

AVALIAÇÃO TEÓRICO/EXPERIMENTAL DE UMA BANCADA DE MEDIÇÃO DE EFICIÊNCIA TÉRMICA DE ISOLAMENTO DE COBERTURA DE EDIFICAÇÕES

Saulo Güths

Universidade Federal de Santa Catarina
Dpto Engenharia Mecânica CEP 88040-900 Florianópolis / SC
saulo@lmpt.ufsc.br

Caren Michels

Universidade Federal de Santa Catarina
Dpto de Pós Graduação em Engenharia Civil CEP 88040-900 Florianópolis / SC
carenmichels@yahoo.com

Roberto Lamberts

Universidade Federal de Santa Catarina
Dpto de Pós Graduação em Engenharia Civil CEP 88040-900 Florianópolis / SC
lamberts@labeec.ufsc.br

Resumo. Em um país tropical com forte insolação como o Brasil, o maior ganho térmico em edificações horizontais é inegavelmente pela cobertura. Conhecendo essa característica, tem-se aumentado o emprego de isolamento térmico em coberturas, apresentando diferentes características no que se refere a espessura, tipo de material isolante e superfície reflexiva. Contudo existe uma deficiência quanto a métodos experimentais de avaliação da eficiência energética dessas mantas. Muitos fabricantes apresentam apenas a condutividade térmica, ou uma informação lacônica sobre o percentual de redução do calor radiante. Não existe até o momento uma normalização no que se refere a efetiva redução do calor devido ao emprego dessas mantas. Esse trabalho vem apresentar uma bancada compacta para determinação da eficiência de mantas isolantes baseado no uso de transdutores de fluxo de calor. Será ainda apresentado dois modelos utilizando resistências térmicas levando a uma correlação simples mas de grande utilidade. Explorando algebricamente essas correlações pode-se verificar a sensibilidade da eficiência em relação às diversas variáveis envolvidas. Serão ainda apresentados resultados de ensaios para diferentes tipos de mantas isolantes e comparados com o modelo teórico.

Palavras chave: isolamento térmico, manta isolante, fluxo de calor

1. Introdução

O uso de mantas isolantes reflexivas vem se popularizando no Brasil como forma de reduzir os ganhos térmicos pela cobertura. Como argumento secundário tem-se a proteção contra vazamentos e infiltrações do telhado. As informações sobre o rendimento térmico são pouco claras, e em certas situações, até tendenciosas. Muitos fabricantes informam apenas a redução de calor radiante, baseados em cálculos das emissividades tabeladas para o material reflexivo (considerando alumínio polido). Baseado apenas nessa informação a redução é alta, beirando a 90 %.

Entretanto para o consumidor o que importa é a redução da carga térmica total que houve com a aplicação da manta. Essa redução pode ser determinada analiticamente conhecendo as propriedades termofísicas da cobertura e da manta. Para a cobertura (telha, forro, laje, camada de ar...) já existem dados confiáveis na literatura (Touloukian et al, 1970, e Incropera e De Witt, 1985). Já para a manta faz-se necessário medições específicas, especialmente para as propriedades radiantes, pois cada fabricante utiliza películas com características distintas (alumínio laminado, alumínio metalizado, com película plástica, etc.). Essas medições podem representar um custo relativamente elevado, e o resultado final ainda irá incorporar as incertezas das propriedades termofísicas e do próprio modelo analítico empregado.

Os métodos experimentais vêm, então, preencher essa lacuna. Normalmente são construídos protótipos de edificações, e a eficiência do isolamento é extraída pela diferença de temperatura entre um módulo padrão e um módulo de teste (Desjarlais, 2004). Outro método, apresentado por Armelin e Cherry (2004), consiste na determinação do fluxo de calor medindo a diferença de temperatura em um forro cartonado. O telhado é aquecido por um conjunto de lâmpadas incandescentes.

Esse trabalho vem apresentar uma bancada experimental compacta para determinação da redução do ganho de calor proporcionado pela aplicação de uma manta isolante. O aquecimento do telhado é realizado por uma resistência aquecedora planar e o fluxo de calor é medido por um novo transdutor que apresenta grande sensibilidade de medição. É igualmente realizada uma análise teórica do sistema, avaliando a influência de alguns parâmetros no resultado final.

2. Modelos analíticos

A cobertura de uma edificação pode apresentar inúmeras variações construtivas e sempre está sujeita a um complexo regime térmico. Ela pode ainda ser porosa, absorvendo água durante o período de chuvas ou de condensação noturna e liberando durante o período de insolação (Bueno, 1994). Nesse trabalho procurou-se simplificar o problema, apresentando dois modelos unidimensionais, em regime permanente e sem evaporação

2.1. Modelo 1: ΔT constante

Esse modelo considera que a telha e a laje (ou forro) da edificação encontram-se a temperatura constante e uniforme, sendo o calor transmitido por convecção e radiação. As trocas radiantes estão incorporadas nas resistências térmicas das camadas de ar. A Figura 1 mostra o modelo térmico sem a manta (a) e com a manta isolante (b).

