



ENTAC2006

A CONSTRUÇÃO DO FUTURO | XI Encontro Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído | 23 a 25 de agosto | Florianópolis/SC

AValiação DA REDUÇÃO NO FLUXO DE CALOR PROPORCIONADA PELO USO DE BARREIRAS RADIANTES EM COBERTURA

Caren Michels (1); Roberto Lamberts (2); Saulo Guths (3)

(1) Departamento de Pós graduação em Engenharia Civil – Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil – email: carenmichels@yahoo.com

(2) Departamento de Pós graduação em Engenharia Civil – Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil – email: lamberts@ecv.ufsc.br

(3) Departamento de Engenharia Mecânica – Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil – email: saulo@lmpt.ufsc.br

RESUMO

Nas cidades brasileiras o maior ganho térmico ocorre pela cobertura de edificações térreas. Desta forma, o emprego de barreiras de radiação térmica tem a função de minimizar o fluxo de calor que atravessa o telhado. Apesar da utilização deste tipo de isolante térmico ter crescido nos últimos anos, ainda não existem normas técnicas que tratem do assunto, assim tem surgido no mercado muitos produtos que possuem o aspecto de uma barreira radiante, porém sem as características de baixa emissividade, não funcionando adequadamente como isolante térmico. O objetivo deste trabalho será o de analisar a eficiência de alguns tipos de barreiras radiantes encontradas no mercado da construção civil, bem como a análise da eficiência energética de mantas formadas pela união de um resíduo sólido urbano, as embalagens *tetra pak*[®], *in loco* e em laboratório. As medições *in loco* serão realizadas na cobertura de uma residência localizada na cidade de Florianópolis, onde foram monitorados o fluxo de calor, as temperaturas superficiais da telha e do forro, assim com as temperaturas interna e externa. Os experimentos laboratoriais serão realizados em um dispositivo que simula as resistências térmicas de uma cobertura real. Os resultados permitirão verificar qual é o melhor tipo de barreira radiante, ou seja, a que mais reduz o fluxo de calor que atravessa a cobertura. Este trabalho também permitirá realizar uma comparação entre os resultados *in loco* e em laboratório.

Palavras-chave: Barreira radiante, isolante térmico, fluxo de calor.

ABSTRACT

In the Brazilian cities the biggest thermal profit occurs for the covering of the construction. Of this form, the job of barriers of thermal radiation has the function to minimize the heat flow that crosses the roof. Despite the use of this type of thermal insulator having grown in the last years, still norms do not exist techniques that deal with the subject, thus have appeared in the market many products that they possess the aspect of a radiating barrier, however without the characteristics of low emissivity, not functioned adequately as isolating thermal. The objective of this work will be to analyze the efficiency of some types of found radiating barriers in the market of the civil construction, as well as the analysis of the energy efficiency of blankets formed for the union of an urban solid residue, the packings *Tetra Pak*[®] in I lease and in laboratory. The measurements in I lease will be carried through in the covering of a residence located in the city of Florianópolis, where they had been monitored the heat flow, the superficial temperatures of the roofing tile and the lining, thus with the internal and external temperatures. The laboratory experiments will be carried through in a device that simulates the thermal resistance of a real covering. Results will allow to verify which are the best type of radiating barrier, or either, the one that more reduce the heat flow that crosses the covering. This work also will allow to carry through a comparison between the results in leases and in laboratory.

Key-words: Radiant barrier, thermal insulation, heat flux.

INTRODUÇÃO

1.1 Transferência de Calor em Coberturas

Em países tropicais, como o Brasil, o maior ganho térmico de edificações térreas ocorre principalmente através da cobertura, por ser a superfície mais exposta à radiação solar (LAMBERTS, 1983). Portanto, o uso de materiais que minimizem o fluxo de calor da cobertura para o ambiente se faz necessário, a fim de reduzir a temperatura interna, diminuir o consumo de energia e proporcionar conforto ambiental aos moradores (TORREIRA, 1980).

