



## DESEMPENHO TÉRMICO EM HABITAÇÃO POPULAR: ADEQUAÇÃO DE MÉTODOS DE AVALIAÇÃO

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](mailto:olemos@sercomtel.com.br); [mjbs@sercomtel.com.br](mailto:mjbs@sercomtel.com.br)

*RESUMO O objetivo deste trabalho é verificar a viabilidade de aplicação e adequação dos critérios e requisitos adotados por métodos de avaliação do desempenho térmico em edificações de interesse social. O trabalho consiste em aplicar três metodologias a cinco sistemas construtivos variados existentes em Londrina, PR. Os resultados encontrados são os referentes às simulações térmicas e a aplicação das três metodologias. Do estudo conclui-se que nem todas as metodologias podem ser aplicadas a Londrina e definiu-se que a taxa de ventilação interna é o fator condicionante do desempenho térmico das edificações.*

*ABSTRACT The objective of this work is to verify the viability of application and adaptation of the approaches and requirements adopted by thermal performance evaluation methods in low cost housing. The work consists of applying three methodologies to five housing units in several constructive systems in Londrina, PR. The results are the thermal simulations and the methodologies application. The conclusion is that not all the methodologies can be applied to Londrina and the internal ventilation flow rate is the mean factor in thermal performance.*

### 1 Introdução

O desenvolvimento e estabelecimento de metodologias para avaliar o desempenho térmico e energético de edificações tem sido uma preocupação de pesquisadores envolvidos com a qualidade do ambiente construído.

No presente estudo foram analisados o texto elaborado pelo IPT, Critérios Mínimos de Desempenho para Habitações Térreas de Interesse Social (Akutsu, 1998), um método desenvolvido para avaliar o desempenho térmico em edificações térreas unifamiliares com base em levantamento de dados realizados em Londrina, PR (Barbosa, 1997), e o texto elaborado pelo Projeto de Normalização da UFSC (Lamberts, 1998).

A viabilidade de aplicação das três metodologias a cinco sistemas construtivos adotados na edificação de unidades habitacionais para o clima de Londrina, PR, é o objetivo deste estudo. As unidades residenciais analisadas foram:

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

## **2 Aplicação das Metodologias**

### **2.1 Metodologia proposta pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo**

#### **Critérios mínimos de desempenho de habitações térreas de interesse social (Akutsu, 1998)**

Esta metodologia apresenta uma forma expedita de avaliar o desempenho térmico através de tabelas de referência.

De acordo com as tabelas de referência que descrevem os tipos de paredes e os tipos de forros e coberturas, dentre as cinco unidades habitacionais a serem analisadas em Londrina, nenhuma está representada, o que torna inviável a aplicação do método expedito para os sistemas construtivos avaliados para Londrina. Este fato demonstra a dificuldade de aplicação das tabelas de referência para a diversidade de sistemas construtivos.

Entretanto, o método apresenta o processo de avaliação e os critérios de desempenho para as tipologias que não se enquadram nas tabelas. Adotando-se os valores de latitude e longitude para a cidade de Londrina, recai-se sobre a zona climática 7 do zoneamento climático proposto para o Brasil.

Os critérios de desempenho térmico classificam as habitações, no verão, como A se a temperatura do ar interior for menor ou igual a 29°C, B quando temperatura do ar interior for menor ou igual à temperatura máxima exterior e C se temperatura do ar interior for maior que a temperatura máxima exterior. No inverno, as habitações são classificadas como A se temperatura do ar interior for maior ou igual a 17°C, B quando a temperatura do ar interior for menor que 17°C e maior ou igual a 12°C, e C se a temperatura do ar interior for menor que 12°C. As unidades habitacionais cujo conforto térmico for classificado como nível "C" não devem ser aceitas, tanto para verão como para inverno.

Considerando-se os valores limites de conforto apresentados no método, foram calculados os índices da norma ISO 7730, PPD (percentual de pessoas insatisfeitas) e PMV (voto médio estimado). Obteve-se, para o inverno, valores de PPD superiores a 20%, ou seja, as condições para conforto térmico fixadas pela ISO 7730 não são atendidas. Os valores de PMV encontram-se fora do intervalo de (-0,82) a (+0,82) recomendado pela ISO 7730.

Devido aos resultados desta análise, passou-se à caracterização do comportamento térmico das cinco unidades habitacionais por meio de simulações.

Para a análise por esta metodologia, adotaram-se como dias típicos para Londrina os dias 12/07/96 (inverno) e 19/12/96 (verão). Procedeu-se então a simulação das cinco unidades em estudo para estes dois dias, considerando-se uma ocupação típica existente neste tipo de habitação em Londrina. Os resultados podem ser vistos nas Figuras 1 e 2.

