AGRARIAN
OPEN ACCESS
e-ISSN: 1984-2538

Temperatura no ático de modelos reduzidos de aviários com diferentes tecnologias de isolamento térmico do telhado

Temperature in the attic of reduced models of poultry houses with different roof insulation technologies

José Gabriel Vieira Neto
Universidade Federal do Paraná (UFPR)
E-mail: jose.vieira@ufpr.br
OrcID: https://orcid.org/0000-0001-5803-819X

Carlos Henrique da Rocha
Cocamar Cooperativa Agroindustrial (COCAMAR)
E-mail: Carlos.Rocha@cocamar.com.br
OrcID: https://orcid.org/0000-0003-4001-0863

Rodrigo Pinheiro da Silva
Universidade Estadual de Maringá (UEM)
E-mail: rpsilva100@hotmail.com
OrcID: https://orcid.org/0000-0003-1945-729X

Data de recebimento: 28/09/2021
Data de aprovação: 25/11/2022
DOI: https://doi.org/10.30612/agrarian.v15i55.15122

Resumo: Objetivou-se determinar e comparar a temperatura interna do ático de modelos reduzidos de aviários com diferentes tecnologias de isolamento térmico no telhado. Analisou-se nove modelos reduzidos, sendo que três deles apresentaram cobertura somente com telha metálica (telha zincada); três com associação desta telha zincada com manta térmica (conhecida como manta asfáltica); e outros três modelos com associação da telha metálica com placas de Poliestireno Extrudado (XPS). A análise de temperatura foi realizada através de sensores DS18B20 instalado no ático, 15 cm acima do forro de cada modelo reduzido e mais um sensor na parte externa para comparação da temperatura do ambiente interno com a variação externa. Concluiu-se que, quando se teve a maior temperatura externa absoluta, os modelos com aplicação da placa XPS tiveram a temperatura do ático menor, em média 3,4°C quando comparado apenas com a telha de zinco, apresentando-se como melhor tecnologia dentre as testadas, sendo tecnicamente uma opção viável para aplicação nas construções zootécnicas, tendo em vista sua maior capacidade de isolamento térmico. Já a manta asfáltica não apresentou eficiência no isolamento térmico, possuindo características térmicas próximo ao comportamento da telha metálica, principalmente em condições de temperaturas elevadas.

Palavras-chave: Avicultura. Ambiência. Arduíno. Conforto térmico.

Abstract: The objective of this study was to determine and compare the internal temperature of the attic of reduced scaled models of poultry houses with different thermal insulation technologies on the roof. Nine reduced models were analyzed, three of which were covered only with metal tiles (zinc tile); three with an association of this zinc tile with thermal blanket (known as asphalt blanket); and three other models with an association of

Esta obra está licenciada com uma Licença Creative Commons Atribuição-NãoComercial-CompartilhaIgual 3.0 Brasil.

metal tiles with Extruded Polystyrene (XPS) sheets. The temperature analysis was performed using DS18B20 sensors installed in the attic, 15 cm above the lining of each reduced model and another sensor on the outside to compare the temperature of the internal environment with the external variation. It was concluded that, when the absolute external temperature was the highest, the models with the application of XPS board had a lower attic temperature, on average 3.4°C when compared to the zinc roof tile alone, presenting itself as the best technology among those tested, being technically a viable option for application in zootechnical buildings, given its greater capacity for thermal insulation. The asphalt blanket, on the other hand, did not show efficiency in thermal insulation, possessing thermal characteristics close to the behavior of metal tiles, especially under high temperature conditions.

Keywords: Poultry Farming. Ambience. Arduino. Thermal Comfort.

1 Introdução

Apesar de expressivos números na produção e exportação avícola, o Brasil, por ser um país com dimensões continentais, apresenta em grande parte do seu território elevadas temperaturas anuais, que podem resultar em grande desconforto térmico por calor, acarretando perdas de produtividade e aumento da taxa de mortalidade, além de temperaturas baixas na região sul, com condições que podem chegar a causar desconforto por frio (Oliveira & Knies, 2019). Dessa forma, os produtores devem investir em equipamentos e técnicas para o manejo do microclima, pois um dos fatores limitantes da produção avícola é a variação microclimática no interior das instalações, que provoca grande estresse térmico nas aves.

Segundo Baêta & Souza (2010), os animais se comportam com o ambiente conforme um sistema termodinâmico, em que a energia flui de um para o outro, e além da geração de calor gerado pelos próprios animais, tem-se que as alterações nos fatores externos resultam em variações internas no microclima e consequentemente no conforto do animal, que assim se busca manter em equilíbrio com o ambiente. Como cada região do Brasil apresenta características geoclimáticas distintas, acaba se tornando impossível a determinação de um tipo de instalação ideal para todas as regiões, e com isso, aplica-se diferentes tipos de mecanismos para realização desses processos artificiais de modificações ambientais, como: ventiladores, exaustores, nebulizadores e placas evaporativas.

