

FLUXO DE CALOR EM FUNÇÃO DO ESTADO DE CONSERVAÇÃO DE TELHAS

**CARLOS AUGUSTO DE PAIVA SAMPAIO¹, RODRIGO FIGUEIREDO TEREZO²,
LEONARDO DE BRITO ANDRADE³, ILSON VASSEM JÚNIOR⁴, KENEDY DE
SOUZA SANTOS⁴, LEONARDO MOTTA DA COSTA SILVA⁴**

¹ Dr., Universidade do Estado de Santa Catarina (CAV/UDESC), carlos.sampaio@udesc.br

² Dr., Universidade do Estado de Santa Catarina (CAV/UDESC), rodrigo.terezo@udesc.br

³ Dr., Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), leonardo.andrade@ufsc.br

⁴ Discentes, (CAV/UDESC), jrvassem@hotmail.com; kennedyssantos1402@gmail.com; leonardomottasilva@outlook.com

Apresentado no
LII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2023
18 a 21 de outubro de 2023 – Ribeirão Preto - SP, Brasil

RESUMO: Este trabalho teve como objetivos avaliar telhas com superfícies limpa e suja, baseando nas temperaturas da superfície, entalpia do ar e nos índices de conforto térmico, em modelos reduzidos de instalações rurais, para as condições de inverno. Os resultados indicaram que os telhados de cerâmicas tipo francesa e de fibrocimento limpos foram os que menos aqueceram nas superfícies. Os máximos valores de ITGU (índice temperatura de globo negro e umidade) e de CTR (índice de carga térmica radiante) foram observados por volta das 14 h no telhado de fibrocimento, proporcionando maior conteúdo calórico ao ambiente. O telhado de alumínio apresentou comportamento semelhante ao telhado de cerâmica sujo. Os resultados deste estudo permitem uma importante contribuição sobre a manutenção da cobertura ao longo de sua vida útil e, tal fato se deve a grande área de interceptação de radiação pelos telhados, que se verifica na maioria das edificações rurais.

PALAVRAS-CHAVE: albedo, fatores ambientais, textura

THERMAL FLUX IN FUNCTION OF ROOF TILES CONSERVATION STATE

ABSTRACT: This work has the objective to evaluate roof tiles with surfaces clean and dirty, based on surface temperatures, enthalpy of the air and thermal comfort indexes, using physical models of reduced scale rural facilities, in winter conditions. The results indicated that the roofs made of French-style ceramics and clean fiber cement were the ones that heated up the least on the surfaces. The maximum values of BGHI (black globe temperature and humidity index) and RHL (radiant thermal load index) were observed around 2p.m. on the fiber cement roof, providing greater caloric content to the environment. The aluminum roof showed similar behavior to the dirty ceramic roof. The study results allow an important contribution to the maintenance of roof throughout its useful life and this fact is due to the large area of interception of radiation by roofs, found in most rural buildings.

KEYWORDS: environmental factors, albedo, texture

INTRODUÇÃO: A importância da avaliação de diferentes tipos de telhas e sua relação com o ambiente térmico, através dos índices de conforto térmico, foram estudados por diversos pesquisadores. O impacto no conforto térmico dos materiais de construção utilizados nas edificações foi estudado por diversos pesquisadores. A maioria dos estudos sobre desempenho

térmico de materiais de cobertura e conforto térmico, no Brasil, são direcionados para períodos de clima quente, com poucas informações para períodos de clima frio. Esta pesquisa teve como objetivo avaliar telhas limpas e sujas de cerâmica de barro (tipo francesa) e de fibrocimento, telhas limpas de alumínio e de aço galvanizado, amplamente utilizadas em edificações rurais, com base nas temperaturas superficiais acima e abaixo das telhas, índices de conforto térmico (ITGU, RHL) em condições de inverno em uma das regiões mais frias do Brasil, utilizando modelos físicos convencionais de instalações rurais de escala reduzida.

