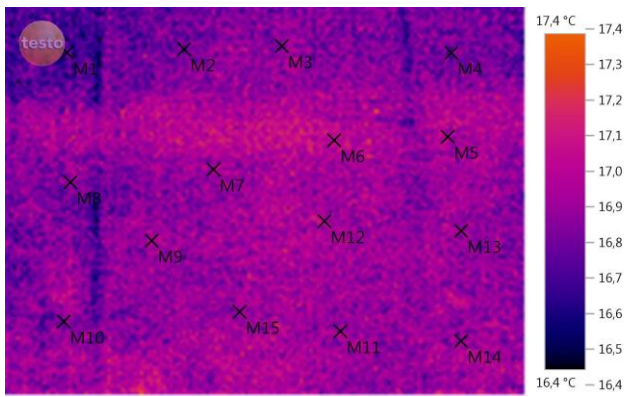


Figura 9 - a) Imagem termográfica da I1 (8h).

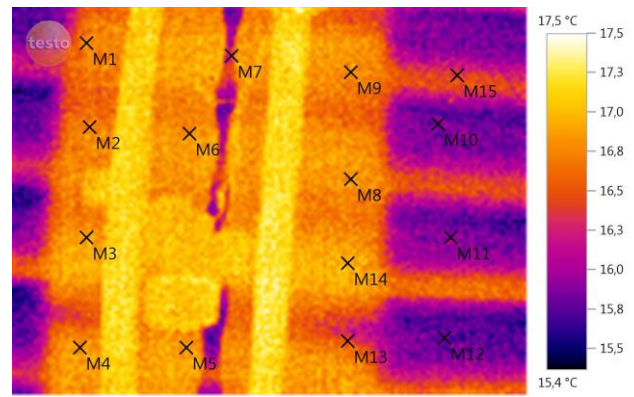


Figura 13 - a) Imagem termográfica da I2 (8h).

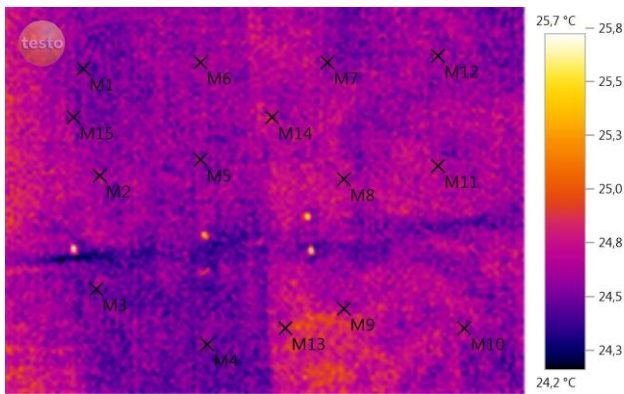


Figura 10 - a) Imagem termográfica da I1 (12h).

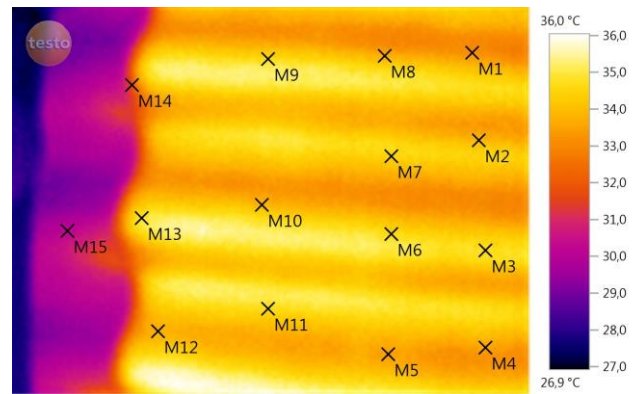


Figura 14 - a) Imagem termográfica da I2 (8h).

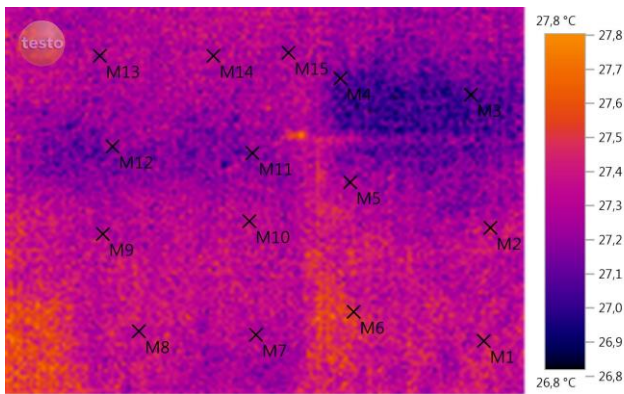


Figura 11 - a) Imagem termográfica da I1 (12h).