Os mecanismos de controle térmico apesar de ter uma boa eficiência, muitas vezes não são possíveis de ser adquirido por pequenos produtores, devido ao seu alto preço de aquisição e manutenção. Sendo assim, é possível também a realização de transformações primarias nessas instalações, que resulte em ambientes mais confortáveis, com um menor gasto de obtenção, como o uso de tintas claras e telhas que sejam isolantes térmicas ou associadas a tecnologias de isolamento térmico.

Neste sentido, objetivou-se determinar e comparar a temperatura interna do ático de modelos reduzidos de aviários, que possuam associações de telhas metálicas com manta térmica (conhecida como manta asfáltica) e com placas rígidas de XPS – Poliestireno Extrudado, comparadas com o uso de telhas metálicas comuns.

2 Materiais e Métodos

2.1 Local

O estudo foi desenvolvido município de Cidade Gaúcha (23º21'35,6" S, 52º55'51,6" W), região noroeste do Estado do Paraná. A classificação climática de Köppen para esta região é tropical mesotérmico úmido com chuvas de verão e outono, com temperatura

Esta obra está licenciada com uma Licença Creative Commons Atribuição-NãoComercial-CompartilhaIgual 3.0 Brasil.

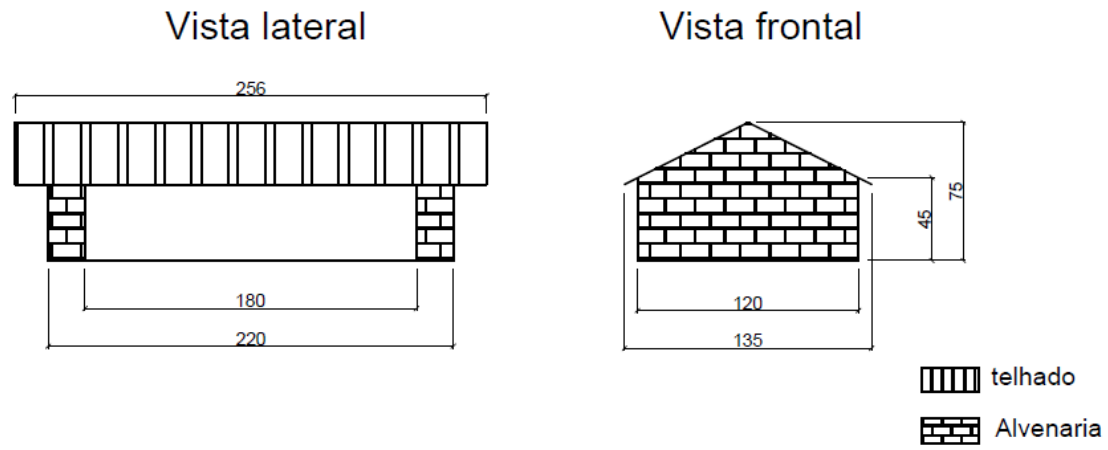
apresentando padrões elevados (Cfa), com precipitação acumulada anual de 1507,6 mm (Bueno do Prado & Nobrega, 2005).

2.2 Modelos reduzidos de aviários

Foram dispostos nove modelos reduzidos, com dimensões de 1,20 metros de largura, por 2,20 metros de comprimento, com 45 centímetros de altura do pé-direito e 75 cm de altura até a cumeeira (Figura 1).

Figura 1. Dimensões dos modelos reduzidos (unidades em cm).

***Figure 1**. Dimensions of the reduced scale models (units in cm).*



Fonte: Elaborada pelos autores (2021). ***Source:** Prepared by the authors (2021).*

Os modelos foram confeccionados com menção a edificações de tamanho real, em escala 1:10, com base na teoria de similitude (Coutinho, Baptista & Rodrigues, 2016; Murphy, 1950), bem como em estudos pertinentes a área de conforto térmico (Morais et al., 2001; Santos et al., 2005; Ferreira Júnior et al., 2009). Foram orientados no sentido norte-sul, devido a predominância dos ventos na região, visando o aproveitamento da ventilação natural. Os materiais empregados para a confecção da alvenaria foram tijolos cerâmicos, argamassa de assentamento de cimento, cal e areia, além da cobertura de telha metálica (zincada). Na altura do pé-direito (45 cm), instalou-se uma lona plástica preta como forro, separando o ático da parte inferior do modelo reduzido.

Foram analisados três diferentes tipos de tecnologias no telhado, sendo o primeiro grau tecnológico, a aplicação apenas da telha metálica zincada, como praticado pela maioria dos produtores da região noroeste do estado do Paraná, com o coeficiente de condutividade térmico (k) de 45,7 W m-1 k-1, absortividade (α) de 0,6 (Ad.) e sua emissividade (ε) de 0,1 (Ad.) (Sevegnani, Ghelfi Filho & da Silva, 1994; Pedote & Franco, 2012).