MATERIAL E MÉTODOS: Esta pesquisa foi conduzida na área experimental de Ambiência, localizada no Estado de Santa Catarina, Brasil (27°48'58" S e 50°19'34" W), em condições de inverno extremo. Apresenta frequência de dias com temperatura mínima abaixo de 0°C principalmente durante o inverno, sendo julho o mês mais frio. O tipo de clima Koeppen predominante é Cfb (mesotérmico úmido ou temperado). Geadas e nevascas no inverno e ventos moderados do nordeste geralmente ocorrem. Seis modelos em escala distorcida foram construídos na direção Leste-Oeste, de acordo com a teoria de similitude (SAMPAIO et al., 2018), na escala 1:10 nas dimensões horizontais e 1:2 nas dimensões verticais, com medidas internas de 3m de comprimento, 1,4m de largura e 1,5m de altura até a linha da tesoura, afastados entre si para evitar sombreamento (Figura 1).



Figura 1. Vista externa das coberturas e modelo em escala reduzida de instalações rurais. Os 6 telhados avaliados, considerados tratamentos, foram: telhado sujo (DC) e limpo (CC) de telhas de barro cerâmico tipo francesa (20mm de espessura; $k \cong 0,93 \text{ W/mK}$; $\varepsilon = 0,95$). Telhado sujo (DFC) e limpo (CFC) de telhas de fibrocimento corrugado (5mm de espessura; $k \cong 0,65 \text{ W/mK}$; $\varepsilon = 0,95$). Telhado limpo de aço galvanizado corrugado (CSG) (0,5mm de espessura; $k \cong 50,2 \text{ W/mK}$; $\varepsilon = 0,25$). Telhado limpo de aluzinco corrugado (CAL) (0,5mm de espessura; $k \cong 205 \text{ W/mK}$; $\varepsilon = 0,04$). k , ε representam condutividade térmica e emissividade, respectivamente. Telhas sujas significam presença de musgo, líquen e poeira, enquanto telhas limpas significam ausência de musgo, líquen e poeira. As aberturas, principalmente no telhado, foram fechadas com espuma de poliuretano para evitar ao máximo, trocas térmicas pelo vento. O entorno era formado por grama rala e cascalho e as laterais norte-sul foram

fechadas com filme para estufa de 100 μ . A estrutura dos telhados era de madeira com inclinação média de telhas de 25%. As medidas foram obtidas em intervalos de uma hora, entre 9h e 17h, e realizadas em 13 dias típicos de inverno, junho (1 dia), julho (8 dias), agosto (2 dias) e setembro (2 dias) de 2017, com base em valores mais baixos de entalpia específica do ar (SILVA et al., 2015b). O delineamento experimental foi em blocos ao acaso com 6 tratamentos e 13 blocos (dias de maior entalpia), considerando o dia como fator local de controle, conforme CASTRO et al. (2017). O ambiente sem sombra (ENV) foi usado como controle. A análise do teste F e o teste de Tukey a 5% de significância foram aplicados às médias dos dados obtidos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: A Figura 2 mostra as temperaturas médias da superfície externa (acima das telhas) e interna (abaixo das telhas) para os horários de medição e foram de 24,48; 20,75; 26,16; 21,40; 26,74; 24,99; oC (acima das telhas) e 24,12; 21,92; 26,23; 22,26; 26,77; 26,19; oC (abaixo das telhas) registrados para os tratamentos DC, CC, DFC, CFC, CSG e CAL, respectivamente, e ocorreram entre 13 e 14 horas.