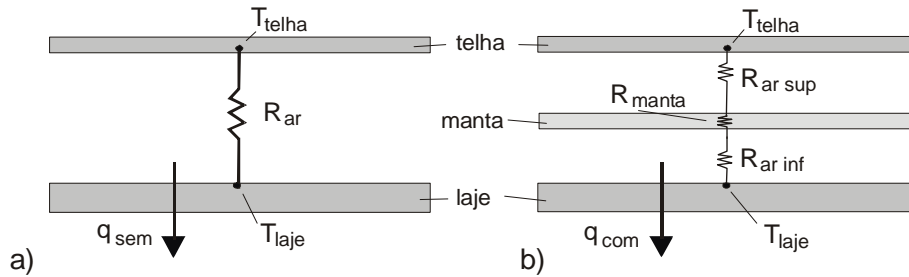


Figura 1 - Modelo térmico 1: a) sem a manta isolante, e b) com a manta isolante

A eficiência (η) de uma manta isolante pode ser considerada como sendo o percentual de energia bloqueada com a aplicação da mesma:

$$\eta = \left(1 - \frac{q_{com}}{q_{sem}} \right) \times 100 \quad (1)$$

reduzindo a:

$$\eta_{\Delta T} = \frac{R_{ar}}{R_{ar\,sup} + R_{manta} + R_{ar\,inf}} \quad (2)$$

onde $\eta_{\Delta T}$ é a eficiência para o modelo 1 (diferença de temperatura constante).

2.2. Modelo 2: Potência constante

O segundo modelo considera que uma potência constante (q_{rad}) é absorvida pelo telhado, fruto da irradiação solar. Parte é transmitida para o interior da edificação, e parte é perdida por convecção para ambiente externo. A parcela transmitida é conduzida por convecção e radiação em direção à laje (ou forro), sendo então dissipada por convecção para o interior da edificação. Esse modelo aproxima-se mais da condição real, dado que a instalação de uma manta isolante causa um aumento da temperatura da telha. A Figura 2 mostra o modelo térmico sem a manta (a) e com a manta isolante (b).

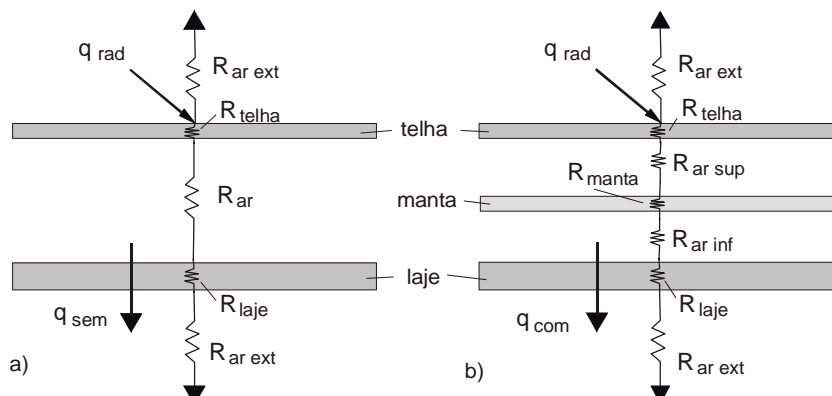


Figura 2 - Modelo térmico a potência constante: a) sem a manta isolante, e b) com a manta isolante

Solucionando o sistema de equações em função T_{telha} , chega-se ao fluxo de calor que penetra a edificação antes da instalação da manta (q_{sem}):

$$q_{sem} = \frac{R_{ar\ ext} \cdot q_{rad} + T_{ext} - T_{int}}{R_{ar\ ext} + R_{telha} + R_{ar} + R_{laje} + R_{ar\ int}} \quad (3)$$

e através da mesma metodologia chega-se ao fluxo que penetra a edificação após a instalação da manta (q_{com}):

$$q_{com} = \frac{R_{ar\ ext} \cdot q_{rad} + T_{ext} - T_{int}}{R_{ar\ ext} + R_{telha} + R_{ar\ sup} + R_{manta} + R_{ar\ inf} + R_{laje} + R_{ar\ int}} \quad (4)$$

Aplicando a Equação 1, chega-se à eficiência teórica do modelo 2 (η_{Pot}), considerando potência de irradiação constante.

$$\eta_{Pot} = \frac{R_{ar\ ext} + R_{telha} + R_{ar} + R_{laje} + R_{ar\ int}}{R_{ar\ ext} + R_{telha} + R_{ar\ sup} + R_{manta} + R_{ar\ inf} + R_{laje} + R_{ar\ int}} \quad (6)$$

Nota-se que a eficiência não depende da radiação solar e tampouco das temperaturas interna e externa. Trata-se de uma relação simples, onde somente as resistências térmicas dos elementos construtivos e das camadas de ar encontram-se presentes. Cabe ressaltar que nos modelos apresentados a troca radiante está linearizada, incorporada à resistência térmica convectiva.