No segundo grau tecnológico foi aplicado sobre a telha metálica zincada, a manta térmica (conhecida como manta asfáltica), que apresenta uma espessura de 3,0 mm e é composto de asfalto modificado com polímeros e elastômeros estruturado com véu de fibra de vidro reforçado e acabamento de alumínio, com a finalidade de refletir os raios solares.

Para o terceiro grau tecnológico foi aplicado sob das telhas metálicas de zinco, placas rígidas de XPS – Poliestireno Extrudado – com dimensões de 120 x 60 x 2,5 cm, que correspondem ao comprimento, largura e espessura da placa. Suas propriedades físicas de densidade e condutibilidade térmica são de 38 kg m^{-3} e 0,027 W m-1 K-1, respectivamente. A temperatura de serviço da placa rígida de XPS varia de -50 a +75°C (Buildspuma, 2021).

Esta obra está licenciada com uma Licença Creative Commons Atribuição-NãoComercial-CompartilhaIgual 3.0 Brasil.

2.3 Sistema de coleta de dados

Para coleta dos dados de temperatura no ático dos modelos reduzidos, utilizou-se como dispositivo controlador dos sensores o Arduíno Mega 2560, juntamente com os componentes RTC (Real Time Clock) e o slot de cartão de memória, para definição de horas e registro dos dados, respectivamente. Foram utilizados os sensores digitais DS18B20 a prova d'água para obter as temperaturas, que possuem como características as faixas de operação entre -55°C e 125°C, precisão de ± 0.5°C de -10°C até 85°C, sendo sua resolução ajustável de 9 a 12 bits.

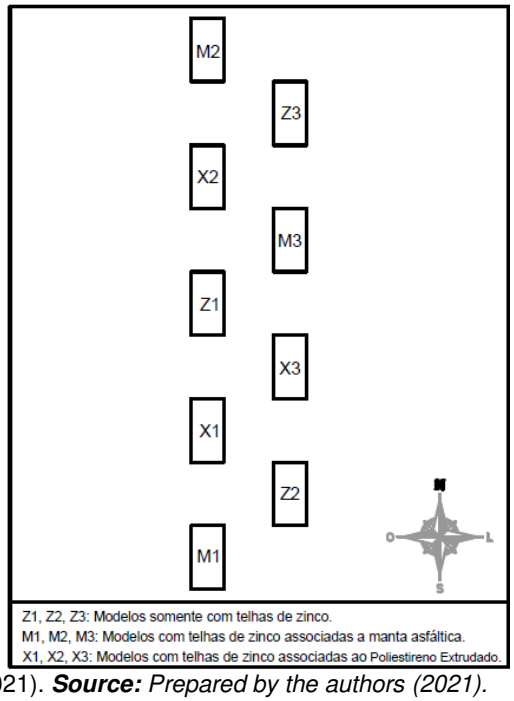
Foi instalado um sensor DS18B20 no ático de cada modelo reduzido, na posição 15 cm acima do forro, além de um sensor na parte externa, próximo a central de controle, para comparação da temperatura do ambiente externo. Os dados foram registrados em cartão de memória e posteriormente importados para planilha eletrônica. Esse sistema de coleta de temperatura proposto neste estudo foi validado pelos autores Vieira Neto et al. (2017).

A temperatura foi coletada no intervalo de 5 minutos, 24 horas por dia, na qual foi totalizado 288 dados por dia para cada modelo reduzido. A coleta foi realizada num período de 5 dias, visando obter respostas frente as mudanças climáticas externas, tanto no período noturno quanto no diurno. No entanto, para fins de comparação estatística, utilizou-se apenas os resultados dos horários em que se obteve o maior valor de temperatura (temperatura máxima absoluta) no sensor externo, bem como o valor da temperatura mínima absoluta externa.

2.4 Delineamento experimental

Foram analisados três modelos reduzidos para cada uma das três tecnologias aplicadas ao telhado, totalizando nove modelos reduzidos dispostos na área. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, na qual as ordens dos modelos reduzidos na área foram definidas por sorteio, conforme distribuição apresentada na Figura 2.

Figura 2. Disposição dos modelos reduzidos na área.
Figure 2. *Arrangement of the reduced scale models in the area.*



Fonte: Elaborada pelos autores (2021). ***Source:*** *Prepared by the authors (2021).*

Esta obra está licenciada com uma Licença Creative Commons Atribuição-NãoComercial-CompartilhaIgual 3.0 Brasil.

Os valores das médias das temperaturas obtidas no horário na qual correspondia a temperatura máxima absoluta e a mínima absoluta diária, foram submetidos a uma análise de variância, e como houve diferença significativa entre os tratamentos, submeteu-os ao teste de comparação de média de Tukey, a 5% de significância.