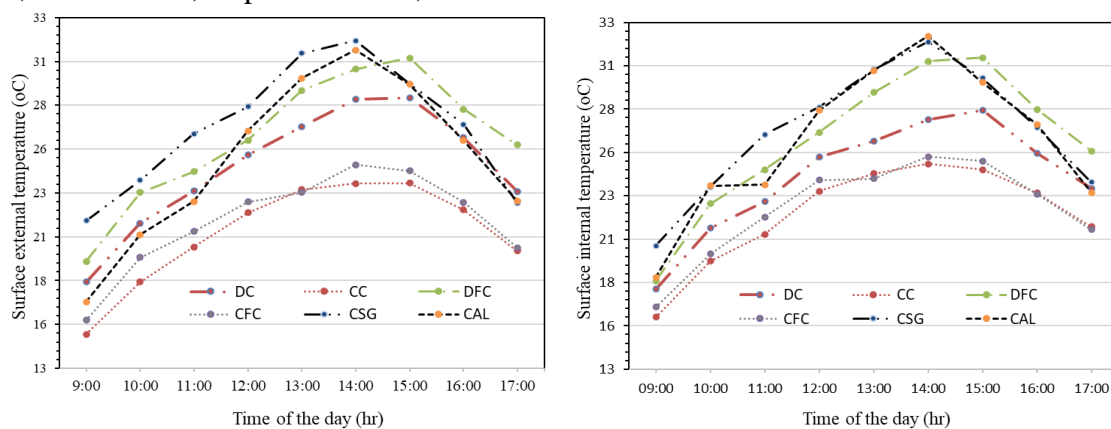
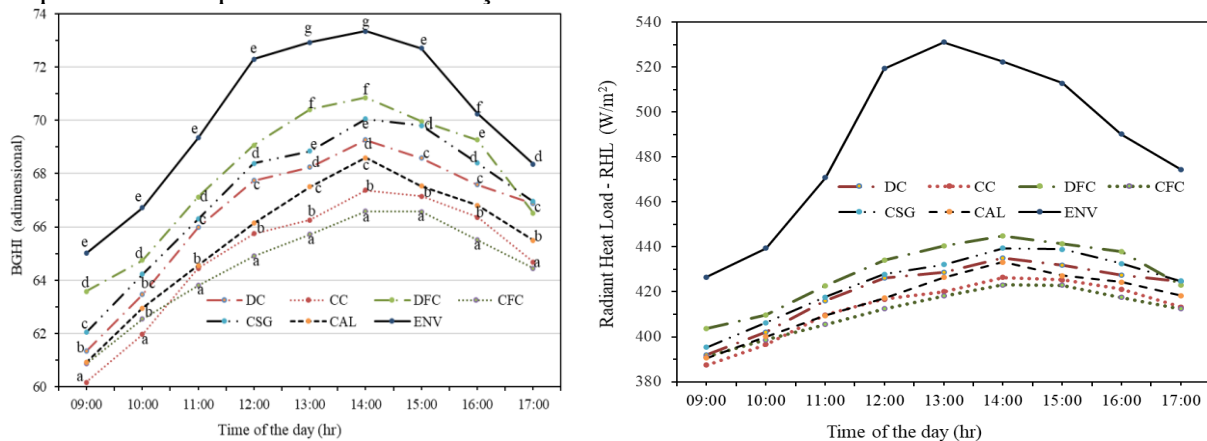


Figura 2. Valores médios das temperaturas externa e interna das telhas.

As telhas limpas na superfície, de cerâmicas e de fibrocimento, foram as menos quentes e tiveram comportamento semelhantes. A telha de aço galvanizado limpa teve as temperaturas de superfície mais altas. O amortecimento térmico apresentado pelas telhas sujas foi inferior ao apresentado pelas telhas limpas, ou seja, inferior a 1,0 °C, exceto as telhas de alumínio limpas. Ambientes com amplitudes térmicas muito amplas podem comprometer o desenvolvimento de animais confinados, pois devem se adaptar às variações de temperatura em um curto período de tempo. A Figura 3 mostra o desenvolvimento BGHI e CTR, respectivamente para os dias de medição.



Médias seguidas de letras diferentes indicam diferença estatística ($P < 0,05$) para cada tempo pelo teste de Tukey. Figura 3. Valores médios do ITGU e CTR para os tratamentos nos tempos de medição.

