



INFLUÊNCIA DO DESEMPENHO TÉRMICO DE COBERTURAS LEVES COM ÁTICO NO CONFORTO TÉRMICO DE CASAS POPULARES

Prof. ROBERTO LAMBERTS, Ph.D
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

RESUMO

O Desempenho Térmico de coberturas leves com ático em casas populares é analisado. Para analisar-se a influência das variáveis envolvidas, foi montado um modelo matemático por diferentes finitas. O modelo foi rodado com dados de um dia típico de verão de Porto Alegre para 10 configurações diferentes de telhado e os resultados são apresentados. Conclui-se que o principal problema gerado por coberturas mal projetadas é uma alta temperatura do forro e conseqüente desconforto. Barreiras radiantes no ático apresentaram uma grande melhora no desempenho térmico das coberturas analisadas.

ABSTRACT

The thermal performance of lightweight roofs in low cost houses is analysed. To look at the influence of the variables involved, a mathematical model by finite element was developed. The model was used to simulate 10 different roof configurations during a typical summer day in Porto Alegre. The main problem caused by bad designed roofs was shown to be the high ceiling surface temperature and associated discomfort. Radiant barriers in the attic improved substantially the thermal performance of the lightweight roofs analysed.

INTRODUÇÃO

O déficit habitacional para a população de baixa renda hoje no Brasil é superior a 10 milhões de casas. Muito pouco tem sido feito pelo Governo para amenizar esta situação. A grande demanda aliada a um clima ameno em que se todo o país e uma falta de legislação apropriada tem levado a que as construções direcionadas a suprir o mercado de baixa renda tenham um comportamento térmico inadequado. Outro fato que agrava este problema é que na formação do Arquiteto e do Engenheiro Civil muito pouco é dado a nível de conteúdo para que o futuro profissional tenha condições e ferramentas para adequar a sua construção ao clima local.

Dentre as edificações para a população de baixa renda, as casas unifamiliares ainda são a grande maioria. Nestas, a cobertura é o componente mais exposto ao clima externo e portanto com grande influência no ambiente térmico interno e no conforto térmico de seus ocupantes.

O tipo de cobertura normalmente usada é a inclinada coberta com telhas. No passado as telhas de barro eram as mais usadas. O desempenho térmico deste material é bom devido a alta capacidade de absorção de água.

Durante a noite, devido a perdas por radiação para o céu, a superfície do telhado fica a uma temperatura mais baixa que a do ar e em um clima úmido, ocorre a condensação da umidade do ar. Se esta água for absorvida pela telha, no dia seguinte uma parte da radiação solar incidente que causaria o aquecimento da telhado - será

gasta no processo de evaporação. Isto se deve ao alto valor do calor latente de evaporação da água. Em medições feitas em Porto Alegre em um telhado de barro com telhas francesas durante o verão (Lamberts, 1983) constatou-se que 20 % da energia solar incidente durante o dia foi gasta no processo de evaporação da água absorvida durante a noite.

Atualmente, pela maior facilidade de instalação e pelo menor uso de madeira na estrutura do telhado a tendência em loteamentos de baixa renda tem sido o uso de telhas de fibro cimento. Estas telhas tem a capacidade de absorção de água bem menor que as de barro e portanto um comportamento térmico pior. Em busca de uma melhora deste comportamento, tem-se procurado soluções tais como ventilar o espaço entre a telha e o forro (ático), pintar de branco a superfície externa da telha, usar barreiros radiantes no ático e isolantes térmicos sobre o forro.

Com o intuito de estudar a influência das variáveis acima citadas no comportamento térmico de coberturas de casas populares brasileiras foi desenvolvido um estudo teórico-experimental (Lamberts, 1988) e aqui se apresentam alguns resultados.

Uma análise do fenômeno de transmissão de calor através de telhados associado a uma revisão bibliográfica levou a constatação de que as principais variáveis na transmissão de calor eram a absorvidade a radiação solar

da superfície externa da telha, a emissividade a radiação de onda longa no interior do ático, a taxa de ventilação ao ático e a resistência térmica do forro.

A absorptividade a radiação solar da superfície externa da telha, governada pela sua cor ditará a quantidade de radiação a ser absorvida durante o dia. Em climas como os existentes no Brasil este fato torna-se extremamente importante devido a grande quantidade de radiação incidente em superfícies pouco inclinadas como os telhados.