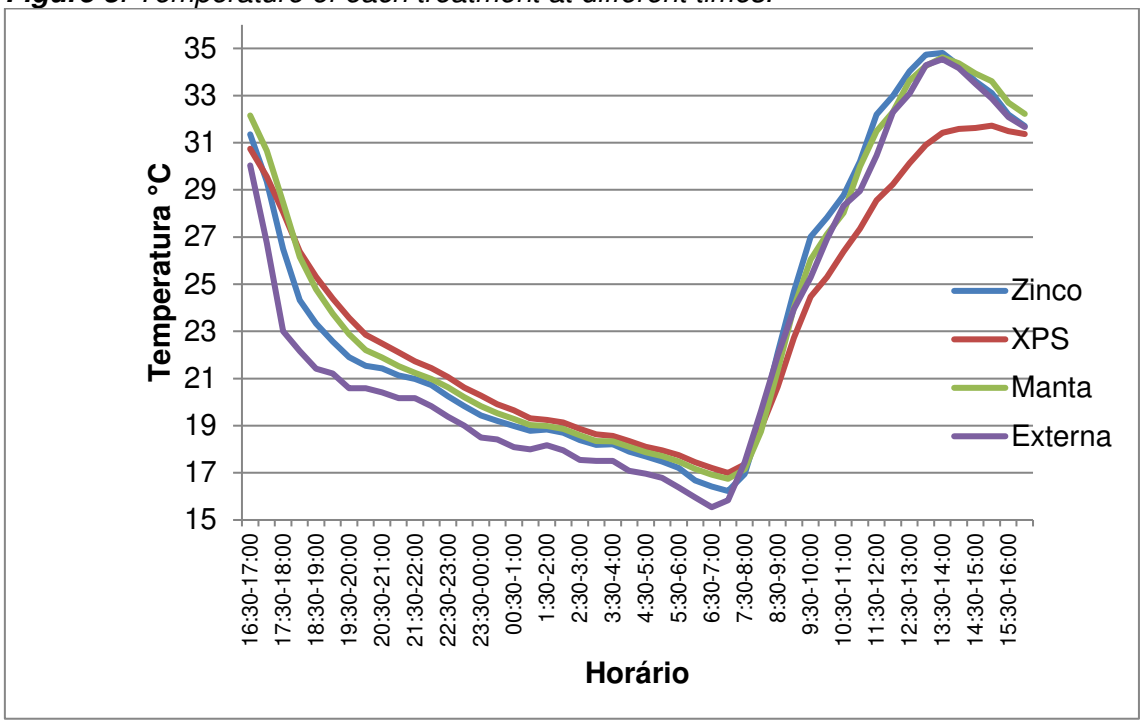
3 Resultados

3.1 Temperaturas máximas

Verificou-se que os maiores valores de temperatura se apresentaram próximo as 14h00min, horário em que se teve registro da maior radiação solar incidente sobre os modelos reduzidos. Realizou-se o cálculo da temperatura média para o dia em que se teve o registro de maior temperatura, num intervalo de 30 minutos. Deste modo, possibilitou-se ilustrar o comportamento de cada tratamento ao longo do dia (Figura 3).

Figura 3. Temperatura de cada tratamento em diferentes horários.