A radiação solar é composta por radiação de onda curta, que ao incidir sobre a superfície das telhas, é absorvida e as aquece. Uma parcela deste calor é perdida por convecção e irradiação em ondas longas ao ambiente externo e a outra parcela é absorvida pelas telhas e transmitida ao espaço correspondente ao ático. Esta parcela absorvida transmite o calor de duas formas: através da irradiação e convecção. Por sua vez, a radiação incidente na superfície da laje (ou forro) é absorvida e aquece-a, transferindo o calor para os ambientes internos da residência. (FAREY, 1994). As trocas de calor em uma cobertura estão ilustradas na Figura 1.

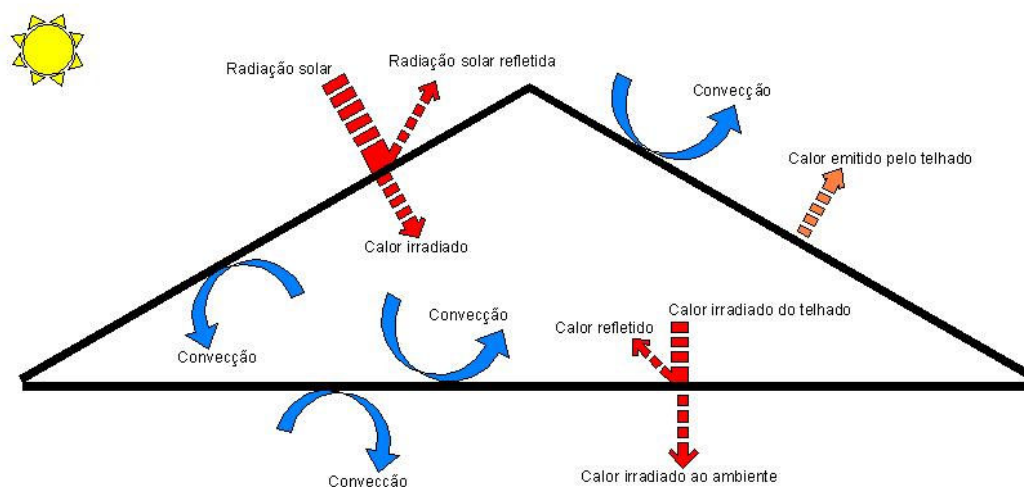


Figura 1 - Esquema das trocas de calor em um telhado

Dentre os produtos utilizados para isolar termicamente a cobertura, estão os que dificultam a passagem do calor por condução e os que minimizam a transferência de calor por radiação (VITTORINO *et al.*, 2003). Em relação ao último, estes isolantes são chamados de mantas reflexivas ou de barreiras radiantes, que são formadas por um material de baixa emissividade e alta refletividade em ondas longas. As mantas refletivas têm a função de não emitir e refletir a radiação, dificultando a passagem de calor para o interior da edificação, diminuindo os ganhos térmicos no verão e as perdas de calor no inverno (DOE, 1991).

Em alguns países, como EUA, Austrália e África do Sul, as barreiras de radiação térmica são largamente empregadas na construção civil e existem normas sobre especificações técnicas, sendo que algumas já passaram por processo de reformulação. No ano de 1967, a folha de alumínio era utilizada em coberturas de residências da Austrália com a face polida voltada para baixo (STRAATEN, 1983).

No Brasil, apesar de já ter sido pesquisado o efeito das barreiras radiantes na redução do fluxo de calor através do telhado na década de 80 (LAMBERTS, 1983), as mantas somente entraram efetivamente no mercado por volta de 1995, e desde então, é cada vez mais comum encontrarmos no mercado este tipo de material (GÜTHS, 2004). Apesar da popularização do uso das barreiras de radiação térmica em território nacional, ainda não existem normas de especificações técnicas que envolvam os processos de fabricação e instalação de tais isolantes térmicos.