A emissividade a radiação de onda longa do ático influirá nas trocas por radiação entre a telha e o forro. Este fenômeno é muito importante já que a superfície interna da telha atinge altas temperaturas devido a baixa resistência térmica da mesma e a grande diferença de temperatura telha-forro faz com que quase todo calor transmitido através do ático seja por radiação. Quase todos os materiais de construção tem alta emissividade a radiação de onda longa (~ 0.9). O uso de materiais como lâminas de alumínio polido, que tem baixa emissividade (~ 0.05) podem reduzir a transmissão de calor por radiação significativamente.

A taxa de ventilação do ático influirá nas temperaturas superficiais alcançadas pela telha e pelo forro através da remoção de calor por convecção destas superfícies.

Por último a resistência térmica do forro governada a condução de calor para o interior da casa.

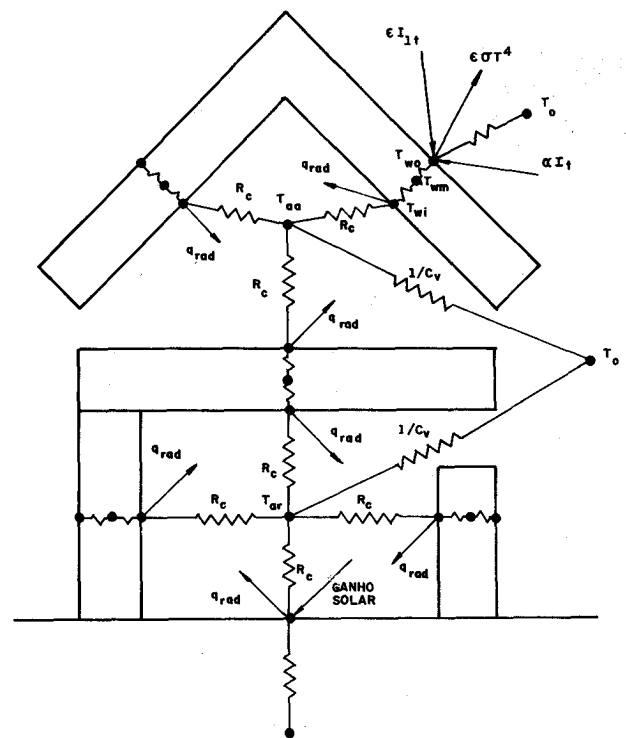
O MODELO

Para analisar-se a influência destas variáveis foi montado um modelo matemático por diferenças finitas. Uma representação esquemática do modelo é apresentada na figura 1. Maiores detalhes sobre o modelo podem ser encontradas em (Lamberts 1988).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A figura 2 mostra a variação das temperaturas mais significativas durante um dia, típico de verão em Porto Alegre para uma casa popular com: telhado de cimento amianto velho (6mm); inclinação de 20°; sem ventilação do ático; forro de 10mm de gesso; paredes de 15cm de tijolo maciço rebocadas e pintadas de branco; janelas com venezianas fechadas; contrapiso de concreto sobre o solo; fachada maior orientada para o Norte e uma taxa de renovação do ar da casa de 10 trocas por hora. A temperatura do ar interno da casa é igual a do ar externo. A temperatura inferior do forro é muito mais alta alcançando um máximo de 43°C as 13h quase 11K superior a temperatura do ar. A temperatura do solo permaneceu baixa durante o dia.

Além da simulação acima foram realizadas nove outras com as seguintes particularidades:



$$R_c = 1/h_c$$

q - FLUXO DE CALOR DEIXANDO A SUPERFÍCIE POR RADIAÇÃO

Figura 1 - Representação esquemática do modelo matemático

- SIMULAÇÃO 2 - Igual a simulação 1 mas com absorptividade solar da telha de 0.3.
- SIMULAÇÃO 3 - Igual a simulação 1 mas com emissividade de da telha p/o ático de 0.05.
- SIMULAÇÃO 4 - Igual a simulação 1 mas com isolamento de 25mm de fibra de vidro sob a telha.
- SIMULAÇÃO 5 - Igual a simulação 1 mas com isolamento de 25mm de fibra de vidro sobre o forro.
- SIMULAÇÃO 6 - Igual a simulação 1 mas com o dobro do coeficiente fr trocas por convecção entre a telha e o ar externo.
- SIMULAÇÃO 7 - Igual a simulação 1 mas com inclinação do telhado de 10°.
- SIMULAÇÃO 8 - Igual a simulação 1 mas com inclinação do telhado de 30°.
- SIMULAÇÃO 9 - Igual a simulação 1 mas com absorptividade solar da telha de 0.3 e emissividade de da telha p/o ático de 0.5.
- SIMULAÇÃO 10 - Igual a simulação 9 mas com isolamento sobre forro de 25mm de fibra de vidro.