***Figure 3**. Temperature of each treatment at different times.*

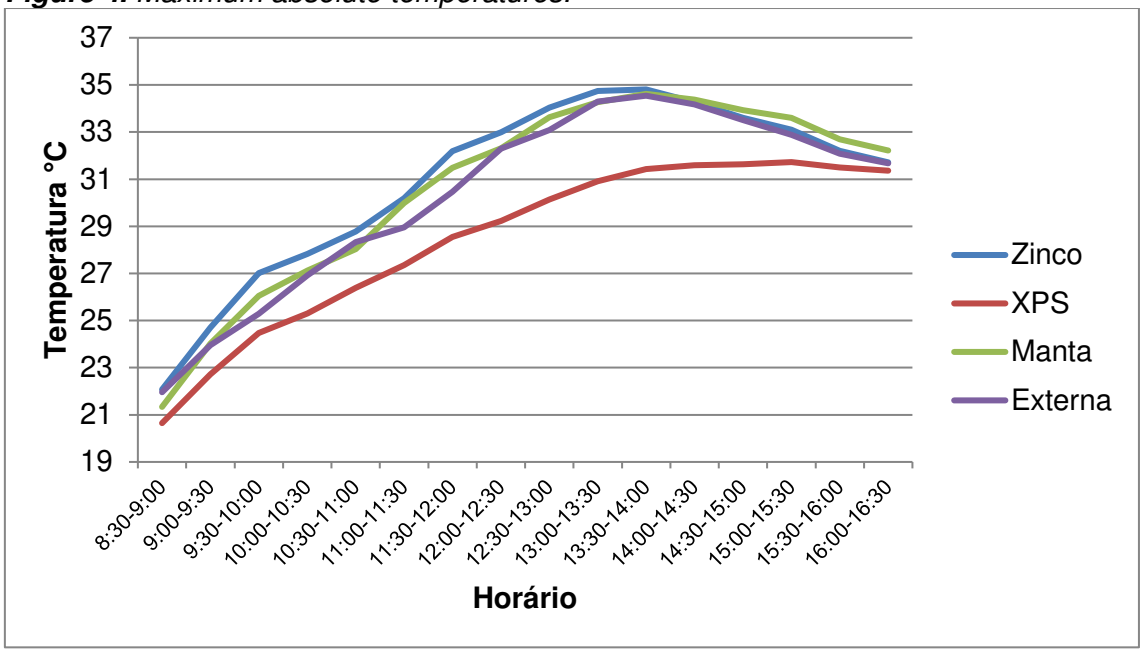


Fonte: Elaborada pelos autores (2021). ***Source:** Prepared by the authors (2021).*

Em destaque, no dia 12/06 os maiores valores de radiação aferidos pela estação meteorológica do INMET (2019), localizada no Campus no Arenito em Cidade Gaúcha, foram as 13h00min e 14h00min, sendo de 2305 e 2275 kJ m^{-2}, respectivamente. Deste modo, elaborou-se a Figura 4 evidenciando o intervalo de tempo em que a temperatura apresentou um aumento com destaque a seus máximos valores próximo às 14h.

Esta obra está licenciada com uma Licença Creative Commons Atribuição-NãoComercial-CompartilhaIgual 3.0 Brasil.

Figura 4. Temperaturas máximas absolutas.
Figure 4. *Maximum absolute temperatures.*



Fonte: Elaborada pelos autores (2021). ***Source:*** *Prepared by the authors (2021).*

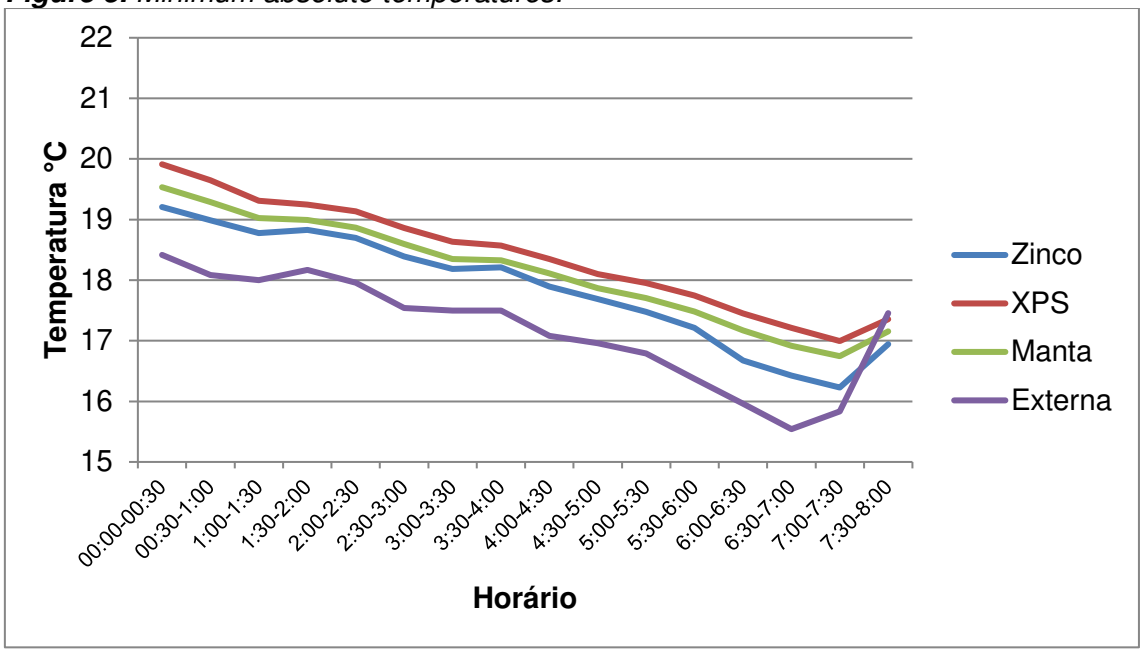
Observa-se que a maior média de temperatura coletada externamente aos modelos reduzidos foi de 34,59°C, obtido no período das 13h30min às 14h00min, fato este que se comprova com a maior incidência de raios solares se apresentando neste período, conforme estação automática do INMET.

