

DESEMPENHO TÉRMICO DE ÁTICOS COM ISOLAMENTO TÉRMICO REFLEXIVO: ESTUDO EM UMA BANCADA EXPERIMENTAL¹

MICHELS, C., Universidade Federal do Amazonas, e-mail: carenmichels@yahoo.com; GÜTHS, S., Universidade Federal de Santa Catarina, e-mail: saulo@lmpt.ufsc.br

ABSTRACT

One of the major worries arisen in the past years concerns the quantity of energy spent in order to provide thermal comfort in buildings, since a large part of this energy results from the heat transference through the coverage. Encouraging the reduction of thermal gain through this surface is one of the ways to decrease the expenses with energy and to provide thermal comfort. This research aims to evaluate the thermal performance of attics with and without reflective thermal insulation in the summer and winter by experimental measurements. To this end, a testing workbench was built and four samples of coverage were evaluated. All samples contained fiber cement tiles and concrete slab, one of which was used as the reference, two present reflective thermal insulation and the last is formed by white tiles. Results showed that the use of reflective thermal insulation increased the attic thermal resistance in both seasons. In the descendant heat flow (summer), the attic thermal resistance was higher than in the ascendant flow (winter). Regarding the white tiles effect, there was a decrease in the superficial temperatures and the diurnal heat transference in both seasons.

Keywords: Roof. Heat flux. Thermal resistance.

1 INTRODUÇÃO

Um dos maiores desafios previstos para o futuro do planeta está relacionado com a produção e o consumo de energia. O primeiro relaciona-se com a diversificação da matriz energética procurando por fontes renováveis, e o segundo refere-se à redução do consumo de energia.

Adotar técnicas que visem a melhoria do desempenho energético das edificações não está relacionado somente a implementação de equipamentos e sistemas mais eficientes, mas também, envolve decisões construtivas e escolha de materiais que aprimorem o desempenho térmico do envelope das edificações.

O isolamento térmico reflexivo é um material que é cada vez mais utilizado para isolar termicamente coberturas e assim reduzir o consumo de energia.

Muitos estudos realizados com isolamentos reflexivos se referem à redução do consumo de energia (ASADI; HASSAN; BEHESHTI, 2012; ASADI; HASSAN, 2014; CHANG; CHIANG; LAI, 2008; DESJARLAIS, 2010; GUO et al., 2012; MEDINA, 2012) e à redução na transferência de calor para o interior da edificação (DIMOUDI; LYKOUDIS; ANDROUTSOPOULOS, 2006; MEDINA, 2000a,

¹ MICHELS, C., GÜTHS, S. Desempenho térmico de áticos com isolamento térmico reflexivo: estudo em uma bancada experimental. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 17., 2018, Foz do Iguaçu. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2018.

2000b; MEDINA; YOUNG, 2008; MICHELS; LAMBERTS; GÜTHS, 2008a, 2008b; WINIARSKI; O'NEAL, 1996).

Outros estudos comparam o desempenho térmico entre o isolamento térmico convencional e o reflexivo (D'ORAZIO et al., 2013; HAUSER et al., 2013). Nos últimos anos, pesquisas relacionadas aos isolamentos por reflexão da radiação de onda longa investigam a resistência térmica de coberturas com material de baixa emissividade (BELUSKO; BRUNO; SAMAN, 2011; CRAVEN; GARBER-SLAGHT, 2011; MIRANVILLE et al., 2008, 2012, SABER, 2012, 2013, 2014a, 2014b).

