

EFICIÊNCIA TÉRMICA DE TELHADOS EM FUNÇÃO DO ESTADO DE CONSERVAÇÃO DAS TELHAS

CARLOS AUGUSTO DE PAIVA SAMPAIO¹, RODRIGO FIGUEIREDO TEREZO²,
LEONARDO MOTTA DA COSTA SILVA³, MATHEUS HENRIQUE DE OLIVEIRA
SOARES³, KAUÊ DARIS TRIPOLI³; DAILON LUÃ SIMON NETO³

¹ Dr., Universidade do Estado de Santa Catarina, 49-3289.9125, carlos.sampaio@udesc.br

² Dr., Universidade do Estado de Santa Catarina, 49-3289.9111, rodrigo.terezo@udesc.br

³ Discentes. Universidade do Estado de Santa Catarina, 49-3289.9111, leonardomottasilva@outlook.com; matheus.o.soares@hotmail.com; kaue_daris@hotmail.com; dailonluan@gmail.com

Apresentado no
XLVIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2019
17 a 19 de setembro de 2019 - Campinas - SP, Brasil

RESUMO: A sensação térmica de frio ou calor depende das condições ambientais e das propriedades do material construtivo. Este trabalho teve como objetivos avaliar telhas em função de sua superfície (limpa ou suja) baseando nas temperaturas da superfície e nos índices de conforto térmico, em modelos reduzidos de instalações rurais, para as condições de verão. As temperaturas das superfícies das telhas apresentaram diferenças estatísticas. As telhas cerâmicas limpas e sujas e de fibrocimento limpas apresentaram ITGU (índice de temperatura de globo negro e umidade) e CTR (índice de carga térmica de radiação) similares e foram as melhores na proteção do calor. Houve significativa redução da CTR, de 24,70 e de 32,70%, para os telhados de aço galvanizado e de cerâmica limpos, respectivamente, em comparação ao ambiente. Os máximos de IBUTG (índice de bulbo úmido - temperatura de globo negro) mostram que um trabalhador pode estar sujeito à condição insalubre por calor. Pode-se concluir que para conforto térmico, o telhado do melhor para o pior, é formado de telhas cerâmicas limpas e sujas, de fibrocimento limpas, de alumínio limpas, de fibrocimento sujas e por telhas de aço galvanizado limpas, respectivamente.

PALAVRAS-CHAVE: emissividade, condutibilidade térmica, fatores ambientais.

THERMAL EFFICIENCY OF ROOFS IN FUNCTION OF ROOF TILES CONSERVATION STATE

ABSTRACT: The thermal sensation of cold or heat depends on the environmental conditions and properties of the constructive material. This work has the objective to evaluate roof tiles to coverage in function on surfaces (clean or dirty), based on surface temperatures and thermal comfort indexes, using physical models of reduced scale rural facilities, in summer conditions. The surface temperatures of the tiles presented statistical differences. The roofs by clean and dirty ceramic tiles and the clean fiber cement tiles presented BGHI (black globe and humidity index) and RHL (radiant heat load index) similar and were the best on heat protection. There was significant reduction of RHL, from 24.70 and 32.70%, for the roofs of galvanized steel and ceramic roof tiles clean, respectively, compared to the unshaded area. The maximum values of WBGT (wet bulb globe and temperature index) show that a worker can be subject to unhealthy condition by heat. It can be concluded that for thermal comfort, the roof from the best to the worst, is formed of clean and dirty ceramic tiles, clean fiber cement tiles, clean aluminum tiles, dirty fiber cement tiles and clean galvanized steel tiles, respectively.

KEYWORDS: emissivity, thermal conductivity, environmental factors.

