



AVALIAÇÃO COMPARATIVA DE DESEMPENHO TÉRMICO ENTRE CINCO SISTEMAS CONSTRUTIVOS DE HABITAÇÃO POPULAR

P N Lemos & M J Barbosa

Universidade Estadual de Londrina

Centro de Tecnologia e Urbanismo – Departamento de Construção Civil

Campus Universitário – Caixa Postal 6001

CEP 86051-990 – Londrina/PR – Brasil

fax: + 55 (43) 371-4082 – fone: + 55 (43) 371-4455

e-mail: olemos@sercomtel.com.br; mjbs@sercomtel.com.br

RESUMO Cinco sistemas construtivos variados utilizados na edificação de habitação popular foram analisados com o objetivo de verificar qual sistema apresenta o melhor desempenho térmico e quais as características térmicas que mais influenciam o resultado. A metodologia empregada para avaliar o desempenho térmico baseia-se nos limites de temperatura de conforto definidos por Givoni. Esta metodologia quantifica as horas anuais de desconforto por frio e por calor. Os sistemas foram comparados entre si segundo os resultados obtidos por simulação. O principal resultado encontrado foi que a taxa de ventilação é o parâmetro que mais influencia o desempenho térmico destes sistemas construtivos.

ABSTRACT Five constructive systems used in low cost housing were analyzed with the objective of verifying which system presents the best thermal performance and which thermal characteristics more influence the results. The methodology employed to evaluate the thermal performance bases on the limits of comfort temperature defined by Givoni. This methodology quantifies the hours of non-comfort by cold and by heat. The systems were compared to each other according to the results obtained by simulation. The main result is that the internal ventilation flow rate is the parameter that more influences the thermal performance of these constructive systems.

1 Introdução

Foram avaliados neste trabalho cinco sistemas construtivos de habitação popular utilizados na região de Londrina-PR. Os sistemas construtivos analisados foram:

- sistema construtivo tradicional em alvenaria de tijolos cerâmicos furados com revestimento de argamassa interno e externo, e cobertura com telhas de fibrocimento e laje pré-moldada (alvenaria tradicional);
- sistema construtivo tradicional em alvenaria de tijolos cerâmicos furados com revestimento de argamassa interno e externo, e cobertura com telhas de fibrocimento e laje pré-moldada, beneficiado termicamente com isolante de lã mineral sobre a laje, telhas com pintura externa branca e lâminas de alumínio na face interna, aberturas sombreadas e com área de 20% da área de piso (alvenaria beneficiada);
- sistema construtivo em alvenaria de blocos cerâmicos aparentes, cobertura de telhas cerâmicas e laje pré-moldada (blocos cerâmicos);
- sistema construtivo com paredes de argamassa envolvendo uma chapa corrugada de fibrocimento, com cobertura de telhas cerâmicas e forro de madeira (fibrocimento);
- sistema construtivo com paredes monolíticas de concreto e cobertura com laje de concreto maciço e telhas de fibrocimento (concreto monolítico).

2 Aplicação da Metodologia para Avaliar o Desempenho Térmico das Edificações

Esta metodologia (Barbosa, 1997) avalia o desempenho térmico em edificações térreas residenciais unifamiliares através de limites de conforto térmico ajustados para uma população local. Os referidos limites baseiam-se na zona de conforto térmico de Givoni (1992) para países de clima quente e em desenvolvimento, que recomenda para o interior temperaturas variando de 18 a 29°C.

O parâmetro adotado como critério de avaliação é o total de horas por ano em que as temperaturas internas obtidas na simulação apresentam-se fora dos limites de temperatura da zona de conforto de Givoni.

A avaliação por desempenho é realizada através da simulação do sistema construtivo, comparando-se as horas de desconforto quantificadas após a simulação, com o limite de horas de desconforto aceitável estabelecido, sendo que o sistema que apresenta menos horas de desconforto é o que possui melhor desempenho térmico.