3.2 Temperaturas mínimas

Assim como para a temperatura máxima absoluta, realizou-se uma comparação das temperaturas mínimas absolutas no período. Ilustra-se na Figura 3 que a partir das 17h00min a temperatura começa a diminuir, até o horário das 6h30min às 7h30min, onde se tem a menor média de temperatura externa, sendo de 15,54°C. Em destaque, na Figura 5 pode ser observado o comportamento de cada modelo à medida que a temperatura alcança seu mínimo valor externo.

Esta obra está licenciada com uma Licença Creative Commons Atribuição-NãoComercial-CompartilhaIgual 3.0 Brasil.

Figura 5. Temperaturas mínimas absolutas.
Figure 5. *Minimum absolute temperatures.*



Fonte: Elaborada pelos autores (2021). ***Source:*** *Prepared by the authors (2021).*

Observa-se que houve uma inversão das temperaturas dos protótipos, em relação a Figura 4, sendo que neste intervalo de tempo as maiores temperaturas no ático se apresentaram nos modelos com a tecnologia do XPS e as menores nos modelos que estavam apenas com o zinco. Esse comportamento ocorre devido a maior inércia térmica promovida pelo poliestireno extrudado, que não permite uma fácil dissipação do calor, resultando assim em menor amplitude térmica.

4 Discussão

Nota-se na Figura 4, que neste mesmo período a temperatura dos modelos reduzidos apenas com o zinco comparados com os que apresentam associação com a manta asfáltica é equivalente a temperatura externa, assemelhando à afirmação de um mal comportamento térmico observado por Dias (2011), ao empregar a manta asfáltica em telhas metálicas, na qual concluiu que devido à alta absortividade da parte preta da manta, não possui boas características de isolamento térmico. Consideração também destacada por Almeida et al. (2018), em que ao realizar teste com diferentes tecnologias de telhado, obteve os maiores valores de temperatura próximo as 14h00min, bem como, internamente no ambiente dos modelos reduzidos, maiores temperaturas com aplicação da telha metálica sem uso de tecnologias.

Por outro lado, nota-se que os modelos reduzidos com associação da Placa Rígida XPS apresentaram temperaturas inferiores comparados com a temperatura externa e a dos outros modelos. Sendo que as maiores variações de temperatura entre os modelos com o XPS comparado com a temperatura externa foram de 3,4°C no horário das 13h00min às 13h30min e de 3,12°C das 13h30min às 14h00min.

Em virtude deste comportamento distinto entre os modelos com XPS para os demais, realizou-se a análise de variância para os dados de temperatura dos protótipos no horário das 13h30min às 14h00min (Tabela 1), em que houve a máxima temperatura externa, no valor de 34,59°C.

Esta obra está licenciada com uma Licença Creative Commons Atribuição-NãoComercial-CompartilhaIgual 3.0 Brasil.

Tabela 1. Análise de variância para os valores de temperatura máxima absoluta.
Table 1. *Analysis of variance for the values of maximum absolute temperature.*

Análise de Variância							
Parâmetro	**GL**	**SQ**	**QM**	**Fc**	**Pr>Fc**	**CV**	**Média geral**
Tratamento	2	21,680	10,840	27,480	0,001	1,870	33,619
Erro	6	2,367	0,394				
Total corrigido	8	24,047					

GL - Graus de liberdade; SQ - Soma de quadrados; QM - Quadrados médios; Fc - F calculado; Pr>Fc – p-valor. **Fonte:** Elaborada pelos autores (2021). *GL - Degree of freedom; SQ - Sum of squares; QM - Mean squares; Fc - calculated F; Pr>Fc - p-value.* ***Source****: Prepared by the authors (2021).*

Dada a análise de variância da Tabela 1, observa-se que o valor de p-valor foi inferior ao de 5%, mostrando haver diferença entre as médias. Dessa forma, podemos concluir que pelo menos uma das tecnologias aplicadas ao telhado apresentaram significativa diferença entre os demais tratamentos. Assim, foi realizado um teste de comparação de média (Tukey), também a 5% de significância, conforme apresentado na Tabela 2.

Tabela 2. Teste de comparação de média Tukey a 5% de significância, para temperatura máxima absoluta.
Table 2. *Tukey's mean comparison test at 5% significance level for maximum absolute temperature.*

Tratamentos	**Temperaturas médias (°C)**
XPS	31,427[b]
Manta	34,620[a]
Zinco	34,810[a]

Fonte: Elaborada pelos autores (2021). ***Source:*** *Prepared by the authors (2021).*

Conforme o teste de comparação que foi realizado no período de máxima temperatura (13h30min-14h00min), evidencia-se que apenas o tratamento com a Placa Rígida - XPS obteve diferença significativa de temperatura a 5% de significância, mostrando ser o isolamento térmico com maior eficiência.