INTRODUÇÃO: A cobertura é a parte da edificação que está sujeita às maiores flutuações térmicas. Pela exposição direta ao sol, induz temperaturas mais altas no ambiente no período diurno e, no período noturno, induz temperaturas mais baixas, por ser o elemento da edificação que perde calor mais rapidamente para a atmosfera. De forma que a escolha adequada da telha se torna preponderante na manifestação do conforto térmico. De acordo com ABREU et al. (2011), os menores valores de temperatura das superfícies das coberturas não significam, necessariamente, que tenha ocorrido uma situação de conforto térmico. Esta condição deve ser confirmada por meio da avaliação dos índices de conforto, por considerar o efeito da transferência de calor sensível e latente. SILVA et al. (2015), compararam entre outros tipos de coberturas, telhas de alumínio, telhas cerâmicas tipo romana e telhas de fibrocimento, em modelos em escala e obtiveram ITGU médio de 78,44; 78,75 e 80,47 e CTR médio de 490,64; 492,24 e 500,26 W.m^{-2} , respectivamente. Concluíram que as duas primeiras coberturas foram estatisticamente iguais para os índices avaliados, entretanto não mencionam o estado de conservação das telhas. Os materiais convencionais de cobertura ficam envelhecidos, assim, este estudo objetivou avaliar telhas cerâmica e de fibrocimento limpas e sujas, telhas de alumínio e de aço galvanizado limpas, em modelos reduzidos de instalações rurais, a partir das análises das temperaturas superficiais e dos índices de conforto térmico, nas condições de verão, para indicar ou não posterior manutenção.

MATERIAL E MÉTODOS: Esta pesquisa foi conduzida na área experimental de Ambiência, localizada no Estado de Santa Catarina, Brasil ($27^{\circ}48'58''$ S e $50^{\circ}19'34''$ W), em época de verão. Seis modelos em escala distorcida foram construídos, de acordo com a teoria de similitude, na escala 1:10 nas dimensões horizontais e 1:2 nas dimensões verticais, com medidas internas de 3,0 m de comprimento, 1,4 m de largura e 1,5m de altura até a linha da tesoura e afastados entre si para evitar sombreamento. Os modelos foram baseados nas dimensões usuais de galpões avícolas, com direção leste-oeste e as aberturas, principalmente no telhado, foram fechadas com espuma de poliuretano para evitar ao máximo, trocas térmicas pelo vento.

Os telhados avaliados, considerados tratamentos, foram formados por: Trato 1 – telhas cerâmica sujas tipo francesas (TCV). Trato 2 - telhas cerâmica limpas tipo francesas, (TCN). Trato 3 - telhas de fibrocimento sujas corrugadas (TFCV). Trato 4 - telhas de fibrocimento limpas corrugadas (TFCN). Trato 5 - de telhas corrugadas de aço galvanizado limpas (TAG). Trato 6 - telhas corrugadas de alumínio limpas (TAL), conforme mostra a Figura 1. A estrutura dos telhados era de madeira com inclinação média de telhas de 25%.



Figura 1. Vista externa dos telhados e do modelo em escala reduzida de instalações rurais.

As medidas foram realizadas a intervalos horários, entre 9 e 17 horas, em 10 dias típicos de verão, nos meses de fevereiro (7 dias) e março (3 dias) de 2017. O delineamento foi em blocos casualizados (horas diárias), os dias como repetição e 6 tratamentos, sendo o ambiente externo não sombreado como controle, para a comparação das temperaturas superficiais das telhas e dos índices de conforto térmico. Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste “F” e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 0,05 de significância.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Os valores médios das temperaturas superficiais externa (TSe) e interna (TSi) das telhas são mostrados nas Figura 2.