Para a análise por desempenho, os cinco sistemas estudados foram simuladas no software COMFIE (Peuportier; Sommereux, 1992), considerando-se o clima de Londrina e a ocupação típica deste tipo de edificação na região para um ano inteiro. Nas Tabelas 1 e 2, apresentam-se os resultados em horas de desconforto e as características térmicas dos sistemas construtivos calculadas conforme Lamberts (1998) e Lamberts (1990).

Tab. 1 Resultados da simulação em horas de desconforto.

Resultados da Simulação						
INVERNO						
Sistemas Construtivos	Concreto Monolítico	Alvenaria Tradicional	Fibro-cimento	Alvenaria Beneficiada	Blocos Cerâmicos	Clima Externo
Horas de desconforto por frio	267	26	428	362	662	1110
Horas de desconforto por calor	85	377	64	154	14	34
Horas totais de desconforto	352	403	492	516	676	1144
OUTONO						
Sistemas Construtivos	Concreto Monolítico	Alvenaria Tradicional	Fibro-cimento	Alvenaria Beneficiada	Blocos Cerâmicos	Clima Externo
Horas de desconforto por frio	8	0	58	42	125	460
Horas de desconforto por calor	456	1190	253	394	131	144
Horas totais de desconforto	464	1190	311	436	256	604
PRIMAVERA						
Sistemas Construtivos	Concreto Monolítico	Alvenaria Tradicional	Fibro-cimento	Alvenaria Beneficiada	Blocos Cerâmicos	Clima Externo
Horas de desconforto por frio	49	1	105	110	183	367
Horas de desconforto por calor	601	1332	277	336	146	171
Horas totais de desconforto	650	1333	382	446	329	538
VERÃO						
Sistemas Construtivos	Concreto Monolítico	Alvenaria Tradicional	Fibro-cimento	Alvenaria Beneficiada	Blocos Cerâmicos	Clima Externo
Horas de desconforto por frio	0	0	0	0	0	3
Horas de desconforto por calor	1002	2058	425	538	208	250
Horas totais de desconforto	1002	2058	425	538	208	253
ANO INTEIRO						
Sistemas Construtivos	Concreto Monolítico	Alvenaria Tradicional	Fibro-cimento	Alvenaria Beneficiada	Blocos Cerâmicos	Clima Externo
Horas de desconforto por frio	324	27	591	514	970	1940
Horas de desconforto por calor	2144	4957	1019	1422	499	599
Horas totais de desconforto	2468	4984	1610	1936	1469	2539

Tab. 2 Características térmicas.

Características Térmicas	UNIDADE	Sistemas Construtivos				
		Blocos Cerâmicos	Fibro-cimento	Alvenaria Beneficiada	Concreto Monolítico	Alvenaria Tradicional
Número de trocas de ar (outono)	trocas/h	38,25	25,97	19,00	1,48	0,71
Número de trocas de ar (primavera)	trocas/h	55,66	37,79	27,65	2,15	1,03
$A_{VENTILAC\tilde{A}O}/A_{PISO}$	%	20,00	12,40	22,75	9,21	11,71
Transmitância da parede	W/m ² .K	2,85	3,78	2,34	4,26	2,34
Capacidade térmica da parede	kJ/m ² .K	114	185	175	249	175
Atraso térmico da parede	horas	3,3	2,6	4,7	2,9	4,7
Fator solar da parede	%	8,4	4,5	3,3	5,1	3,3
Transmitância da cobertura (verão)	W/m ² .K	1,76	2,01	0,66	2,16	1,77
Transmitância da cobertura (inverno)	W/m ² .K	2,42	2,80	0,91	3,11	2,44
Capacidade térmica da cobertura (verão)	kJ/m ² .K	168	23	163	139	158
Atraso térmico da cobertura (verão)	horas	4,4	1,0	9,4	3,8	4,8
Fator solar da cobertura (verão)	%	5,3	6,0	0,8	3,9	3,2

O resultado comparativo das horas de desconforto pode ser visto na Figura 1. O sistema construtivo que apresentou menor número de horas de desconforto foi o de blocos cerâmicos aparentes.