O corpo de texto que contém o título, os nomes dos autores e afiliações, o resumo e as palavras chave tem uma barra à esquerda com linha de espessura de 2.5 pontos. A barra está recuada 0.1 cm em relação ao texto.

3. Dispositivo experimental

O dispositivo experimental é fundamentado na informação do fluxo de calor que atravessa o sistema. O fluxo é medido por um novo tipo de transdutor (Güths et al, 1995), chamado "a gradiente tangencial", com dimensões de 100 x 100 mm. Além da grande sensibilidade (20 $\mu\text{V}/(\text{W}/\text{m}^2)$), esse sensor apresenta como principal característica a espessura reduzida ($\approx 300 \mu\text{m}$), permitindo assim medições com baixa perturbação. O aparato 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" a resistência térmica da telha. Já a "camada isolante 2" reproduz a resistência térmica de uma laje convencional somada à resistência térmica do ar no interior da edificação. O dispositivo apresenta uma área útil de 0.6 x 0.6 m^2 e espessura variável, dependendo do isolamento lateral. Como padrão tem-se utilizado 40 mm ou 20 + 20 mm quando a manta é instalada. O transdutor de fluxo de calor é colado na região central da chapa metálica. Um termopar tipo T, em modo diferencial, monitora a diferença de temperatura entre as faces.

A resistência aquecedora apresenta uma potência máxima de 2500 W a 220 V, mas pode ser controlada através de dispositivo variador de tensão (varivolt) ou de um sistema PID. A temperatura inferior é mantida igual à temperatura ambiente através de convecção forçada induzida por 6 ventiladores axiais (diâmetro = 120 mm). As trocas térmicas na face superior da resistência aquecedora (simulando o ar externo) é por convecção natural, em ambiente com temperatura controlada ($22 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$).

Todas as superfícies, incluindo o transdutor, são pintadas com tinta preta fosca ($\epsilon \approx 0.95$). A tensão gerada pelo transdutor de fluxo de calor e pelo termopar é medida por um microvoltímetro marca AGILENT, modelo 34401A, com resolução de 0.1 μV . A Figura 4 mostra um vista aberta do dispositivo experimental.

Os ensaios visam reproduzir os dois modelos apresentados na seção anterior: i) ΔT constante e ii) potência constante. Para o ensaio a temperatura constante a resistência aquecedora é controlada por um dispositivo PID tendo como sinal de entrada o termopar diferencial. Após a obtenção do regime permanente é registrado o fluxo de calor indicado pelo transdutor (q_{sem}). A manta é inserida, e sob mesma diferença de temperatura, é registrado o novo valor do fluxo de calor (q_{com}).

A eficiência (η) é calculada através da relação apresentada na Equação 1. Sabendo-se que o transdutor de fluxo de calor responde de forma linear, tem-se:

$$\eta = \left(1 - \frac{V_{com}}{V_{sem}} \right) \times 100 \quad (7)$$

Onde V_{sem} é a tensão gerada pelo transdutor de fluxo de calor antes da colocação da manta, e V_{com} é tensão registrada após a aplicação da manta. Para o ensaio a potência constante o procedimento é idêntico, mas mantendo a potência dissipada na resistência aquecedora constante. Essa potência pode ser ajustada por um variador de voltagem (varivolt).