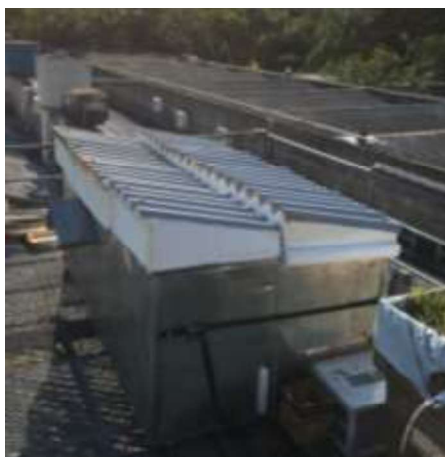
Esse trabalho tem como objetivo realizar a avaliação do desempenho térmico de áticos por meio de ensaios experimentais com o uso de uma bancada experimental em campo.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Os ensaios foram realizados por meio de uma bancada experimental que comporta até oito coberturas, exposta as condições reais do clima da região de Florianópolis (Santa Catarina, Brasil).

O aparato experimental (Figura 1) possui a dimensão de 1,56 m de largura e 3,30 m de comprimento e cada cobertura possui a dimensão da base de 0,70 m x 0,70 m. As coberturas possuem a orientação norte para receberem a maior radiação solar possível, uma vez que o objeto de estudo neste trabalho é o ático.

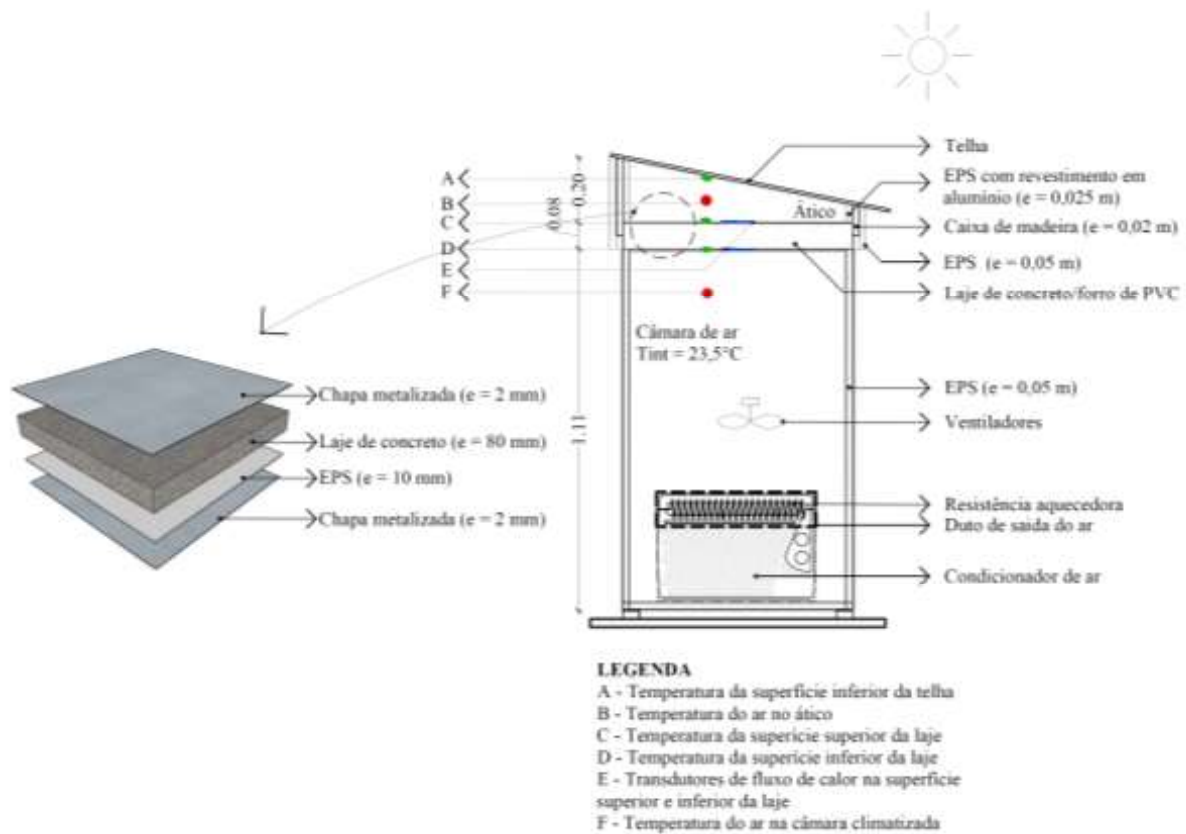
Figura 1- Imagem da bancada experimental