Esta carência de especificações fez surgir no mercado muitos produtos que aparentam ser uma barreira de radiação térmica, mas perdem as características da manta, não barrando a radiação em ondas longas de forma eficiente. Tal fato deve-se principalmente ao acréscimo do valor da emissividade, seja no

processo de fabricação ou de instalação da mesma (VITTORINO *et al.*, 2003). Na primeira existe a possibilidade do emprego de um outro material sobre o alumínio, a qual eleva a emissividade da manta, como uma fina camada de polietileno. E na segunda, se a manta for utilizada com a face aluminizada voltada para cima, ocorrerá o depósito de poeira em sua superfície, o que também acarretará o aumento do valor da emissividade (MEDINA, 2000).

Em residências de habitação popular, normalmente os moradores não têm acesso às barreiras radiantes devido ao custo destes isolantes térmicos. Por isso, existe a necessidade de realizar estudos sobre formas alternativas e baratas que viabilize o seu emprego em habitações de baixo custo. Neste contexto surge o interesse pelas barreiras radiantes formadas através da união das embalagens “longa vida”, fabricadas pela empresa sueca *Tetra Pak*[®] e que podem ser encontradas nas embalagens de leite e suco, entre outras. Estas embalagens são formadas por papelão, polietileno e alumínio, os quais são de difícil separação e, portanto, não são comumente reciclados, causando grande impacto ambiental. Alguns estudos foram realizados utilizando este material tanto em paredes (SCHMUTZLER, 2001) com em coberturas (CERQUEIRA, KRÜGER *et al.*, 2005, LABAKI *et al.*, 2003,) e tem mostrado que bons resultados.

Com base nos problemas citados acima, este estudo irá propor a análise da eficiência das barreiras radiantes, incluindo a formada pela união das embalagens longa vida, em um telhado real e em uma bancada que meça a eficiência das mesmas.

1.2 Barreiras radiantes

Segundo o Departamento de Energia dos Estados Unidos (DOE, 1991), barreiras radiantes são materiais que visam reduzir os ganhos térmicos no verão e as perdas no inverno, diminuindo assim, o consumo de energia para o aquecimento ou resfriamento da edificação. As mantas radiantes não são espessas e formadas por um material altamente refletivo, usualmente o alumínio. O alumínio é aplicado em conjunto com outro material, como o papel kraft, filmes plásticos, madeira compensada e papelão.

O bom desempenho térmico de uma barreira radiante está associado a algumas propriedades, chamadas de emissividade e refletividade. Quanto maior o poder de reflexão da radiação (0,9 ou mais) e menor o poder emissivo (0,1 ou menos) de um material, melhor será a barreira radiante.

As barreiras radiantes podem ser instaladas em quaisquer tipos de edificações, residenciais, comerciais e industriais. Em edificações residenciais, a barreira radiante pode ser instalada de diversas maneiras: nas vigas do telhado, acompanhando a inclinação do telhado (Trus Radiant Barrier – TRB) ou horizontalmente sobre o forro ou laje (Horizontal Radiant Barrier – HRB) (DOE, 1991. FAREY, 1994. MEDINA, 2000). As mantas utilizadas horizontalmente sobre o forro ou laje (HRB) são aproximadamente 5% mais eficientes que as instaladas conforme a inclinação do telhado (TRB). Apesar das barreiras radiantes instaladas horizontalmente serem ligeiramente mais eficientes, não tem se usado em larga escala devido ao acúmulo de poeira, mais acentuado neste caso (MEDINA, 2005).

2. OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é analisar a redução do fluxo de calor que atravessa o sistema de cobertura de uma edificação provocada pelo uso de barreiras de radiação térmica.

3. METODOLOGIA

Para o alcance dos objetivos estabelecidos, é apresentada a seguir a metodologia proposta e os caminhos percorridos nesta pesquisa.