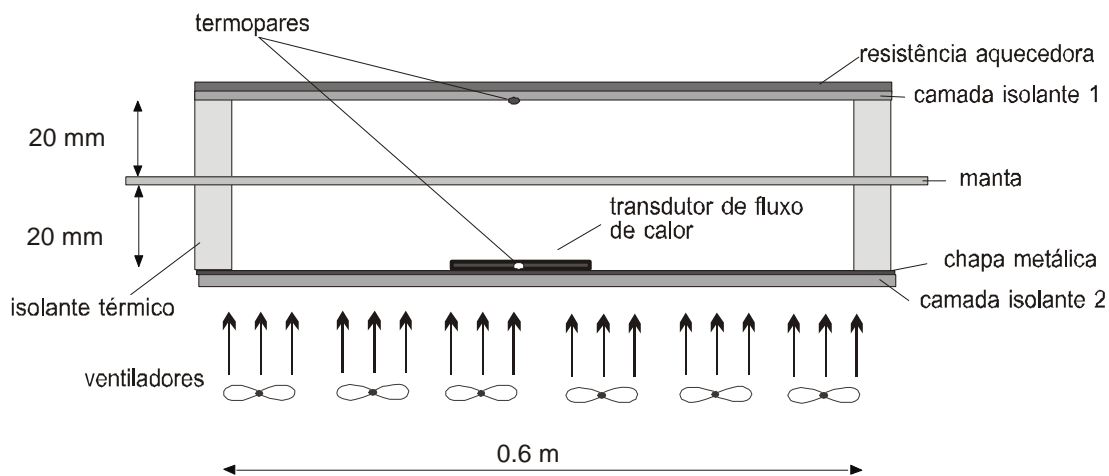


Figura 3 - Esquema do dispositivo experimental

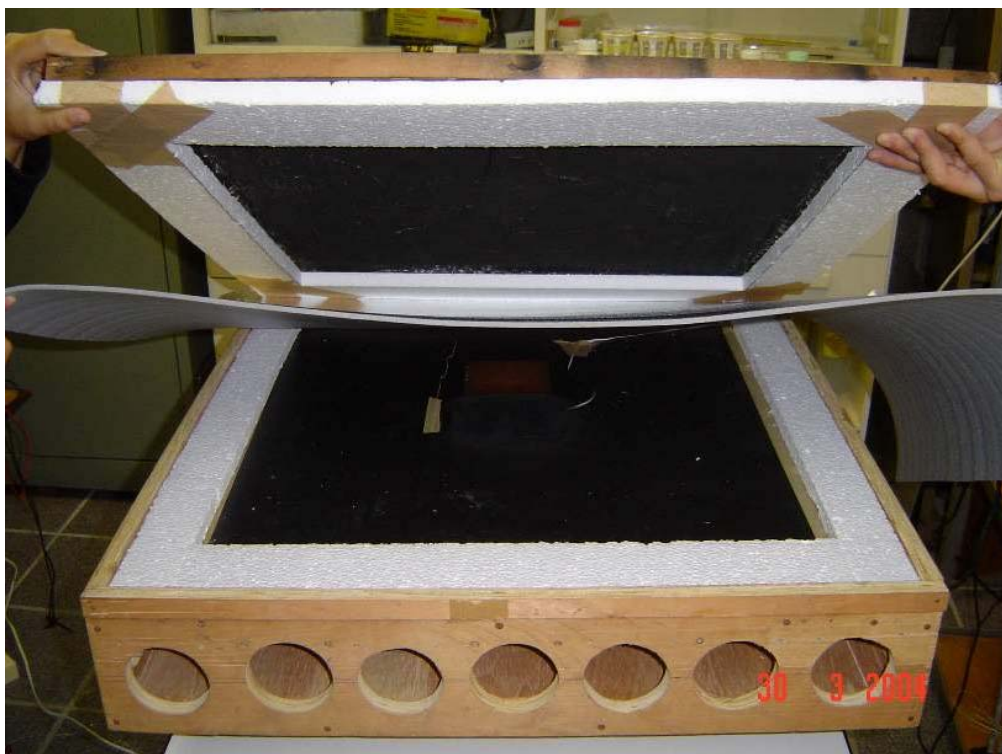


Figura 4 - Vista aberta do dispositivo experimental

Nota-se que o resultado independe da constante de calibração do transdutor. Trata-se de uma característica importante, pois significa que os erros estão associados somente à qualidade do equipamento de leitura. O tempo necessário para obtenção do regime permanente ficou em torno de 15 minutos, o que pode ser considerado um tempo bastante breve para esse tipo de teste. Essa característica foi obtida com o artifício de substituir a telha, laje e ar interno por materiais com resistências térmicas equivalentes, porém com inércias térmicas inferiores.

4. Comparação teórico experimental

A Tabela 1 mostra os resultados de ensaios para algumas configurações de barreira térmica com base no modelo 1 (diferença de temperatura constante). A eficiência (η_{AT}) foi determinada de forma experimental, através da Equação 7, e também analiticamente, através da Equação 2. O caso 1, considerado padrão, é a bancada vazia, somente com o ar interno (espessura da camada de ar = 40 mm). No caso 2 foi inserido um filme de alumínio pintado de preto fosco nos dois lados, com emissividade estimada em 0.95. Já o caso 3 é um filme de alumínio polido (filme de embalagem de alimento), com emissividade estimada em 0.05. O caso 4 é referente a uma manta de polietileno expandido (espessura = 4 mm, condutividade térmica = 0.040 W/mK), sem nenhuma cobertura reflexiva, com emissividade estimada em 0.95. A bancada encontra-se na posição horizontal, correspondendo a Nusselt = 1 (condução pura) (Bejan, 1990). Para as trocas radiantes foi considerado o modelo de placas planas paralelas infinitas, dado a grande relação de aspecto do dispositivo. Os valores da resistência térmica equivalentes encontram-se compiladas na Tabela 2.