Fonte: Os autores

A Figura 2 mostra um corte transversal da bancada experimental. Com o objetivo de simular a condição interna de uma edificação climatizada, a temperatura na câmara inferior foi mantida a 23,5 °C, por meio do uso de dois condicionadores de ar e de resistências aquecedoras, ligados a um controlador PID. Abaixo de cada cobertura foi instalado um ventilador com o objetivo de distribuir uniformemente o ar no interior da câmara de ar.

Figura 2 - Corte esquemático da bancada e detalhe da laje de concreto


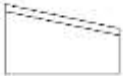

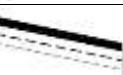


Fonte: Os autores

Utilizaram-se quatro das oito coberturas disponíveis na bancada experimental. A configuração de cada cobertura está apresentada na Tabela 1. As telhas de fibrocimento foram utilizadas pelo fato de ser um material de construção muito comum no Brasil.

Os dados foram coletados para o período de clima quente (fluxo predominante descendente) e para o período de clima frio (fluxo predominante ascendente).

Tabela 1- Configuração das coberturas

Cobertura	Símbolo	Configuração do sistema de cobertura
REF		Laje de concreto + câmara de ar + telha de fibrocimento ($\alpha=0,5$). Cobertura de referência
BRC		Laje de concreto + câmara de ar + telha de fibrocimento pintada de branco ($\alpha=0,2$)
BR ↓		Laje de concreto + espaço do ático + barreira radiante (alumínio para baixo) + camada de ar (5 cm) + telha de fibrocimento convencional ($\alpha=0,5$)
BR ↑		Laje de concreto + espaço do ático + barreira radiante (alumínio para cima) + camada de ar (5 cm) + telha de fibrocimento convencional ($\alpha=0,5$)

Fonte: Os autores

Para medir as temperaturas superficiais e do ar foram utilizados termopares do tipo T, AWG 36 e o fluxo de calor nas coberturas foi medido por transdutores de fluxo de calor a gradiente tangencial com dimensões de 10 x 10 cm e espessura de 1mm (GÜTHS et al., 1995). O posicionamento dos sensores está mostrado na Figura 2.

O cálculo da resistência térmica foi realizado pela razão entre o somatório das diferenças de temperatura (entre a telha e a face superior da laje) e o somatório dos fluxos de calor (Equação 1), cujo método é o indicado pela ISO 9869 (2014).

$$R_{iso} = \frac{\sum \Delta T}{\sum q} \quad (1)$$

3 RESULTADOS

3.1 Resultados para o período de clima quente

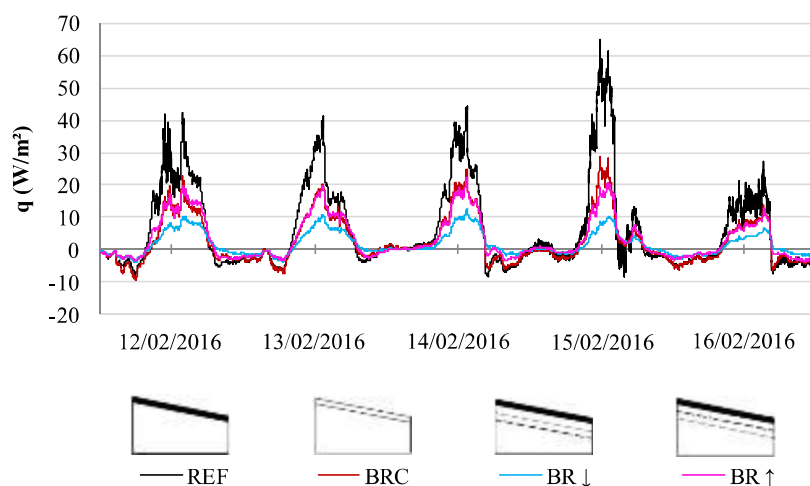
Estas medições foram realizadas entre 12 e 16 de fevereiro de 2016, durante os dias 12 a 15 o tempo apresentou condição de sol entre nuvens e no dia 16 houve a presença de muita nebulosidade. A temperatura externa variou entre 22,9°C (dia 12/02/2016, às 06 horas e 10 minutos) e 36,6°C (dia 14/02/2016, às 13 horas e 29 minutos).