As medições do fluxo de calor que atravessa o sistema de cobertura serão realizadas em um telhado real e em laboratório. A coleta dos dados foi dividida em duas partes. A primeira parte está relacionada com as medições em um telhado real, com algumas diferentes amostras de cobertura. Na segunda parte serão realizadas as medições em laboratório, no Laboratório de Meios Porosos e Propriedades Termofísicas (LMPT), da UFSC, em um equipamento que simula a transferência de calor em uma cobertura.

3.1 Medição da eficiência de barreiras de radiação térmica em um telhado real

Este experimento refere-se à realização de medições em um telhado real, o qual será dividido em oito partes iguais, chamadas de amostras. Estas amostras irão receber diferentes configurações, a fim de analisar o fluxo de calor que atravessa o sistema de cobertura. Cada configuração será isolada termicamente uma da outra com polietileno expandido. A Figura 2 ilustra as divisões que serão realizadas no telhado, aproveitando a distância entre as vigas de madeira existentes. A Figura 3 mostra a vista lateral do esquema da localização da barreira de radiação térmica e dos equipamentos que serão utilizados para as medições, como os transdutores de fluxo de calor e os termopares.

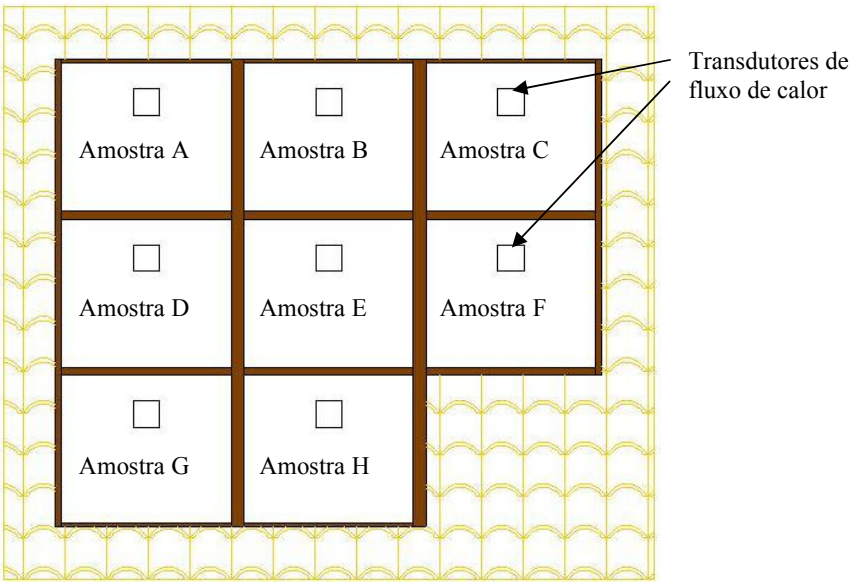


Figura 2 - Ilustração das configurações da cobertura

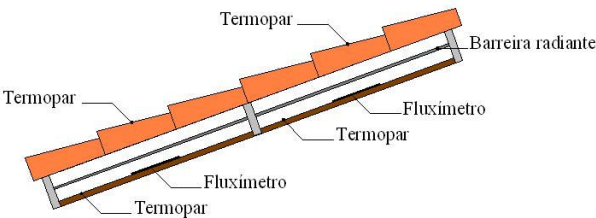


Figura 3 – Vista do perfil da cobertura

Cada amostra receberá uma diferente configuração, seja com a presença de barreiras radiantes ou apenas com a mudança das telhas existentes. A Tabela 1 ilustra as características das amostras utilizadas nos experimentos realizados no telhado real e em laboratório. Em laboratório foram testadas as mantas presentes nas amostras B, D, E e F, a fim de comparar os resultados obtidos.