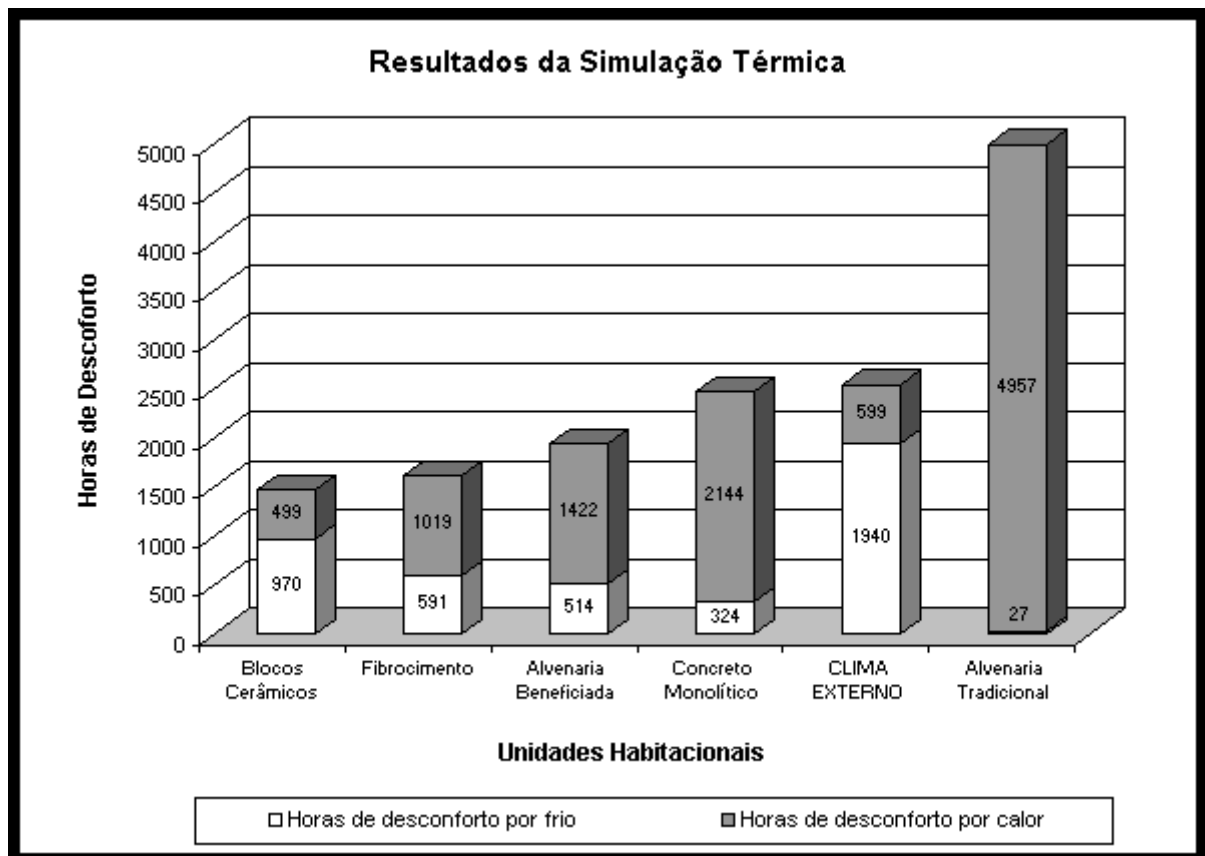


Fig. 1 Resultados da simulação térmica em horas de desconforto.

Após os resultados obtidos, tentou-se verificar uma correlação entre as características térmicas de cada sistema e sua influência nos resultados. Para isso foram criados gráficos relacionando-se os sistemas construtivos em ordem crescente de horas de desconforto e as características térmicas dos sistemas.