O IBUT apresentou valores médios de 66,56; 64,91; 67,95; 64,55; 67,22; 65,61; 70,10 registrados para os tratamentos DC, CC, DFC, CFC, CSG, CAL e ENV, respectivamente. Mesmo em condições de inverno, o ITGU em ambiente sem sombreamento foi maior do que o registrado nos modelos. As cerâmicas argilosas limpas e sujas de telhas francesas apresentaram amplitude de 1,65 para a média do índice ITGU, enquanto as telhas de fibrocimento limpas e sujas foram maiores, ou seja, de 3,4 para a média do índice ITGU, o que indica maior teor de calor. Observou-se aumento progressivo dos valores de ITGU desde o primeiro momento de avaliação, com valores máximos próximos às 14 horas. CASTRO et al. (2017), AKAMINE (2017) constataram que os valores médios de ITGU foram elevados por volta das 14 h. Isso se deveu ao aumento da temperatura que envolve o globo negro. Em condições reais, deve-se considerar o calor gerado pelos animais. As telhas de fibrocimento sujas registraram maior ITGU, isso está relacionado a trocas térmicas complexas e propriedades como emissividade e albedo de sua superfície externa. As telhas de alumínio tinham valores como as telhas cerâmicas suja. Os valores médios do RHL foram de 420,39; 412,97; 428,66; 411,29; 423,88; 416,31; 487,44; W/m² para os tratamentos DC, CC, DFC, CFC, CSG, CAL e ENV, respectivamente. Mesmo em condições de inverno, CTR em ambiente sem sombreamento foi maior do que o registrado nos modelos. As telhas de barro limpas e sujas apresentaram amplitude de 7,42 W/m², enquanto as telhas de fibrocimento limpas e sujas foram de 17,37 W/m², indicando maior conteúdo calórico no ambiente. CASTRO (2017); SOUZA (2018) constataram que os valores médios de RHL foram elevados às 14 h. O índice ITGU é um fator importante das condições ambientais, porém deve-se evitar mudanças térmicas devido ao vento próximo às coberturas e mesmo dentro das maquetes. Caso isso ocorra, os resultados normalmente esperados para ITGU podem sofrer distorções em relação ao índice RHL, que considera a velocidade do ar combinada com outras variáveis.

CONCLUSÕES: As temperaturas de superfície acima e abaixo das telhas e os índices de conforto térmico indicam que as telhas limpas de cerâmica de barro e de fibrocimento foram as que proporcionaram mais frio nos ambientes. A telha suja de fibrocimento foi a que proporcionou maior teor calórico em ambiente interno. O telhado de alumínio apresentou comportamento semelhante ao telhado cerâmico sujo.

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

REFERÊNCIAS:

- 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.
- CASTRO, A.C; SILVA, I.J.O.; NAZARENO, A.C.; NUNES, M.L.A.; PIEDADE, S.M.S. Thermal efficiency of different coverage materials in reduced models of animal husbandry facilities: a case study. **Eng. Agríc.**, Jaboticabal, v.37, n.3, p.403-413, 2017. Doi:<http://dx.doi.org/10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v37n3p403-413/2017>
- SILVA, K.C.P.; CAMPOS, A.T.; YANAGI JUNIOR, T.; CECCHIN, D.; LOURENÇONI, D.; FERREIRA, J.C. Reaproveitamento de resíduos de embalagens Tetra Pak-® em coberturas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.19, n.1, p.58-63, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v19n1p58-63>.
- SAMPAIO, C.A.P.; TEREZO, R.F.; ROSA, T.O.; BURIGO, M.C.; ANDRADE, L.B. Similitude and thermal performance on non-conventional roofs. **Engenharia Agrícola** 38(1):7-12. DOI: <https://doi.org/10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v38n1p7-12/2018>.
- SOUZA, I.J.; OLIVEIRA, Z.B.; SARETTA, E.; RODRIGUES, L.R.; SILVA, C.M.; TONDOLO, T. Análise do conforto térmico em modelos reduzidos de galpões agrícola. **Ciência e Natura** 40:140-147. DOI: <http://dx.doi.org/10.5902/2179460X35512/2018>