Tabela 1 - Amostras analisadas

| Amostra | Características | Característica da telha |
|---------|--|--------------------------------------|
| A | Padrão (sem manta) | Telha esmaltada cerâmica – cor telha |
| B | Alumínio cozinha | Telha esmaltada cerâmica – cor telha |
| C | Lona Preta | Telha esmaltada cerâmica – cor telha |
| D | Manta comercial 1: dupla face aluminizada. Substrato acartonado 0.5 mm | Telha esmaltada cerâmica – cor telha |

| | | |
|---|--|---------------------------------------|
| E | Manta comercial 2: uma face aluminizada. Substrato polietileno expandido 2 mm | Telha esmaltada cerâmica – cor telha |
| F | Manta 3 (embalagem longa vida): uma face aluminizada. Substrato acartonado + polietileno | Telha esmaltada cerâmica – cor telha |
| G | Sem manta | Telha porosa cerâmica – cor telha |
| H | Sem manta | Telha esmaltada cerâmica – cor branca |

A montagem das amostras ocorreu durante os dias 09 e 13 de fevereiro de 2006. O início das medições ocorreu no término do dia 13 e o dia escolhido para as análises foi o dia 22 de fevereiro de 2006. Este dia foi ensolarado, com pequena quantidade de nuvens no céu. As Figura 4 e Figura 5 mostram a configuração do telhado da residência depois de instalados os transdutores de fluxo de calor e as mantas, respectivamente.



Figura 4 – Vista da localização dos transdutores



Figura 5 – Ilustração dos perfis

3.2 Medições da eficiência das barreiras de radiação térmica em laboratório

Nesta parte será medida a eficiência energética de alguns tipos mantas encontradas no mercado, bem como a eficiência das barreiras radiantes formadas pela união das embalagens longa vida.

O equipamento que será utilizado para a realização das medições do fluxo de calor que atravessa o sistema, foi desenvolvido por GÜTHS *et al.* (2004). O fluxo de calor é medido por um transdutor a gradiente tangencial, com dimensões de 100 mm x 100 mm. O equipamento procura reproduzir as características de um telhado convencional, no que se refere às resistências térmicas. A resistência aquecedora simula o aquecimento por radiação solar e a camada isolante 1 representa a resistência térmica da telha. A camada isolante 2 reproduz a resistência térmica de uma laje convencional somada à resistência térmica do ar no interior da edificação. O dispositivo possui uma área de 06 x 0.6 m² e espessura variável, dependendo do isolamento lateral. O transdutor de fluxo de calor é instalado na região central da chapa metálica. Um termopar tipo T, em modo diferencial, monitora a diferença de temperatura entre as faces.

Neste equipamento será medida a eficiência das barreiras radiantes através de uma potência dissipada constante, em torno de 325 W/m².

4. ANÁLISE DOS RESULTADOS

4.1 Resultados dos experimentos realizados *in loco*

Os resultados dos experimentos foram analisados para o dia 22 de fevereiro de 2006, por ter sido um dia típico de verão, com muito sol. A Figura 6 mostra o telhado da residência depois de montado o experimento e já em período de testes.



Figura 6 – Vista do telhado

A Figura 7 representa o fluxo de calor que atinge a superfície superior do forro da residência. Observou-se que para a amostra padrão (A) o fluxo atingiu aproximadamente 80 W/m² nos horários de pico.