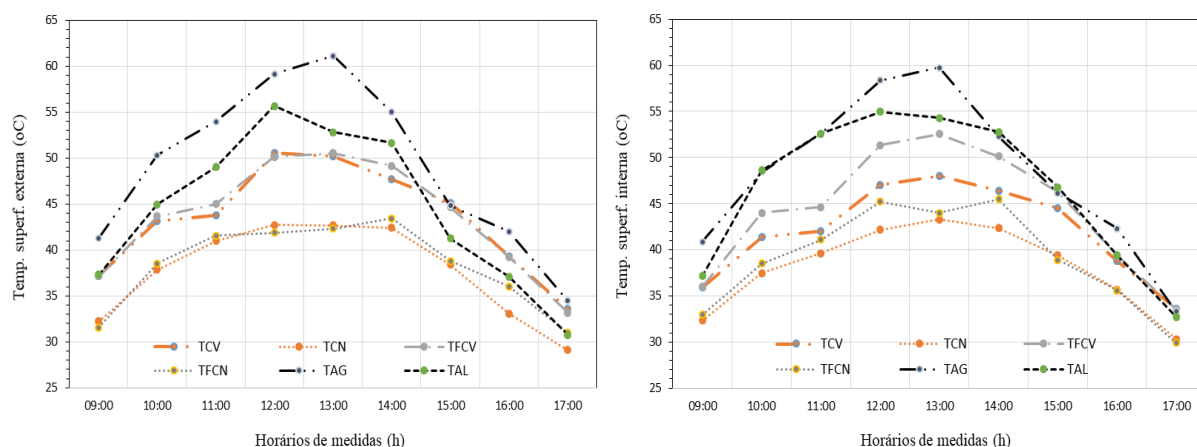
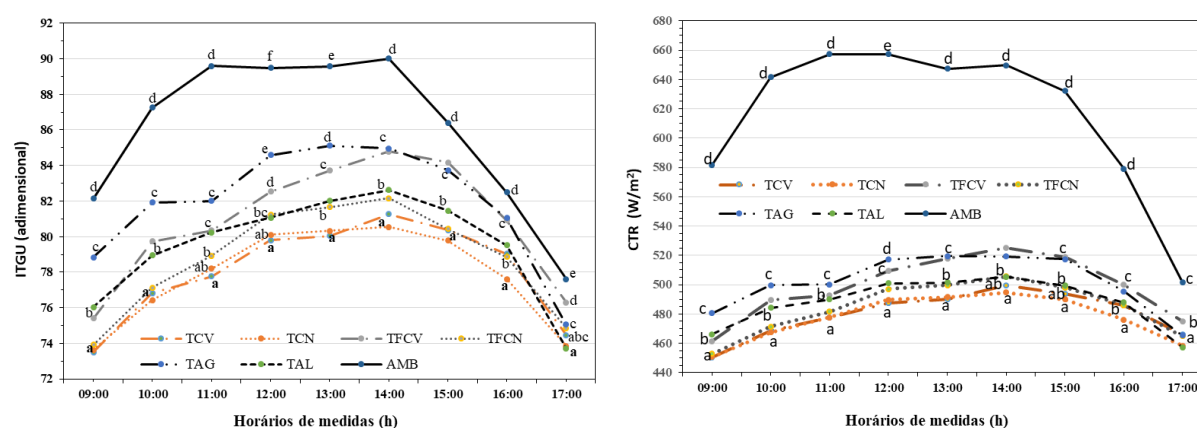


Figura 2. Valores médios horários das temperaturas superficiais externa e interna das telhas.

Somente as telhas cerâmicas e de fibrocimento limpas apresentaram aquecimento semelhantes. O aço galvanizado e o alumínio, embora tenham albedo próximos nos diversos comprimentos de onda, o último apresenta emissividade mais baixa, podendo resultar em ambientes mais confortáveis, mesmo com altas temperaturas na superfície.

A Figura 3 mostra o desenvolvimento de ITGU e CTR para os horários de medidas.



Letras iguais no mesmo horário não diferem pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Figura 3. Valores médios de ITGU e CTR, de acordo com os horários de medidas.