A Figura 3 mostra o fluxo de calor na parte superior da laje de concreto. Observou-se que todas as coberturas apresentaram redução no ganho térmico durante o dia em relação à cobertura de referência. O telhado de fibrocimento branco (cobertura 2) reduziu em aproximadamente à metade o fluxo de calor.

Apesar das coberturas com a face aluminizada para baixo e com a face aluminizada para cima apresentarem os mesmos materiais, o comportamento térmico entre as duas foi diferente. A primeira apresentou maior redução do fluxo de calor do que a segunda.

Após o término das medições para este período, os isolamentos térmicos das coberturas com isolamento térmico reflexivo (BR↓ e BR↑) foram removidos e constatou-se que o isolamento térmico utilizado na cobertura com a face aluminizada voltada para cima apresentou oxidação da superfície.

Figura 3 - Fluxo de calor para o período de clima quente



Fonte: Os autores

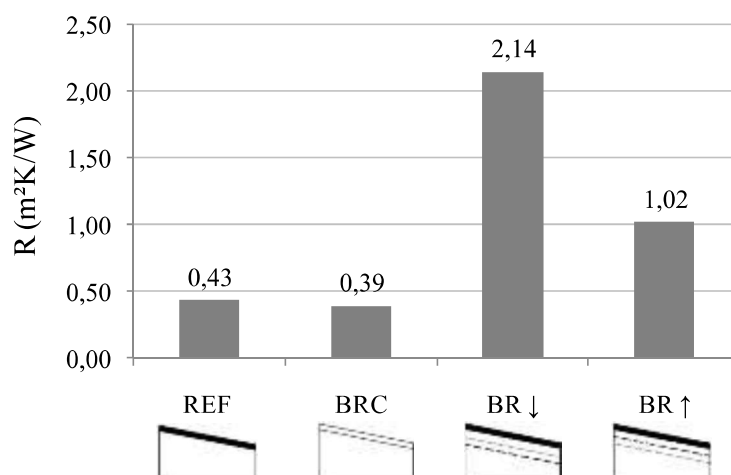
A emissividade foi medida com o uso do equipamento emissômetro modelo AE1 (Device & Services Co.) e verificou-se que a emissividade dos isolamentos térmicos reflexivos utilizados com a face aluminizada voltada para baixo e com a face aluminizada voltada para cima foi de 0,11 e de 0,70, respectivamente, ambas maiores quando comparadas com o material novo, cuja emissividade foi de 0,06. Esse fato reforça a indicação de sempre utilizar esse material com a face de alumínio voltada para baixo.

Durante o período de 12 a 16 de fevereiro de 2016, 84% do fluxo de calor foi descendente e 16% foi ascendente. Portanto, com a finalidade de obter um valor de resistência térmica que caracterizasse o período do verão, utilizaram-se os dados de fluxo de calor descendente para calcular o valor da resistência térmica.

A Figura 4 mostra a resistência térmica total por cobertura para o período de clima quente. Verificou-se que as coberturas 1 e 2 apresentam resultados similares, em função de apresentarem a configuração da cobertura formada por apenas uma camada de ar.