A maior variação de temperatura foi de 3,4°C entre os modelos que possuíam associação com o XPS em relação aos que eram compostos somente com a telha de zinco, fato este que também ocorreu em estudo feito por Arruda (2018), onde houve no mesmo horário próximo às 13h30min uma diferença de 3,49°C entre o modelo com a tecnologia do poliestireno extrudado, para com o que não possuía.

Em estudo correlato de Carvalho (2013), pode se observar que os modelos com aplicação da tecnologia XPS, resultaram numa redução de temperatura de, em média, 4°C comparados com os protótipos apenas com a telha metálica, que por sua vez também apresentaram os maiores valores de temperatura entre os demais, assim como neste estudo.

No dia 12/06, obteve-se uma amplitude térmica registrada pelo sensor externo, de 19°C. Já dentro dos modelos reduzidos a variação foi menor, sendo de 18,58°C no caso dos que eram produzidos apenas com o zinco, 17,87°C nos que tinham associação com a manta e a menor amplitude foi de 14,73°C nos que eram associados com o XPS.

Devido a essa grande amplitude térmica ocorrida no decorrer deste dia, bem como às temperaturas mínimas absolutas, realizou-se a análise de variância (Tabela 3), dos

Esta obra está licenciada com uma Licença Creative Commons Atribuição-NãoComercial-CompartilhaIgual 3.0 Brasil.

diferentes tratamentos, para o período com a menor média de temperatura aferida no sensor externo ao decorrer do dia, que foi de 15,54°C das 6h30min às 7h00min.

Tabela 3. Análise de variância para os valores de temperatura mínima absoluta.
Table 3. *Analysis of variance for the absolute minimum temperature values.*

Análise de Variância							
Parâmetro	**GL**	**SQ**	**QM**	**Fc**	**Pr>Fc**	**CV**	**Média geral**
Tratamento	2	0,964	0,482	5,837	0,039	1,710	16,850
Erro	6	0,496	0,083				
Total corrigido	8	1,460					

GL - Graus de liberdade; SQ - Soma de quadrados; QM - Quadrados médios; Fc - F calculado; Pr>Fc – p-valor. **Fonte:** Elaborada pelos autores (2021). *GL - Degree of freedom; SQ - Sum of squares; QM - Mean squares; Fc - calculated F; Pr>Fc - p-value.* ***Source****: Prepared by the authors (2021).*

De acordo com a análise de variância da Tabela 3, observa-se que o valor de p-valor também foi inferior ao de 5%, indiciando que há diferença entre as médias. Dessa forma, podemos concluir que pelo menos uma das tecnologias aplicadas ao telhado apresentaram significativa diferença entre os demais tratamentos. Assim, foi realizado um teste de comparação de média (Tukey), também a 5% de significância, exibido na Tabela 4.

Tabela 4. Teste de comparação de média Tukey a 5% de significância, para temperatura mínima absoluta.
Table 4. *Tukey's mean comparison test at 5% significance level for absolute minimum temperature.*

Tratamentos	**Temperaturas médias (°C)**
XPS	16,420^{b}
Manta	16,917^{ab}
Zinco	17,213^{a}

Fonte: Elaborada pelos autores (2021). ***Source:*** *Prepared by the authors (2021).*

Observa-se que o tratamento com o XPS apresentou uma diferença de aproximadamente 0,8°C em relação ao modelo apenas com a telha de zinco e de aproximadamente 0,5°C em relação ao tratamento com a manta asfáltica, mostrando-se estatisticamente semelhante a este tratamento e diferente dos modelos com apenas a telha de zinco.

Para o período com a temperatura mínima externa, os tratamentos apresentaram, no geral, o mesmo comportamento de retenção de temperatura, no entanto, os modelos com aplicação da placa XPS favoreceu a retenção de calor no ático, devido sua característica de isolamento e a maior resistência a inércia do ambiente. Essa maior inércia oferecida pelo sistema de isolamento térmico no frio é importante em regiões que se tenha índices de conforto térmico baixos, que podem causar problemas com estresse por frio (Oliveira & Knies (2019). Ao ocorrer o aumento da temperatura externa, observou-se que os tratamentos com aplicação apenas da telha de zinco e da manta asfáltica reagiram mais rapidamente às alterações externas, aumentando concomitantemente a temperatura do ático.

5 Conclusão

A associação com a placa rígida de poliestireno extrudado apresentou melhores características de isolamento térmico no ático, tanto para as condições de temperaturas

Esta obra está licenciada com uma Licença Creative Commons Atribuição-NãoComercial-CompartilhaIgual 3.0 Brasil.

externas maiores, quanto para conservação do calor em situações de temperaturas externas mais frias, sendo tecnicamente uma opção viável para aplicação nas construções zootécnicas, tendo em vista sua maior capacidade de isolamento térmico.

A manta asfáltica não apresentou eficiência no isolamento térmico, possuindo características térmicas próximo ao comportamento da telha metálica, principalmente em condições de temperaturas elevadas.