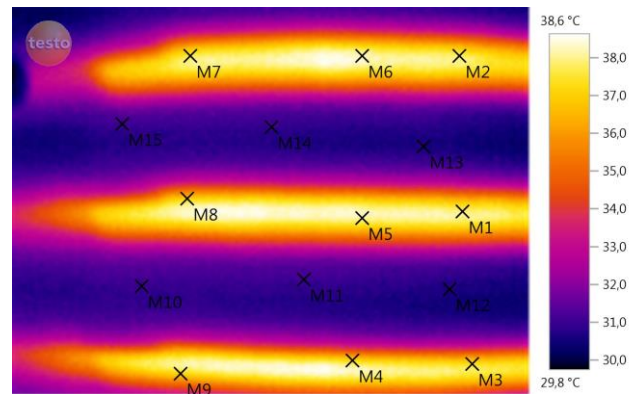


Figura 15: a) Imagem termográfica da I2 (8h).



Figura 12 - a) Imagem real da I2 (12h).

A Tabela 4 apresentam valores médios de temperatura e emissividade obtidos através de DIC, com os quinze pontos estipulados no forro das duas instalações.

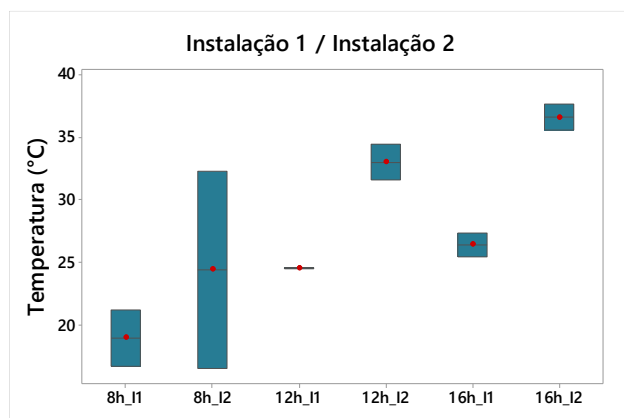
Tabela 4 - Variáveis de temperatura e emissividade das Instalações 1 e 2.

V.	T.(°C)	T. R. (°C)	E. (ε)
Instalação 1			
8h	19,0 a	19,0 a	0,977 a
12h	24,57 b	19,0 a	0,977 a
16h	26,42 b	19,0 a	0,977 a
Instalação 2			
8h	24,45 a	19,0 a	0,977 a
12h	33,05 a	19,0 a	0,977 a
16h	36,65 a	19,0 a	0,977 a

Médias seguidas das mesmas letras na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância.

Legenda: V.: Variável; T.: Temperatura; T.R.: Temperatura refletida; E.: Emissividade.

Observa-se que as médias foram mais brandas que as temperaturas máximas atingidas, a I1 manteve-se entre 19,0 a 26,42°C enquanto a I2 chegou à temperatura média de 36,65°C no horário das 16h.

**Figura 16** - Gráfico Boxplot de Temperatura (I1 e I2).

De acordo com Souza (2010) todo material com temperatura acima de zero Kelvin (zero absoluto) emite radiação eletromagnética, essa emissão é denominada como emissividade (ε). São apresentados na Tabela 5 alguns valores típicos de emissividade e do tratamento 50PP35CA15FC, utilizado neste trabalho.

Tabela 5 - Valores típicos de emissividade para alguns materiais.

Tipo de superfície	Emissividade (ε)
Areia	0,90
Concreto	0,88 / 0,93
Vidro comum de janela	0,90 / 0,95
Placas de amianto	0,93 / 0,96
Placas de gesso	0,90 / 0,92
Concreto aparente	0,85 / 0,95
Telha de barro	0,85 / 0,95
Tijolo aparente	0,85 / 0,95
Reboco claro	0,85 / 0,95
Madeira	0,82 / 0,92
Painel 50PP35CA15FC	0,97 / 0,98
Vegetação	0,92 / 0,96

Fonte: Adaptado (SOUZA, 2010; <http://www.labee.ufsc.br>).

Os índices de emissividade (ε) foram iguais para as duas instalações com valores reais de 0,97 e 0,98, definidos pela média em 0,977; Souza (2010) nomeia os valores na faixa de $0 < \epsilon < 1$, que fornece uma medida na capacidade de emissão de energia dependendo da superfície e de seu acabamento.

4 CONCLUSÕES

A I1 obteve melhor desempenho térmico com temperaturas médias de 17 a 25,71°C, mantendo-se dentro da faixa de termoneutralidade proposto por Tinôco (2001). De acordo com a faixa de conforto para umidade relativa às duas instalações ficaram abaixo do índice as 16h e estavam em conforto nos horários das 8h e 12h. Para o índice de ITU as aves com três semanas estariam em conforto nos horários das 12 e 16h na I1; e em estresse pelo frio no horário das 8h. na I2 só estariam em situação de conforto no horário das 16h para aves na primeira semana de vida. Os índices de ITGU para as duas instalações estariam em situação de estresse pelo frio no horário das 8h, a I1 em situação de conforto nos dois horários coletados, porém a I2 em situação de estresse pelo calor nos dois horários.