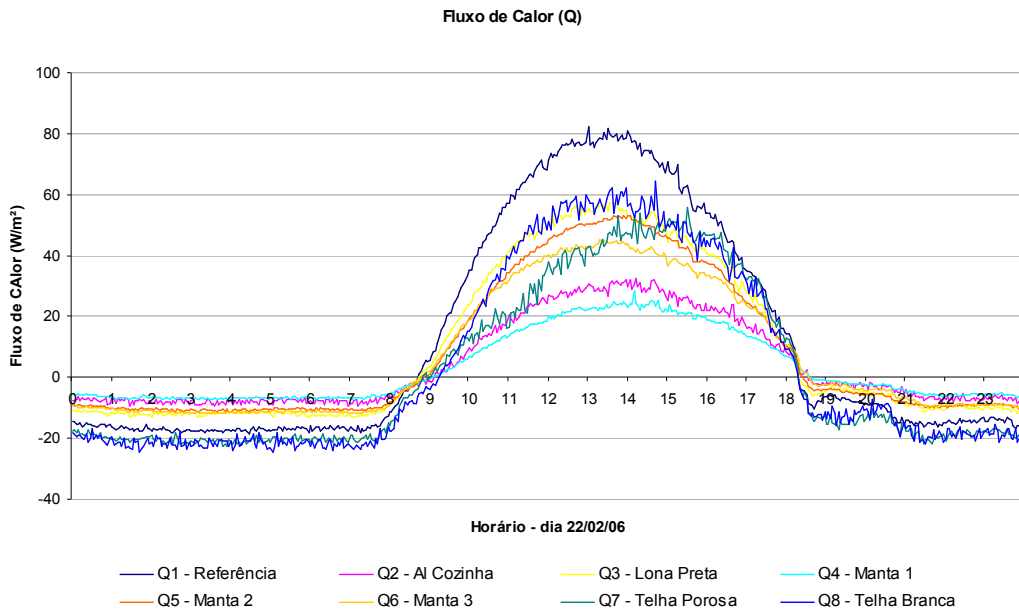


Figura 7 – Variação do fluxo de calor durante o dia 22/02/06

Através da Figura 7 observou-se que a passagem do fluxo de calor para o interior da residência diminuiu em todas as amostras analisadas em relação à amostra A, considerada padrão. O melhor resultado observado ocorreu com o uso da manta comercial 1 (amostra D), seguido do alumínio de cozinha (amostra B). A barreira radiante formada pelas embalagens longa vida (manta 3), com camada de polietileno sobre o alumínio (amostra F), adquiriu melhores resultados do que a manta comercial 2 (amostra E), evitando a entrada de calor em cerca de 48,5%. A lona preta e a telha branca apresentaram resultados parecidos, reduzindo cerca de 28% o calor para o interior da residência. A telha porosa obteve eficiência de 39,86% e apresentou um retardo na passagem do fluxo de calor para o interior. Nesta mesma figura, também foi possível verificar a redução das perdas de calor pelo telhado durante o período da noite, provocada pelo uso de barreiras de radiação térmica, as quais reduzem a passagem do calor para o ambiente externo.

Os valores das eficiências das amostras podem ser verificados na Tabela 2, que ilustra os mesmos para a média do período de sol durante o dia 22 de fevereiro de 2006 (das 7:00 às 18:00 horas).

Tabela 2 – Desempenho térmico das amostras analisadas

| Dia 22/02/06 | Eficiência das amostras analisadas (%) | | | | | | | |
|-----------------|--|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | ηA | ηB | ηC | ηD | ηE | ηF | ηG | ηH |
| | - | 62,30 | 28,49 | 70,24 | 35,57 | 42,38 | 39,86 | 28,32 |

A Figura 8 mostra os valores das temperaturas superficiais da face superior do forro e da face inferior das telhas para cada perfil analisado. Observou-se que há um acréscimo na temperatura da telha com a presença de barreiras radiantes, passando de 59° C para 63,5° C, na amostra B (alumínio de cozinha) e para 62,5° C na amostra D (manta comercial 1). Já com o uso das telhas porosas, a temperatura superficial das telhas diminuiu cerca de 15° C. Com o uso das telhas brancas a temperatura superficial passou de 59,02° C para 46,1° C, totalizando uma redução de 12,9° C. Em relação a temperatura da face superior do forro observou-se que para todos os casos houve redução na mesma. A amostra onde houve a maior redução foi a D (manta comercial 1), passando a temperatura superficial do forro de 40,3° C na amostra A (sem nada) para 32° C.