6 Referências

Almeida, E. A.; Souza, F. A.; Furlan, R. L; Turco, J. E. P. & Milani, A. P. 2018. Thermal behavior of metallic and fiber cement tiles with simple and double layers. *Journal of Anim. Behav. Biometeorol* 6:72-76. http://dx.doi.org/10.31893/2318-1265jabb.v6n3p72-76

Arruda, D. Z. 2018. Avaliação de ambiente térmico de galpões com e sem isolamento térmico para poedeiras comerciais. 27 f. Trabalho de conclusão de curso (Engenharia Agrícola) Universidade Federal do Mato Grosso, Rondonópolis.

Baêta, F. C. & Souza, C. F. 2010. *Ambiência em edificações rurais: conforto animal*. Viçosa: UFV, 2 ed., 269 p.

Bueno do Prado, J. P. & Nóbrega, M. T. 2005. Determinação de perdas de solo na bacia hidrográfica do córrego Ipiranga em Cidade Gaúcha, Estado do Paraná, com aplicação da Equação Universal de Perdas de Solo (EUPS). Acta Scientiarum. Technology, v. 27, n. 1, p. 33-42.

Buildspuma – Isolamento térmico Spumapac. Disponível em: <http://www.buildspuma.com.br>.

Carvalho, H. G. 2013. Materiais de cobertura e suas associações a forros e materiais isolantes no ambiente térmico de protótipos abertos e fechados com vistas a produção de frangos de corte em clima quente. 108 f. Tese (Doutorado em Construções rurais e ambiência) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

Coutinho, C. P.; Baptista, A. J.; Rodrigues, J. D. 2016. Reduced scale models based on similitude theory: A review. *Engineering Structures*, v. 119, p. 81-94. https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2016.04.016

Dias, A. S. 2011. Avaliação do desempenho térmico de coberturas metálicas utilizadas em edificações estruturadas em aço. 110 f. Dissertação (mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto.

Ferreira Junior, L.G.; Yanagi Junior, T.; Damasceno, F.; Silva, E. & Silva, G. C. A. 2009. Ambiente térmico no interior de modelos físicos de galpões avícolas equipados com câmaras de ventilação natural e artificial. *Engenharia na Agricultura*, v. 27, n. 3, p. 166-178, 2009. https://doi.org/10.1590/S0100-69162005000300002

Inmet – Instituto Nacional de Meteorologia. Dados da estação meteorológica automática de Cidade Gaúcha – PR (A 869). Disponível em: <www.portal.inmet.gov.br/dadoshistoricos>.

Morais, S. R. P.; Tinôco, I. F. F.; Baêta, F. C.; Yanagi Junior, T.; Vigoderis, R. B. & Cecon, P. R. 2001. Study of thermal environment for scaled models of broiler houses, using tiles of clay, asbestos and aluminum, under summer conditions. In: International Livestock

Esta obra está licenciada com uma Licença Creative Commons Atribuição-NãoComercial-CompartilhaIgual 3.0 Brasil.

Environment Symposium, 6., 2001, Louisville. Proceendings... Louisville, Kentucky: ASAE,. p. 473-477.

Murphy, G. C. E. 1950. *Similitude in engineering*. New York: Ronal Press. 302 p.

Oliveira, Z. B. & Knies, A.K. 2019. Análise bioclimática e investigação do conforto térmico em ambiente externo na região central do RS. *Energia na Agricultura*, 34(3), 377-388. https://doi.org/10.17224/EnergAgric.2019v34n3p377-388

Pedote, L. & Franco, T. 2012. Análise da Eficiência Térmica de Diferentes Tipos de Coberturas para Casas de Emergência. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Química). Universidade de São Paulo. São Paulo.

Santos, P.A.; Yanagi Junior, T.; Teixeira, V.H. & Ferreira, L. 2005. Ambiente térmico no interior de modelos de galpões avícolas em escala reduzida com ventilação natural e artificial dos telhados. *Revista Engenharia Agrícola*, 25(3), 575-584. https://doi.org/10.1590/S0100-69162005000300002

Sevegnani, K.B.; Ghelfi Filho, H. & Silva, I. J. O. 1994. Comparação de vários materiais de cobertura através de índices de conforto térmico. *Sci. Agric.,* 51(1), 1-7. https://doi.org/10.1590/S0103-90161994000100001

Vieira Neto, J. G.; Silva, R. P.; Bacon, E. C. V.; Sierakowski, J. P.; Souza, E. L. & Benetão Júnior, C. R. 2017. Desenvolvimento de um sistema de monitoramento e coleta de dados ambientais para modelos reduzidos. In: III Workshop Internacional de Ambiência de Precisão, Feagri/Unicamp.

Esta obra está licenciada com uma Licença Creative Commons Atribuição-NãoComercial-CompartilhaIgual 3.0 Brasil.