Todas as simulações foram feitas com o ático não ventilado e também com o ático muito ventilado (130 trocas

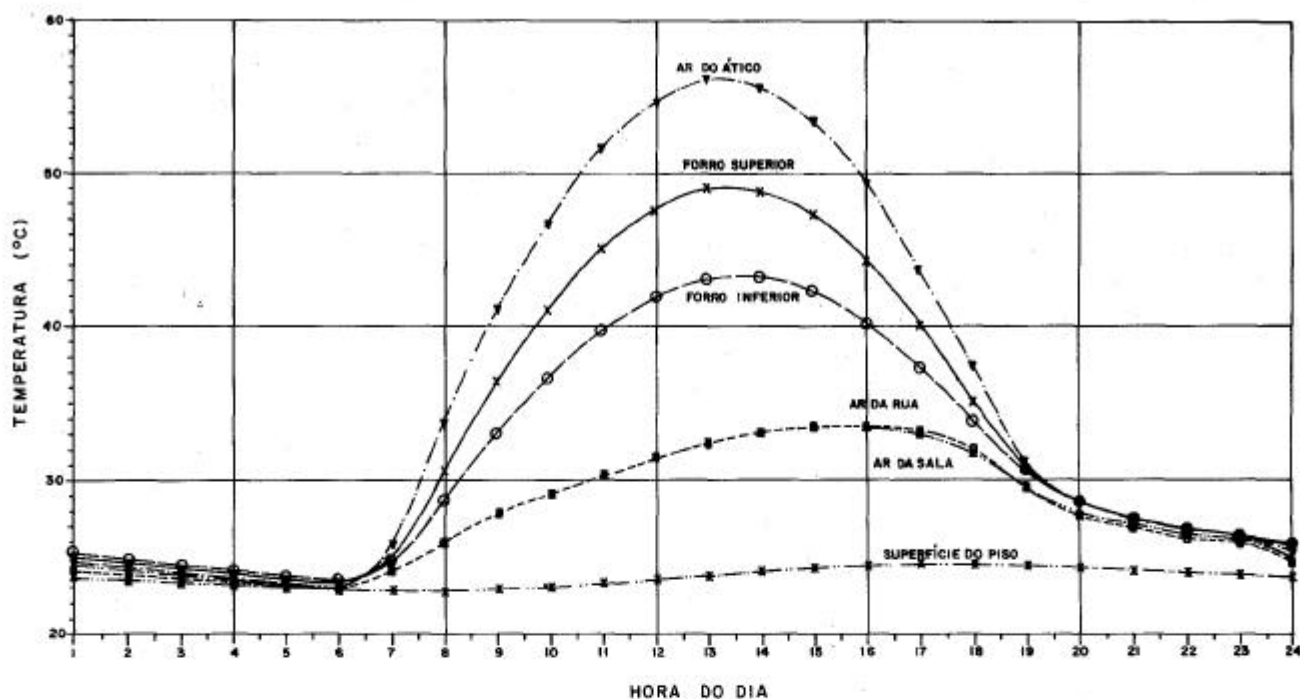


Figura 2 - Variação das temperaturas mais significativas durante um dia típico de verão - Telhado de cimento amianto velho com forro de 10mm de gesso.

de ar por hora).

Os resultados mostraram que a temperatura do ar interno é igual a do ar externo devido a alta ventilação da casa. As maiores diferenças se encontram na temperatura superficial inferior do forro.

A tabela 1 apresenta as diferenças entre a temperatura superficial inferior do forro e a do ar para as simulações feitas durante a hora de máximo (13h).