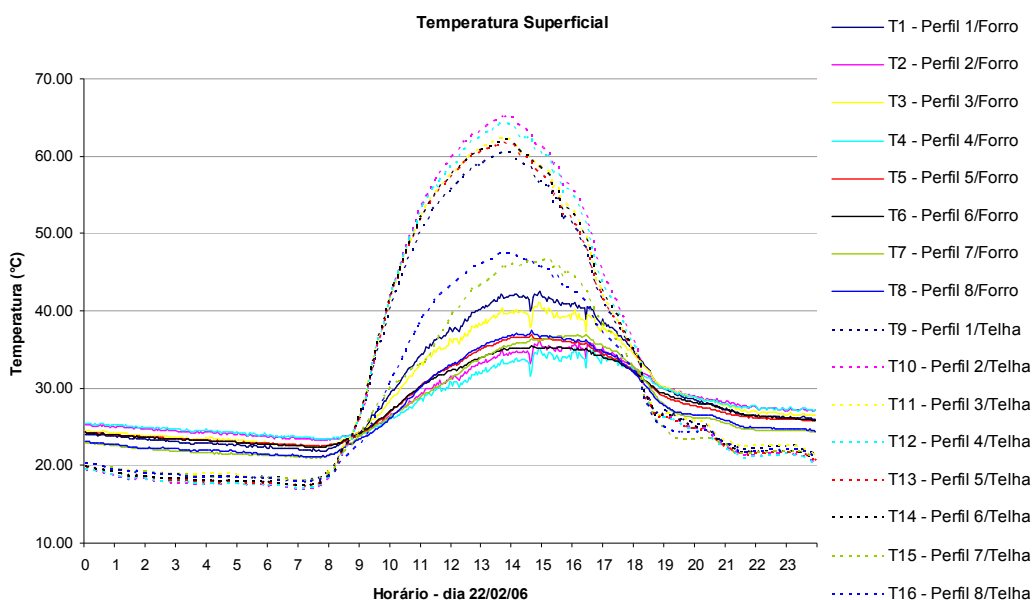


Figura 8 – Variação das temperaturas superficiais do forro e telha

4.2 Comparação resultados dos experimentos realizados in loco e em laboratório

As medições do desempenho térmico das barreiras radiantes em laboratório foram realizadas durante o mês de janeiro de 2006. A comparação dos resultados das eficiências das barreiras radiantes *in loco* e em laboratório está mostrada na Tabela 3. Observou-se que houve uma diferença significativa entre os valores das eficiências das medições.

Tabela 3 – Comparação dos resultados das medições *in loco* e em laboratório

| Amostra | Eficiência (in loco) (%) | Eficiência (laboratório)(%) |
|---------|--------------------------|-----------------------------|
| B | 62.3 | 91.2 |
| D | 70.24 | 87.9 |
| E | 35.57 | 66.8 |
| F | 42.38 | 73.9 |

Os valores das medições em laboratório seguiram a mesma seqüência dos valores obtidos em laboratório, exceto na amostra B (alumínio de cozinha), a qual teve a eficiência aproximadamente 30% maior em relação às medições no telhado real.

5 CONCLUSÕES

Através deste experimento foi possível analisar a influência das barreiras de radiação térmica, da cor e porosidade das telhas no fluxo de calor que atingiu a superfície superior do forro. Houve redução deste fluxo para todas as amostras analisadas, sendo que o melhor desempenho ocorreu para a amostra D (manta comercial 1) reduzindo em torno de 72,7% a passagem de calor para o interior da residência.

As medições também mostraram que algumas barreiras radiantes não são tão eficazes, como o caso da amostra E (manta comercial 2), que obteve um desempenho térmico pior do que as amostras D (manta comercial 1) e F (manta 3), diminuindo 35,57% a passagem do calor para o até a superfície do forro.