Conforme essa análise é possível concluir que a instalação 1 (com forro) obteve melhor desempenho em relação a temperatura, ITU e ITGU, para a UR as duas instalações ficaram na mesma faixa de conforto.

O resultado das imagens termográficas demonstrou que as temperaturas foram menores na instalação 1 com média de 23,33°C, temperatura dentro da faixa de termoneutralidade para aves com três semanas de vida. A

instalação 2 apontou temperatura média de 31,38°C, provocando estresse por calor nas aves com três semanas de vida. Observa-se que o forro agiu como um isolante térmico, mesmo que as temperaturas registradas pelos *dataloggers* no período apontaram temperatura próximas para ambas as casas.

5 AGRADECIMENTOS

À CAPES pelo apoio financeiro e ao Departamento de Engenharia Rural da Faculdade de Ciências Agrônômicas, UNESP, Botucatu-SP, pela ajuda e oportunidade.

6 REFERÊNCIAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15220-2: **Desempenho térmico de edificações** – Parte 2: Métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações. Rio de Janeiro: ABNT, 2003.

AZEVEDO, M. de et al., 2005. **Estimativa de níveis críticos superiores do índice de temperatura e umidade para vacas leiteiras 1/2, 3/4 e 7/8 Holandês-Zebu em lactação**. R. Bras. Zootec., vol.34, n.6.

BAÊTA, F. C.; SOUZA, C. F. **Ambiência em edificações rurais: Conforto animal**. 2.Ed. Viçosa: EDUFV, 2010, 269p.

BUFFINGTON, D.E.; COLLAZO-AROCHO, A.; CANTON, G.H.;PITT, D. et al. Black globe-humidity index (BGHI) as a comfortequation for dairy cows. **Transactions of the A.S.A.E.**, v.24, p.711-714, 1981.

CASSUCE, D.D; TINÔCO, I.F.F.; BAÊTA, F.C.; et al. Atualização de temperatura de conforto térmico para frangos de corte até 21 dias de idade. **Revista Engenharia Agrícola**, vol. 33, n° 1. Jaboticabal, 2013.

CELLA, P. S.; DONZELE, J. L.; OLIVEIRA, R. M.; et al. Níveis de lisina mantendo a relação aminoácida para frangos de corte no período de 1 a 21 dias de idade, em diferentes ambientes térmicos. **Revista Brasileira de Zootecnia**. Viçosa, v.30, n.2, p.440- 448, 2001.

CRAVO, J.C.M. **Compósito particulado de baixa densidade com casca de amendoim, fibra de coco verde e resina poliuretana à base de óleo de mamona para aplicação como forro de galpões avícolas**. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos – USP, Pirassununga, 2013.

CRAVO, J.C.M. **Painéis de partículas de saco de cimento e embalagem longa vida aplicados como forro em protótipos de aviários**. Tese (Doutorado) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos – USP, Pirassununga, 2016.

GLATZ, P. e RODDA, B. Turkey farming:Welfare and husbandry issues. **Academic Journals**, v. 8, pp. 6149-6163, 2013.

JÁCOME, I.M.T.D.; FURTADO, D.A.; LEAL, A.F.; et al. Avaliação de índices de conforto térmico de instalações para poedeiras no nordeste do Brasil. **Revista Engenharia Agrícola**, vol. 11, n° 5. Campina Grande, 2007.

OLIVEIRA, R.F.M.; DONIZELE, J.L.; ABREU, M.L.T.; et al. Efeitos da temperatura e umidade relativa sobre o desempenho e o rendimento de cortes nobres de frangos de corte de 1 a 49 dias de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n. 3, p. 797-803, 2006.

SOUZA, C.T. Construção, conforto ambiental e uso racional de energia. PIBIC / CNPq – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010.

STAUB, L.; MORAES, M.D.G.; SANTOS, M.G.; et al. Ambiência interna e externa em galpão de frangos de corte nas diferentes épocas do ano e fases de criação. **Nativa**, v.4, n.3, p.128-133. Sinop, 2016.

TINÔCO, I.F.F.; FIGUEIREDO, J.L.A.; SANTOS, R.C. et al. Placas porosas utilizadas em sistemas de resfriamento evaporativo. **Revista Engenharia na Agricultura**, v.12, n.1, p.17-23, 2004.

TINÔCO, I.F.F. Avicultura industrial: novos conceitos de materiais, concepções e técnicas construtivas disponíveis para galpões avícolas brasileiros. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v.3, n.1, p.1-26, 2001. <http://www.labee.ufsc.br/> < Acesso em 23/08/2017>