Na Figura 2 apresenta-se a correlação entre a seqüência de desempenho térmico e a transmitância das paredes, transmitância das coberturas para verão (fluxo descendente) e inverno (fluxo ascendente), fator solar das paredes, fator solar das coberturas, atraso térmico das paredes e atraso térmico das coberturas.

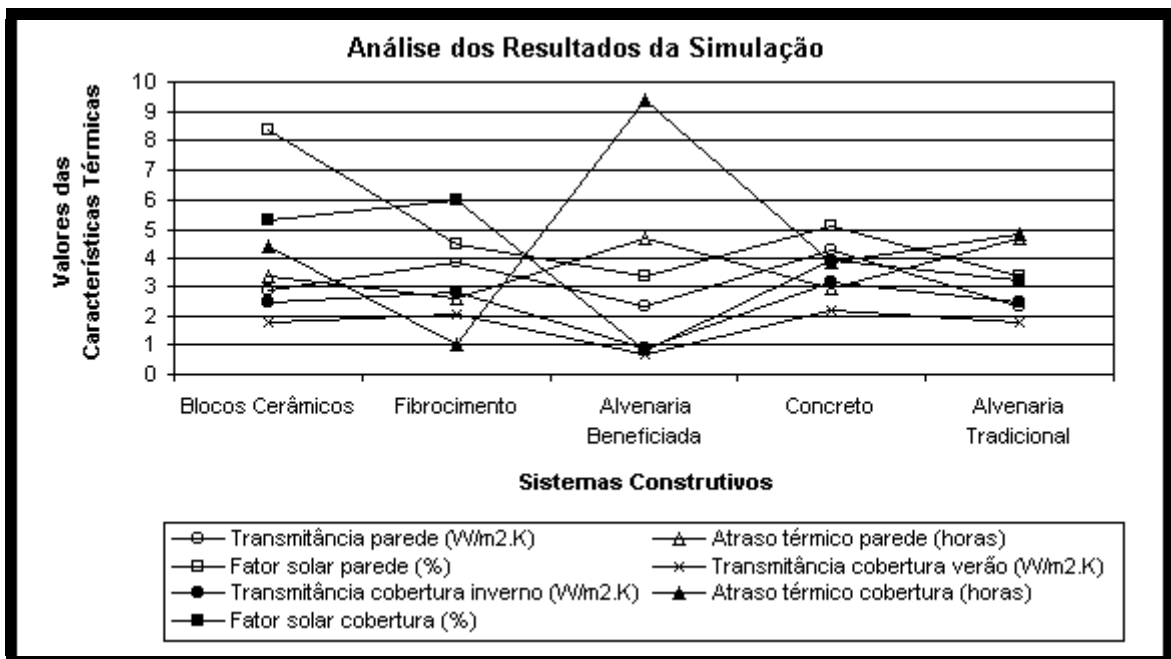


Fig. 2 Correlação entre a seqüência de desempenho térmico e as características térmicas de cada sistema construtivo.

A correlação entre a capacidade térmica das paredes, capacidade térmica das coberturas e os resultados das horas de desconforto pode ser vista na Figura 3.