O uso de isolamento reflexivo aumentou a resistência térmica do ático, passando de 0,43 m²K/W da cobertura de referência para 2,14 m²K/W na cobertura com a face aluminizada voltada para baixo, e para 1,02 m²K/W na cobertura com a face aluminizada voltada para cima. Comparando-se as coberturas BR↓ e BR↑ é perceptível o efeito que a oxidação da superfície do alumínio ocasionou na resistência, reduzindo praticamente pela metade a resistência térmica da cobertura com a superfície aluminizada voltada para cima.

Figura 4 - Resistência térmica – Fluxo descendente



Fonte: Os autores

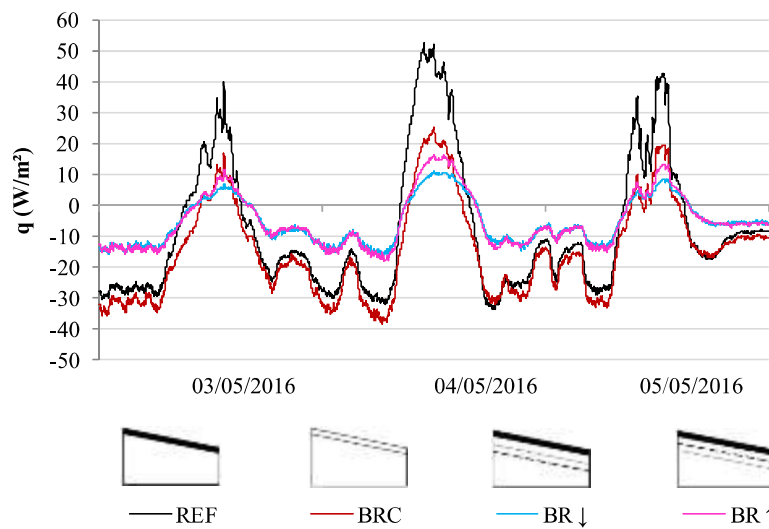
3.2 Resultados para o período de clima frio

Os dados para o período de clima frio foram coletados de 03 a 05 de maio de 2016, neste período os dias foram ensolarados. A temperatura externa variou entre 14,4 °C (04 de maio, às 6 horas e 57 minutos) e 25,4°C (04 de maio, às 13 horas e 15 minutos).

O fluxo de calor para o período de clima frio pode ser observado na Figura 5. O material isolante da cobertura BR↓ e BR↑ com foi substituído por um novo, em função da oxidação da superfície. Desta forma, as coberturas BR↓ e BR↑, ambas com o mesmo isolamento, apresentaram o comportamento térmico semelhante, evidenciando que o lado para o qual a face aluminizada do isolamento térmico está voltada influencia pouco no fluxo de calor total que atravessa o sistema da cobertura.

A cobertura com telhas brancas, reduziu os ganhos térmicos em aproximadamente 25W/m² (no horário de pico) em relação a cobertura de referência, cujo valores máximos de fluxo de calor variaram entre 40 W/m² e 50 W/m².

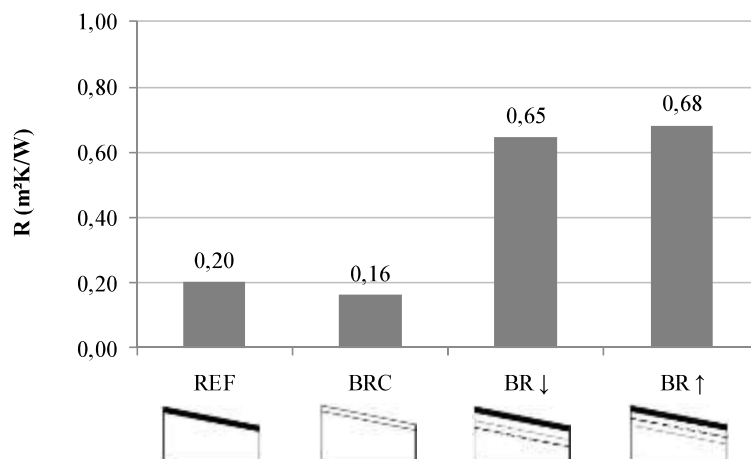
Figura 5 - Fluxo de calor para o período de clima frio



No caso do período de clima frio, o sentido do fluxo de calor considerado para os cálculos foi o ascendente, por ser predominante nessa época do ano (70% ascendente e 30% descendente).