Tabela 1 - Resultados teóricos e experimentais para o modelo 1 (diferença de temperatura constante)

Configuração		Resultados Experimentais			Resultados Teóricos
		Fluxo de Calor (W/m ²)	Diferença de Temperatura (K)	Eficiência (η_{AT}) experim.	Eficiência (η_{AT}) teórica
1	caso padrão (sem manta)	250.0	35.0	-	-
2	filme alumínio negro	141.7	35.0	43 %	45 %
3	filme alumínio polido	25.3	35.0	90 %	89 %
4	manta polietileno expandido, esp.= 4 mm (não aluminizada)	114.4	35.0	54 %	60 %

Tabela 2 - Resistências térmicas utilizadas na análise teórica do modelo 1

Configuração		Resistência Térmica (m ² K/W)			
		R_{ar}	$R_{ar\ sup}$	R_{manta}	$R_{ar\ inf}$
1	caso padrão: sem manta	0.14	-	0	-
2	alumínio negro	-	0.12	0	0.14
3	alumínio polido	-	0.65	0	0.67
4	manta polietileno não aluminizada	-	0.12	0.10	0.14

Pode-se verificar a boa concordância entre os valores teóricos e experimentais para os casos avaliados, mostrando o bom desempenho do dispositivo, em particular do transdutor de fluxo de calor. Nota-se que o emprego de um filme reflexivo reduz enormemente o fluxo de calor, pois nessa configuração (câmara horizontal, sem troca de ar) a radiação é o fenômeno preponderante, respondendo por 92 % do calor trocado.

O segundo modelo considera que uma potência constante (q_{rad}) é absorvida pelo telhado, fruto da irradiação solar. A resistência aquecedora simula o aquecimento por radiação solar, nesse caso mantido constante para todos os ensaios. A Tabela 3 mostra os resultados obtidos, comparando com os resultados teóricos, e a Tabela 4 os valores das resistências térmicas empregadas na análise teórica.

Tabela 3 - Resultados experimentais e teóricos para o modelo 2 (potência constante)

Configuração		Resultados Experimentais			Resultados Teóricos
		Fluxo de Calor (W/m ²)	Diferença de Temperatura (K)	Eficiência (η_{Pot}) experim.	Eficiência (η_{Pot}) teórica
1	caso padrão (sem manta)	94.6	12.3	-	-
2	filme alumínio negro	81.1	17.1	14 %	22 %
3	filme alumínio polido	26.2	27.2	72 %	74 %
4	manta polietileno expandido, esp.= 4 mm (não alumin.)	76.8	17.8	19 %	34 %

Nessa configuração os resultados teóricos diferem ligeiramente dos valores obtidos experimentalmente, mas mantêm a mesma tendência (maior eficiência para o filme polido, e menor para filme negro). Observa-se, contudo, uma clara redução dos valores da eficiência para todos os casos analisados. Trata-se do efeito de aumento de temperatura causado pelo isolamento do telhado. A medição da eficiência de mantas tende a ser mais simples quando avaliado a ΔT constante, mas fornece valores de eficiência superestimados.

Tabela 4 - Resistências térmicas utilizadas na análise teórica do modelo 2

Configuração		Resistência Térmica (m^2K/W)							
		$R_{ar\ ext}$	R_{telha}	R_{ar}	$R_{ar\ inf}$	$R_{ar\ sup}$	R_{manta}	R_{laje}	$R_{ar\ int}$
1	caso padrão (sem manta)	0.04	0.01	0.14	-	-	0	0.06	0.16
2	alumínio negro	0.04	0.01	-	0.13	0.12	0	0.06	0.16
3	alumínio polido	0.04	0.01	-	0.67	0.65	0	0.06	0.16
4	manta polietileno não aluminizada	0.04	0.01	-	0.13	0.12	0.10	0.06	0.16

5. Análise de caso

A Tabela 5 mostra a eficiência de alguns tipos de manta determinada experimentalmente através do método ΔT constante. A manta de polietileno expandido (com espessura = 2 mm) aluminizada nas duas faces apresentou uma eficiência de apenas 64 %. Trata-se de um valor bastante inferior ao esperado. Em uma simulação dessa manta, com emissividade igual a 0.05, a eficiência (teórica) alcançou 90 %. A eficiência de 64 % só é atingida quando a emissividade da manta é considerada igual a **0.65**. Esse tipo de manta apresenta uma camada de polietileno sobre a película metálica, sendo a possível causa dessa redução da emissividade.

O mesmo fenômeno pode ser observado em um ensaio de caixas Tetrapak[®] (embalagens de leite longa vida) abertas e unidas formando uma manta (Pagani, 2001). Nota-se que a retirada do filme de polietileno que recobre a película de alumínio aumentou significativamente a eficiência da manta. Nos ensaios apresentados a manta foi posicionada com a face reflexiva voltada para baixo. Contudo ensaios demonstraram que a eficiência aumenta apenas 3 % quando a face reflexiva é posicionada para cima, não compensando, dessa forma, o risco de diminuição de eficiência devido a deposição de poeira.