TABELA 1 - Diferença de temperatura entre a superfície inferior do forro (T_{ci}) e a temperatura do ar (T_a) da sala para as condições de máxima diferença (13h).

Simulação	$\Delta t = T_{ci} - T_a$	
	Ventilação do ático (trocas/hora)	
	0	130
	(K)	
1	10.8	7.5
2	1.9	1.4
3	- 1.0	- 1.7
4	1.3	0.6
5	1.5	- 0.3
6	6.1	4.4
7	10.6	7.8
8	10.1	7.1
9	- 2.6	- 2.5
10	- 3.0	- 3.0

As trocas por radiação entre o homem e as superfícies da casa são importantes para o conforto térmico. Fanger (1986) comparando o desconforto causado pela assimetria de radiação causada por paredes frias, paredes quentes, forros frios e forros quentes, conclui que o que causa maior desconforto para uma mesma assimetria são forros quentes. Koenigsbenger e Lynn (1965) sugerem para o trópico úmido que a temperatura do forro não ultrapasse em 4.5K a temperatura do ar para evitar desconforto.

Observando-se as diferenças mostradas na tabela 1, podemos concluir que várias das simulações indicam condições de desconforto (>4.5K). Nota-se que a mudança de inclinação do telhado, de 20º (Simulação 1) para 10º (Simulação 7) ou 30º (Simulação 8) pouco influenciou a diferença de temperatura forro-ar. A simulação 6 apresentou uma redução da diferença de temperatura forro-ar significativa o que demonstra a importância de um melhor entendimento do coeficiente de troca de calor por convecção entre as superfícies externas das edificações e o ar para simulações mais realistas. A simulação 2 demonstra a importância de cor externa que causou uma redução significativa na diferença de temperatura forro-ar, passando para 1.9K. O uso de isolamento de fibra de vidro reduziu ainda mais a diferença (Simulação 4 e 5). A Simula-

ção 3 - uso de barreira radiante no ático - demonstrou que a transmissão de calor da telha para o forro é principalmente por radiação e que a redução da transmissão de calor por radiação deixou a temperatura inferior do forro mais baixa que a temperatura do ar. Isto se deve ao fato do fluxo através do forro ser baixo e a temperatura superficial do piso estar abaixo da do ar. Nas simulações 9 e 10, além da barreira radiante uma baixa absorvidade e isolamento do forro foram incorporadas ressaltando ainda mais o fenômeno ocorrido na Simulação 3 - Δt negativo.

Quanto a influência da ventilação na redução da diferença de temperatura forro-ar observamos uma redução significativa nas simulações 1, 6, 7, 8 devido ao grande fluxo que atravessa o telhado. Mas mesmo assim esta redução não foi suficiente para eliminar o desconforto. Nas simulações 9 e 10 a melhora foi quase imperceptível devido ao baixo fluxo através da cobertura.

CONCLUSÃO

As simulações acima demonstram que o grande problema de desconforto em casas populares brasileiras com telhados de cimento amianto envelhecido não está em temperaturas do ar interno acima do externo mas sim na assimetria de radiação causada por uma alta temperatura do forro.

Tanto a pintura do telhado branco, quanto o uso de barreira ou isolamento sobre o forro causam melhoras suficientes para resuzir esta assimetria para valores aceitáveis. A barreira radiante elimina o problema resultando em uma temperatura do forro mais baixa que a do ar possibilitando inclusive o resfriamento radiativo de pessoas expostas a este ambiente.

A ventilação do ático resultou em uma pequena redução da diferença de temperatura, redução esta não suficiente para eliminar o desconforto térmico.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- FANGER, P.O. 1986 Radiation and discomfort. ASHRAE JOURNAL, vol.28, nº 2, pp 33-34.
- KOENIGSBERGER, O, e LYNN, R. 1965. Roofs in the warm humid tropics. ARCHITECTURAL ASSOCIATION PAPER nº 1, London.
- LAMBERTS, R. 1983. DESEMPENHO TÉRMICO DE COBERTURAS LEVES COM ÁTICO: BANCADA DE TESTES

- E MODELO MATEMÁTICO. Dissertação de mestrado. Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre, RS.
- LAMBERTS, R. 1988. Heat transfer through roofs of low cost Brazilian houses. Tese de Ph.D. Department of Civil Engineering, The University of Leeds, Inglaterra.