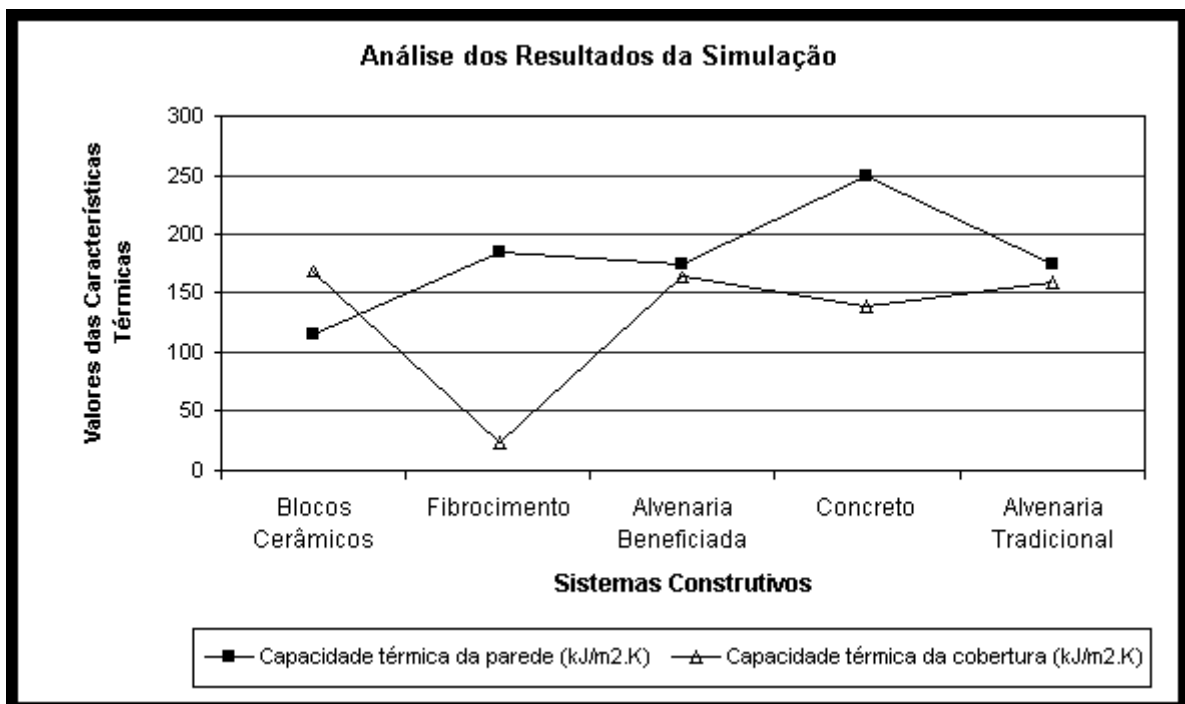


Fig. 3 Correlação entre a seqüência de desempenho térmico e a capacidade térmica de cada sistema construtivo.

Na Figura 4 pode-se observar a correlação entre as horas de desconforto e as taxas de ventilação (mínima e máxima do ano) e a porcentagem da área de aberturas sobre a área do piso. Observou-se, na Figura 4, que quanto maior a taxa de ventilação, menos horas de desconforto apresenta a unidade e, conseqüentemente, melhor será o seu

desempenho térmico. Além disso, analisando-se os cálculos de ventilação dos cinco sistemas construtivos, observa-se que a taxa de ventilação é tanto maior quanto menor for a diferença entre a área de entrada e a área de saída do fluxo de ar.