Tabela 5 - Resultados experimentais a diferença de temperatura constante (modelo 1)

Configuração		Resultados Experimentais		
		Fluxo de Calor (W/m^2)	Diferença de Temperatura (K)	Eficiência ($\eta_{\Delta T}$) experimental
1	caso padrão (sem manta)	95.2	20.0	-
2	Alumínio de cozinha	10.2	20.0	88 %
3	Alumínio negro	43.9	20.0	50 %
4	manta polietileno expandido, esp.= 2mm aluminizada dupla face	34.1	20.0	64 %
5	embalagem Tetrapak [®] (com filme polietileno)	25.8	20.0	73 %
6	embalagem Tetrapak [®] (sem filme polietileno)	14.6	20.0	85 %

A Tabela 6 mostra o ensaio do alumínio de cozinha, da embalagem Tetrapak[®] e da manta de polietileno expandido dupla face, mas realizado a potência constante (modelo 2). Novamente nesse método a eficiência é reduzida, fruto do aumento da diferença de temperatura. O ensaio produziu a eficiência de 36 % para a manta de polietileno dupla face, com emissividade igual a 0.65.

Tabela 6 - Resultados experimentais a potência constante (modelo 2)

Configuração		Resultados Experimentais		
		Fluxo de Calor (W/m ²)	Diferença de Temperatura (K)	Eficiência (η_{Pot}) experimental
1	caso padrão (sem manta)	58	9.0	-
2	Alumínio de cozinha	12	20.2	80 %
3	Alumínio negro	47	14.0	19 %
4	embalagem Tetrapak [®] (com filme polietileno)	30.6	15.6	47 %
5	manta polietileno expandido, esp.= 2mm aluminizada dupla face	36.4	12.7	36 %

6. Avaliação de parâmetros

O modelo a potência constante (modelo 2) reproduz de maneira mais realista as condições de uso da manta, ou seja, em um telhado exposto às condições atmosféricas. O coeficiente de troca por convecção externo é uma propriedade que pode apresentar grande variação, dependendo da velocidade do ar. A Figura 5 mostra a variação da eficiência e a comparação entre os resultados teóricos e experimentais de uma manta com dupla face reflexiva, emissividade igual a 0.05 e espessura = 0.2 mm, em função do coeficiente de transferência de calor externo (h_{ext}) e também do coeficiente de transferência de calor interno (h_{int}).

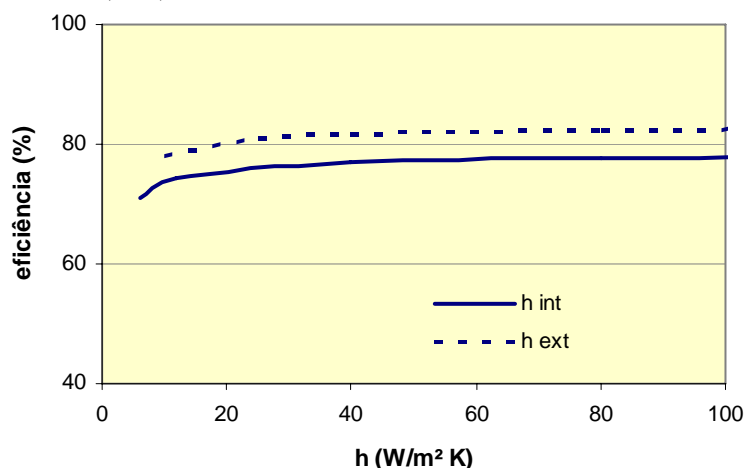


Figura 5 - Eficiência de uma manta dupla face (emissividade = 0.05) em função do coeficiente de troca de calor por convecção interno (h_{int}) e externo (h_{ext}) para o modelo 2 (potência constante)

Nota-se que a eficiência é ligeiramente afetada pelos coeficientes de troca de calor externo e interno da edificação. Segundo a Norma Técnica - Desempenho térmico de edificações, o coeficiente de troca externo é considerado igual a 25 W/m²K, e o coeficiente de troca interno é igual a 6 W/m²K, mas variações são admitidas.

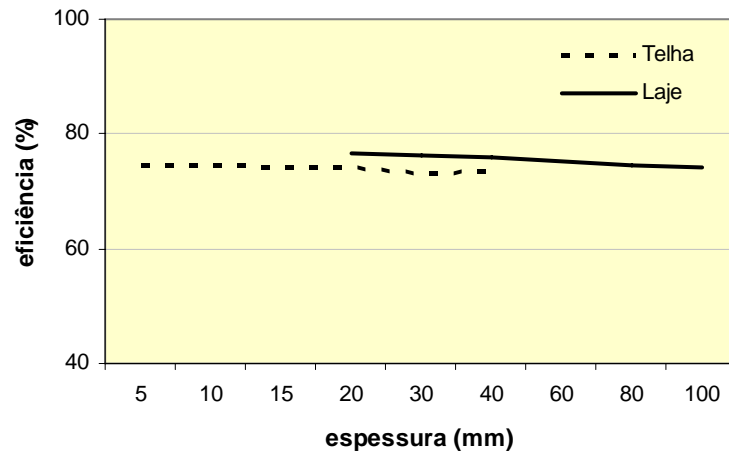


Figura 6 - Eficiência de uma manta dupla face em função da espessura da laje e da telha para o modelo 2 (potência constante)

Nas simulações apresentadas nessa seção a telha e a laje foram consideradas com condutividade térmica igual a 1.5 W/mK e espessuras iguais a 20 mm e 100 mm respectivamente e a emissividade das superfícies igual a 0.95. Foi ainda avaliado a influência da espessura da telha e da laje (condutividade térmica = 1.5 W/mK), conforme mostrado na Figura 6.