Valores altos de ITGU, que denota condição de menor conforto térmico por elevada temperatura do globo negro, foram encontrados nos tratamentos TFCV (ITGU = 80,88) e TAG (ITGU = 81,92). Os ITGUs registrados nos modelos reduzidos foram inferiores ao do ambiente externo (ITGU = 86,07), evidenciando a importância da cobertura para o conforto térmico. Esses resultados, na totalidade ou para alguns, apresentam valores semelhantes aos obtidos por SAMPAIO et al. (2011), SILVA et al. (2015), CARNEIRO et al. (2015).

Considerando ITGU = 75 como valor limite do conforto térmico ambiental da maioria dos animais citado em vários estudos, nas horas mais quentes, os telhados apresentaram baixo desempenho térmico.

Os valores máximos de CTR, que denotam baixa capacidade térmica das telhas, foram registrados nos tratamentos TFCV e TAG. A telha de alumínio se comportou entre as telhas de fibrocimento limpas e sujas. Estes resultados apresentam tendência e/ou valores semelhantes aos obtidos por SILVA et al. (2015), AKAMINE e PASSINI (2017).

O ITGU é um indicador importante das condições ambientais, entretanto, deve-se evitar ao máximo trocas térmicas pelo vento próximo aos telhados e mesmo no interior dos modelos. Caso isso ocorra, os resultados normalmente esperados para ITGU poderão sofrer distorções em comparação ao índice CTR, que considera a velocidade do ar combinada a outras variáveis.

CONCLUSÕES: As temperaturas superficiais e os índices térmicos registrados nos modelos permitem concluir que os telhados, do melhor para a pior, em termos de conforto térmico foram formados de telhas cerâmica limpas e sujas, de fibrocimento limpas, de alumínio limpas, de fibrocimento sujas e de aço galvanizado limpas, todos com desempenho térmico superior em relação ao ambiente não sombreado.

O telhado formado de telhas de fibrocimento limpas teve uma diminuição de até 2 pontos no valor médio de ITGU em comparação com o de telhas de fibrocimento sujas. Isso equivale a uma diminuição da temperatura de globo negro (T_{gn}) de até 3,5 °C, em média.

Os telhados mostraram ineficazes no fornecimento de conforto térmico ambiental para a maioria dos animais produzidos em instalações fechadas, identificados através das medidas de ITGU. O calor produzido pelos animais não foi contabilizado, o que elevaria ainda mais a entalpia no ambiente. A utilização de outros meios para a redução dos índices térmicos será necessária, principalmente nos horários mais quentes, normalmente entre 11 e 16 h.

AGRADECIMENTOS: À UDESC e FAPESC, pelo aporte financeiro da pesquisa.

REFERÊNCIAS:

- ABREU, P. G.; ABREU, V. M. N.; COLDEBELLA, A.; LOPES, L. S.; CONCEIÇÃO, V.; TOMAZELLI, I. L. Análise termográfica da temperatura superficial de telhas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, p.1193-1198, 2011. <http://dx.doi.org/10.1590/S141543662011001100013>
- AKAMINE, L.A.; PASSINI, R. Índices de conforto térmico para aves em modelos reduzidos com diferentes coberturas. **Revista Espacios**, v.38, n.6, p.7-21, 2017.
- CARNEIRO, T.A.; GUISELINI, C.; PANDORFI, H.; LOPES NETO, J.P.; LOGES, V.; SOUZA, R.F.L. Condicionamento térmico primário de instalações rurais por meio de diferentes tipos de cobertura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.19, n.11, p.1086-192, 2015.
- SAMPAIO, C. A. P.; CARDOSO, C. O.; SOUZA, G. P. Temperaturas superficiais de telhas e sua relação com o ambiente térmico. **Revista Engenharia Agrícola**, v.31, p.230-236, 2011.
- SILVA, M.G.; MARTIN, S.; OLIVEIRA, C.E.G.; MOSCON, E.S., DAMASCENO, F.A. Desempenho térmico de tipos de coberturas no interior de modelos reduzidos de galpões avícolas. **Energia na Agricultura**, Botucatu, vol. 30, n.3, p.269-275, 2015.