A Figura 6 mostra a resistência térmica total para o sentido de fluxo de calor ascendente. A cobertura de referência apresentou uma resistência de 0,20 m²K/W enquanto que o isolamento reflexivo com a face aluminizada para baixo (BR↓) apresentou a resistência de 0,65 m²K/W e cobertura com a face aluminizada para cima (BR↑) apresentou a resistência de 0,68 m²K/W.

Figura 6 - Resistência térmica – Fluxo de calor ascendente



4 CONCLUSÕES

O desenvolvimento deste estudo teve como finalidade verificar o emprego de uma bancada experimental em escala reduzida para determinar a transferência de calor em áticos. Foram realizados estudos para os períodos

de clima quente e de clima frio a fim de verificar a influência do sentido do fluxo de calor na resistência térmica do ático.

Durante o período mais quente, todas as coberturas apresentaram redução do fluxo de calor na face superior da laje de concreto em relação à cobertura de referência. Em relação a resistência térmica, verificou-se que o uso de isolamento reflexivo promoveu o aumento desse valor. A cobertura de referência apresentou a resistência térmica de 0,43 m²K/W, enquanto que a cobertura com barreira radiante com alumínio para baixo (BR↓) apresentou a resistência térmica de 2,14 m²K/W e a cobertura com barreira radiante com alumínio para cima (BR↑) de 1,02 m²K/W. A diferença entre as coberturas BR↓ e BR↑ foi atribuída a oxidação da superfície aluminizada da cobertura BR↑.

Para o período frio, a resistência térmica da cobertura de referência foi de 0,22 m²K/W, da cobertura BR↓ foi de 0,67 m²K/W e para a cobertura BR↑ foi de 0,73 m²K/W. Este resultado evidencia o aumento da resistência térmica promovida pela presença do isolamento reflexivo e também a pouca influência exercida pelo lado em que a face aluminizada está voltada (para cima ou para baixo).

AGRADECIMENTOS

A Fundação de Amparo à Pesquisa no Amazonas (FAPEAM) pelas bolsas de estudo concedidas, ao Departamento de Engenharia Civil e Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Santa Catarina.

REFERÊNCIAS

- ASADI, S.; HASSAN, M.; BEHESHTI, A. Development and validation of a simple estimating tool to predict heating and cooling energy demand for attics of residential buildings. **Energy and Buildings**, v. 54, p. 12–21, 2012.
- ASADI, S.; HASSAN, M. M. Evaluation of the thermal performance of a roof-mounted radiant barrier in residential buildings: Experimental study. **Journal of Building Physics**, v. 38, n. 1, p. 66–80, 2014.
- BELUSKO, M.; BRUNO, F.; SAMAN, W. Investigation of the thermal resistance of timber attic spaces with reflective foil and bulk insulation, heat flow up. **Applied Energy**, v. 88, n. 1, p. 127–137, 2011.
- CHANG, P. C.; CHIANG, C. M.; LAI, C. M. Development and preliminary evaluation of double roof prototypes incorporating RBS (radiant barrier system). **Energy and Buildings**, v. 40, n. 2, p. 140–147, 2008.
- CRAVEN, C.; GARBER-SLAGHT, R. Reflective Insulation in Cold Climates. Fairbanks, Alaska, USA, 2011.
- D'ORAZIO, M. et al. Thermal performance of an insulated roof with reflective insulation: Field tests under hot climatic conditions. **Journal of Building Physics**, v. 36, n. 3, p. 229–246, 2013.