A temperatura da superfície inferior das telhas aumentou com o uso do isolante térmico reflexivo em 4,4° C, devido à reflexão do calor para a superfície das telhas. Com uso das telhas cerâmicas porosas a temperatura superficial reduziu 15,6° C em relação a amostra A. Este fato deve-se a energia gasta no processo de evaporação da água presente nos poros do material. O mesmo ocorreu com o uso de telhas brancas, a temperatura superficial reduziu 12,9° C em relação à amostra A, devido a capacidade de reflexão da cor branca, que reflete 80% e absorve 20%. A temperatura da face superior do forro reduziu em todos os caso em relação a amostra A (padrão). A amostra D obteve a maior redução na temperatura superior do forro (8,27° C).

Da mesma forma que as barreiras radiantes dificultam a passagem do calor durante o dia, também reduzem as perdas durante a noite, trazendo benefícios para o período de inverno, onde o desejo é evitar as perdas de calor ao máximo.

A diferença entre os valores das eficiências das medições *in loco* e em laboratório deve-se ao fato das trocas de calor por convecção serem diferentes. No dispositivo experimental, a convecção é forçada, já no telhado real a convecção é natural. Outro fator que pode ter influência no resultado do desempenho térmico da manta é em relação às resistências térmicas do forro e da telha, uma vez que não estão presentes no dispositivo experimental.

6 REFERÊNCIAS

ARMELIN, Hugo S. CHERRY, Nigel. Avaliação do uso e desempenho de barreiras de radiação térmica na construção civil. Revista e-Mat, Vol. 1, n.1, p.79-82, Maio 2004.

CERQUEIRA, Mario henrique de. Placas e telhas produzidas a partir da reciclagem do polietileno / alumínio presentes nas embalagens tetra pak. Disponível em: <http://www.tetrapak.com.br>

CHEIKH, Hamida Ben. BOUCHAIR, Ammar. Passive cooling by evapo-reflective roof for hot dry climates. Energy and Building, 2003.

DOE – Departamento de Energia dos Estados Unidos. Disponível em: www.ornl.gov/sci/roofs+walls/radiant/rb_01.html, último acesso em outubro de 2005.

Faculdade de Engenharia Mecânica – UNICAMP – Projeto Forro Vida Longa, 2001. Setembro de 2005. Disponível em www.fem.unicamp.br/~vidalong/projleite_sol.html

FAREY, Philip. Designing and Installing Radiant Barrier Systems, Florida Solar Energy Center, Publication DN – 7, 1994.

GÜTHS, Saulo. PAGHI, C, E. Um método de análise da eficiência energética de mantas isolantes reflexivas. São Paulo, SP. 2004. ENTAC 2004, São Paulo, 2004. Artigo Técnico.

KRÜGER, Eduardo L. SUETAKE, Graziela Y. ADRIAZOLA, Márcia K.O. Avaliação do Desempenho térmico de Coberturas construídas de embalagens tetra pak. ENCAC 2005.

LABAKI, Lucila Chebel. et al. A reutilização de embalagens tipo "longa vida" como isolante térmico para coberturas de fibrocimento sem forro. III ENECS – Encontro Nacional sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis. 2003.

LAMBERTS, R. Desempenho térmico de coberturas leves com ático: bancada de testes e modelo matemático. Dissertação de mestrado, curso de Pós Graduação em Engenharia Civil. UFRGS. 1983. Porto Alegre, RS.

MEDINA, Mario. On the performance of radiant barriers in combination with different attic insulation levels. *Energy and building*, 2000.

MEDINA, Mario. A perspective on the effect of climate and local environmental variables on the performance of attic radiant barriers in the United States. *Building and environment*, 2005.

MIRANVILLE, Frédéric. et al. On the thermal behaviour of roof-mounted radiant barriers under tropical and humid conditions: modelling and empirical validation. *Energy and Building*, 2003.

TORREIRA, Raul P. Isolamento térmico. São Paulo, SP. 1980.

VITTORINO, F. et. al. Desempenho térmico de isolantes refletivos e barreiras radiantes aplicados em coberturas. *ENCAC*, 2003.