Percebe-se uma fraca dependência da eficiência com as espessuras, significando que o resultado obtido na bancada experimental pelo modelo a potência constante é representativo mesmo para coberturas com diferentes configurações. Já a Figura 7 mostra a variação da eficiência em função da espessura da manta, para 4 tipos de acabamento superficial: aluminizado dupla face com emissividade igual a 0.05, aluminizado dupla face com emissividade igual a 0.65, simples face ($\epsilon=0.65$ e 0.95) e manta não aluminizada ($\epsilon=0.95$).

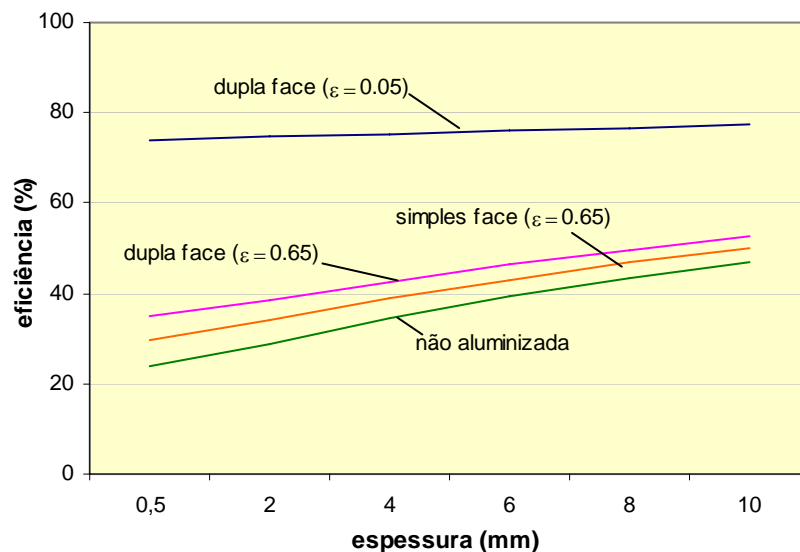


Figura 7 - Eficiência em função da espessura de manta aluminizada dupla face ($\epsilon=0.05$ e $\epsilon=0.65$), simples face e não aluminizada para o modelo 2 (potência constante)

Conforme esperado, a manta dupla face apresenta uma maior eficiência quando a emissividade é baixa. Com emissividade alta (0.65) não há grande diferença entre uma manta dupla face, simples face, ou mesmo não-aluminizada, especialmente para mantas mais espessas. A espessura da manta influencia na eficiência somente quando a emissividade é alta, sendo que a espessura zero reproduz o efeito de uma simples película. Caso ela seja brilhante nas duas faces ($\epsilon=0.05$) a eficiência é de 74 %, ou seja, reduz em 74 % a transferência de calor para o interior da edificação.

Foi ainda avaliada a influência da inclinação do telhado, utilizando as correlações apresentadas por Bejan (1990) para cavidades inclinadas com grande razão de aspecto. Para os casos apresentados a variação no cálculo da eficiência foi inferior a 4 % para ângulo de 20°. Da mesma forma foi avaliado a influência da potência (q_{rad}) e/ou da diferença de temperatura entre telha e laje, igualmente chegando a variações consideradas pequenas (<4 %) face às incertezas inerentes do modelo. Foram ainda realizados ensaios onde foi permitida renovação do ar na câmara através de uma abertura de 7 mm ao longo de todo o perímetro superior do dispositivo. Foi detectado uma leve redução do fluxo de calor, e um aumento da eficiência (em torno de 4 %) para todos os casos analisados. Novamente pode-se considerar essa variação pequena, não afetando de maneira significativa os resultados até aqui apresentados.

7. Conclusões

O aparato apresentado nesse trabalho teve como objetivo a medição em laboratório da eficiência térmica de mantas isolantes reflexivas. O sistema buscou reproduzir de forma compacta a cobertura de edificações submetidas à radiação solar e às trocas convectivas. O modelo a diferença de temperatura constante apresenta como característica a simplicidade. Já o modelo a potência constante visa reproduzir de uma maneira mais realista a cobertura de uma edificação. A instalação de isolamento acaba causando um leve aumento na temperatura do telhado. Segundo o modelo apresentado, o ensaio a ΔT constante acaba superestimando a eficiência do isolamento em até 30 %.