DESJARLAIS, A. O. Radiant Barrier Fact Sheet. 2010.

DIMOUDI, A.; LYKOUDIS, S.; ANDROUTSOPOULOS, A. Thermal performance of an innovative roof component. **Renewable Energy**, v. 31, n. 14, p. 2257–2271, 2006.

GUO, W. et al. Study on energy saving effect of heat-reflective insulation coating on envelopes in the hot summer and cold winter zone. **Energy and Buildings**, v. 50, p. 196–203, 2012.

GÜTHS, S. et al. Um transdutor de fluxo de calor a gradiente tangencial. XI Congresso Brasileiro em Engenharia Mecânica. Belo Horizonte, Minas Gerais: **Anais do XI COBEM**, 1995

HAUSER, G. et al. Experimental and numerical investigations for comparing the thermal performance of infrared reflecting insulation and of mineral wool. **Energy and Buildings**, v. 58, p. 131–140, 2013.

International Organization for Standardization - ISO: 9869 Thermal insulation — Building elements — In-situ measurement of thermal resistance and thermal transmittance — Part 1: Heat flow meter method, 2014.

MEDINA, M. A comprehensive review of radiant barrier research including laboratory and field experiments. **ASHRAE Transactions**, , 2012.

MEDINA, M. A. Effects of shingle absorptivity, radiant barrier emissivity, attic ventilation flowrate, and roof slope on the performance of radiant barriers. **International Journal of Energy Research**, v. 24, n. 8, p. 665–678, 2000a.

MEDINA, M. A. On the performance of radiant barriers in combination with different attic insulation levels. **Energy and Buildings**, v. 33, n. 1, p. 31–40, 2000b.

MEDINA, M. A.; YOUNG, C. B. Evaluating the Sensitivity of Attic Radiant Barrier Performance to Climate Parameters. **Journal of Energy Engineering**, v. 134, n. 1, p. 2–5, 2008.

MICHELS, C.; LAMBERTS, R.; GÜTHS, S. Evaluation of heat flux reduction provided by the use of radiant barriers in clay tile roofs. **Energy and Buildings**, v. 40, n. 4, p. 445–451, 2008a.

MICHELS, C.; LAMBERTS, R.; GÜTHS, S. Theoretical/experimental comparison of heat flux reduction in roofs achieved through the use of reflective thermal insulators. **Energy and Buildings**, v. 40, n. 4, p. 438–444, 2008b.

MIRANVILLE, F. et al. A combined approach for determining the thermal performance of radiant barriers under field conditions. **Solar Energy**, v. 82, n. 5, p. 399–410, 2008.

MIRANVILLE, F. et al. Evaluation of the thermal resistance of a roof-mounted multi-reflective radiant barrier for tropical and humid conditions: Experimental study from field measurements. **Energy and Buildings**, v. 48, p. 79–90, 2012.

SABER, H. H. Investigation of thermal performance of reflective insulations for different applications. **Building and Environment**, v. 52, p. 32–44, 2012.

SABER, H. H. Practical correlations for thermal resistance of horizontal enclosed airspaces with upward heat flow for building applications. **Building and Environment**, v. 61, p. 169–187, 2013.

SABER, H. H. Practical correlation for thermal resistance of horizontal enclosed airspaces with downward heat flow for building applications. **Building and Environment**, v. 37 (4), p. 403–435, 2014a.

SABER, H. H. Practical correlation for thermal resistance of horizontal enclosed airspaces with downward heat flow for building applications. **Journal of Building Physics**, v. 37 (4), p. 403–435, 2014b.

WINIARSKI, D. W.; O'NEAL, D. L. A quasi-steady-state model of attic heat transfer with radiant barriers. **Energy and Buildings**, v. 24, n. 3, p. 183–194, 1996.