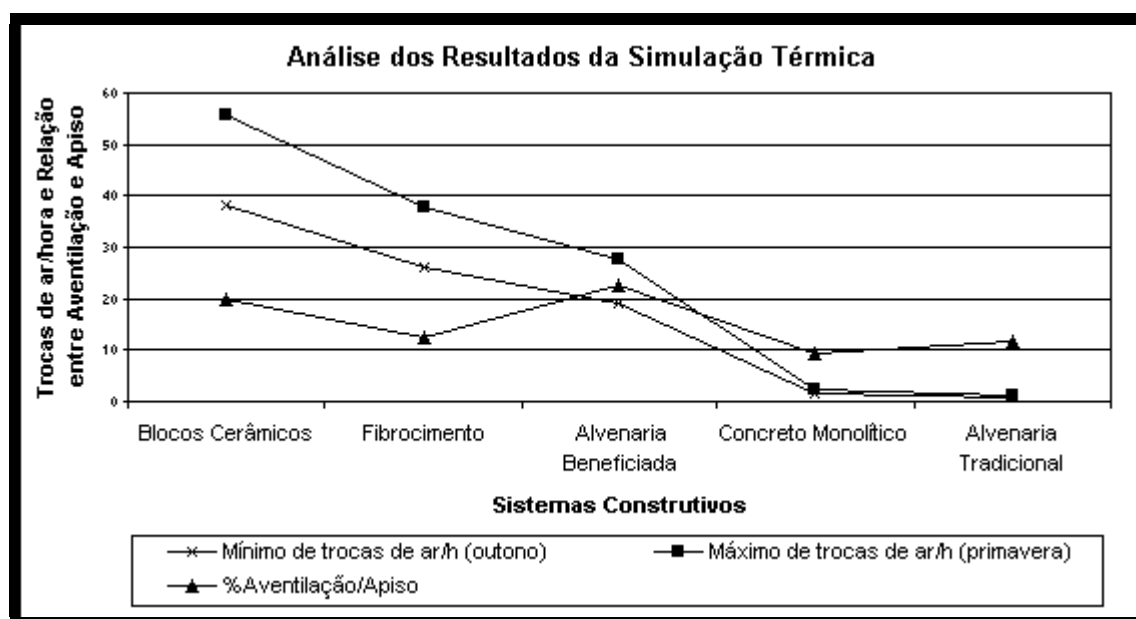


Fig. 4 Correlação entre a seqüência de desempenho térmico e a ventilação de cada sistema construtivo.

3 Conclusões

Entre a maioria das características térmicas, não se observou nenhuma correlação direta com os resultados obtidos por simulação.

Apesar da transmitância da parede do sistema construtivo de alvenaria tradicional ser menor que dos sistemas de fibrocimento e concreto monolítico, e até mesmo do sistema de blocos cerâmicos, isto não lhe conferiu o melhor desempenho térmico. De maneira semelhante, a transmitância da cobertura do sistema construtivo de alvenaria beneficiada, apesar de ser muito menor que todos os demais, também não lhe conferiu o melhor desempenho térmico.

Observou-se que a característica térmica que apresenta uma correlação com o desempenho térmico é a taxa de ventilação. Quanto maior é a taxa de ventilação, menos são as horas de desconforto que o sistema apresenta e, conseqüentemente, melhor é o desempenho térmico do sistema construtivo.

Nos cálculos realizados para se chegar à taxa de ventilação, pode-se notar que este valor é tanto maior quanto menor for a diferença entre a área de entrada e a área de saída do fluxo de ar. Conclui-se desta observação, que nem sempre a maior área de aberturas em relação à área de piso confere melhor ventilação e, conseqüentemente, mais conforto. Pode-se constatar que uma locação adequada das aberturas de entrada

e aberturas de saída de ar exerce grande influência no desempenho térmico do sistema.

Portanto, além do aspecto da ventilação, não foi possível observar de forma expressiva nenhuma outra correlação entre o desempenho térmico e características térmicas da edificação.

4 Agradecimentos

À Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP), à Caixa Econômica Federal, ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e ao Centro de Tecnologia e Urbanismo da Universidade Estadual de Londrina.

5 Referências Bibliográficas

Barbosa, M. J. (1997): *Uma metodologia para especificar e avaliar o desempenho térmico de edificações residenciais*, Dissertação de Doutorado em Engenharia de Produção – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

Givoni, B. (1992): Comfort climate analysis and building design guidelines: *Energy and buildings*, v.18, n.1, pp. 11-23.

Lamberts, R. (1990): *Algoritmo simplificado de cálculo de ventilação por efeito do vento*. Notas de aula, UFSC/NPC/Departamento de Engenharia Civil/CTC, Florianópolis.

Lamberts, R. (1998): *Desempenho térmico de edificações: métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de calor solar dos elementos e componentes de edificações*, Relatório parcial do projeto Normalização em Conforto Ambiental, Florianópolis.

Peuportier, B.; Sommereux, I. B. (1992): *Comfie passive solar design tool for multizone buildings: user's manual*, Centre d'Energétique, Ecole de Mines de Paris, Paris.