O modelo teórico a potência constante (modelo 2) utilizando resistências térmicas que englobam trocas convectivas e radiantes levou a uma correlação simples porém reveladora: a eficiência não depende da radiação solar e tampouco das temperaturas envolvidas. Somente as resistências térmicas dos componentes são pertinentes. Explorando algebricamente essa correlação pode-se verificar que a eficiência é pouco dependente dos coeficientes de convecção externo e interno, e também pouco dependente das variáveis construtivas (espessura da telha, espessura da laje, inclinação do telhado) e ambientais (coeficiente de troca por convecção interna e externa, diferença de temperatura). Dessa forma os resultados obtidos através da bancada podem ser considerados representativos para uma grande variedade de tipos construtivos.

Houve boa concordância entre os resultados teóricos e experimentais, capacitando a bancada para medição de diferentes tipos de isolamento. Para uma manta comercial analisada verificou-se que a eficiência ficou aquém do esperado. A superfície reflexiva possui uma fina cobertura de polietileno, sendo, possivelmente a causa do baixo desempenho. Esse fato foi comprovado com o ensaio de uma manta realizada a partir de caixas Tetrapak[®] (embalagens de leite longa vida) abertas e unidas. Essa manta mostrou uma excelente eficiência (82% no modelo a ΔT constante) quando é retirado o filme de polietileno. Obviamente serão necessários mais ensaios para verificar a viabilidade e a estabilidade da superfície quando sujeita a intempéries.

Esse trabalho vem demonstrar o grande potencial de utilização do transdutor de fluxo de calor, que permite medir de forma rápida e simples a energia trocada em sistemas térmicos e ainda pode-se mostrar uma ferramenta útil para determinação da emissividade de superfícies. Algumas análises e ensaios adicionais ainda se fazem necessários, mas a bancada já pode ser considerada apta a realizar ensaios das mantas isolantes reflexivas, permitindo uma melhor segurança do consumidor na escolha do produto.

8. Referências

- Armelin, H.S. e Cherry, N.H.S, 2004, "Uso e Avaliação de Barreiras de Radiação Térmica na Construção Civil. Comunicacao Técnica Revista E-MAT", vol 1 n1, Editora Antac.
- Bejan, A, 1990, "Convection Heat Transfer". Editora Mac GranHill, 2^a Edição, USA.
- Bueno, A. D., 1994, "Transferência de Calor e Umidade em Telhas: Simulação e Análise Experimental" Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina.
- Desjarlais, A.O., 2004, "Building Envelope Research. Oak Ridge National Laboratory"
http://www.ornl.gov/sci/roofs+walls/radiant/rb_01.html.
- Güths, S., Philippi, P.C., Gaviot, E. e Thery, P., 1995, "Um transdutor de fluxo de calor a gradiente tangencial", Anais do XI Congresso Brasileiro em Engenharia Mecânica (COBEM), CDROM, Belo Horizonte.
- Incropera, F. e De Witt, D., 1992, "Fundamentos de Transferência de Calor e de Massa", Editora Guanabara Koogan, 3^a Edição, 1992.
- Norma Técnica, 1998, "Métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator de calor solar de elementos e componentes de edificações", Projeto 02:135.07-002 Desempenho térmico de edificações - Parte 2.
- Pagani, M. C., 2001, "Na caixinha de leite, o frescor da população". Jornal da Unicamp, Vol 1.
- Touloukian, Y. S, Lilley, P.E. e Saxena, S.C , 1970, "Thermophysical Properties of Matter", IFI/ PLENUM, New York.

THEORETICAL/EXPERIMENTAL EVALUATION OF DEVICE FOR MEASUREMENT OF THERMAL EFFICIENCY OF ISOLATION OF COVERING OF CONSTRUCTIONS

Güths, Saulo
Federal University of Santa Catarina
Dpto Engenharia Mecânica CEP 88040-900 Florianópolis / SC
saulo@lmpt.ufsc.br

Michels, Caren
Federal University of Santa Catarina
Dpto de Pós Graduação em Engenharia Civil CEP 88040-900 Florianópolis / SC
carenmichels@yahoo.com

Abstract

In a tropical country with strong insolation as Brazil, the biggest thermal gain in horizontal constructions is undeniably for the covering. Knowing this characteristic, the use of thermal isolation in coverings has been increased, presenting different characteristics as for thickness, type of isolating material and reflective surface.

However we have a deficiency of experimental methods of evaluation of the energy efficiency of these isolants. Many manufacturers present only the thermal conductivity, or a information on the percentage of reduction of the radiating heat. This work comes to present a compact device for determination of the efficiency of isolating covers based in the use of heat fluxmeters. It will be presented two models using thermal resistances carrying to a simple correlation. Exploring these correlations the sensitivity of the efficiency in relation to the diverse variables can be verified. It will be presented resulted of tests for different types of isolating and compared with the theoretical model.

Keywords: heat flux, isolation, radiation, heat fluxmeter