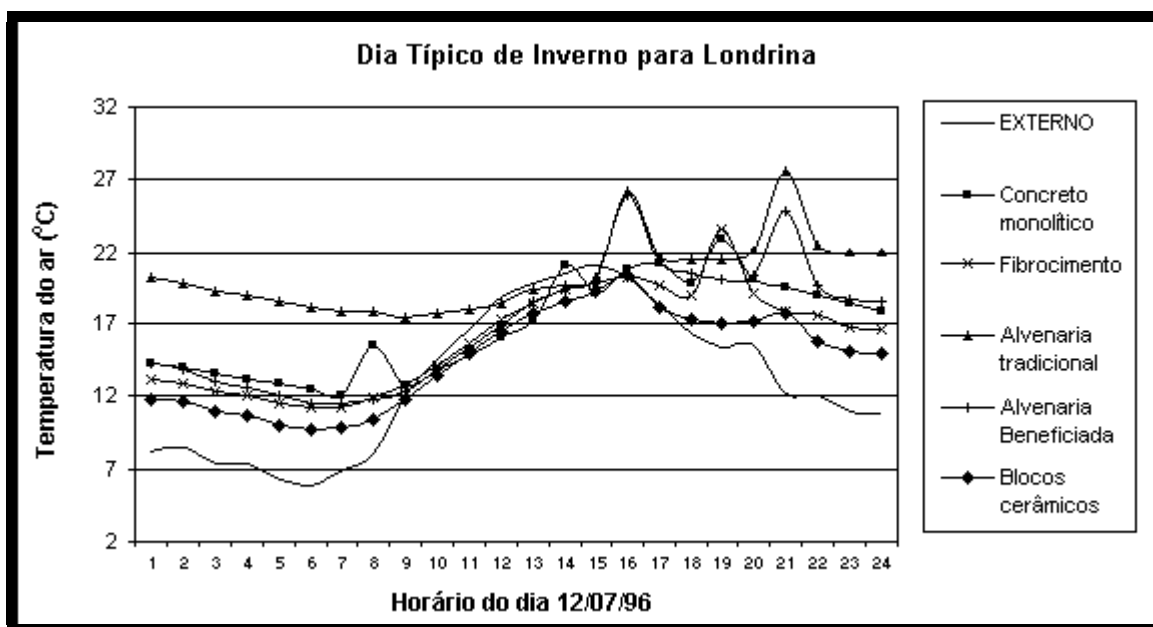


Fig. 1 Análise da simulação para inverno, conforme metodologia do IPT.

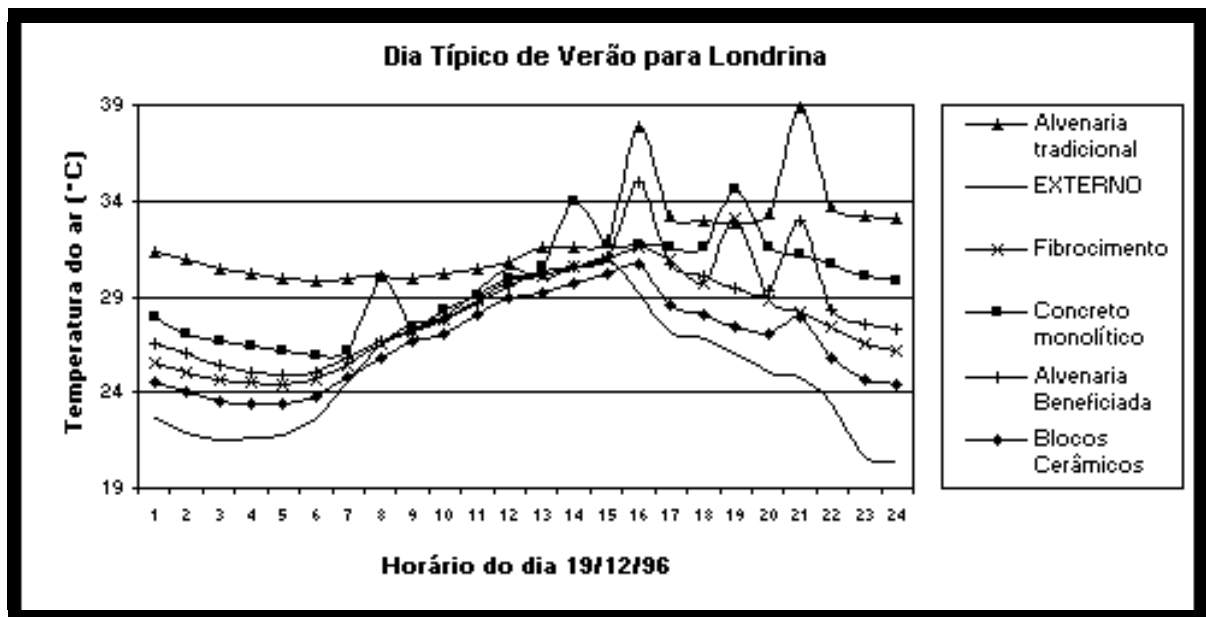


Fig. 2 Análise da simulação para verão, conforme metodologia do IPT.

## 2.2 Metodologia para especificar e avaliar o desempenho térmico de edificações residenciais unifamiliares, aplicada a Londrina, PR (Barbosa, 1997)

Esta metodologia 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.

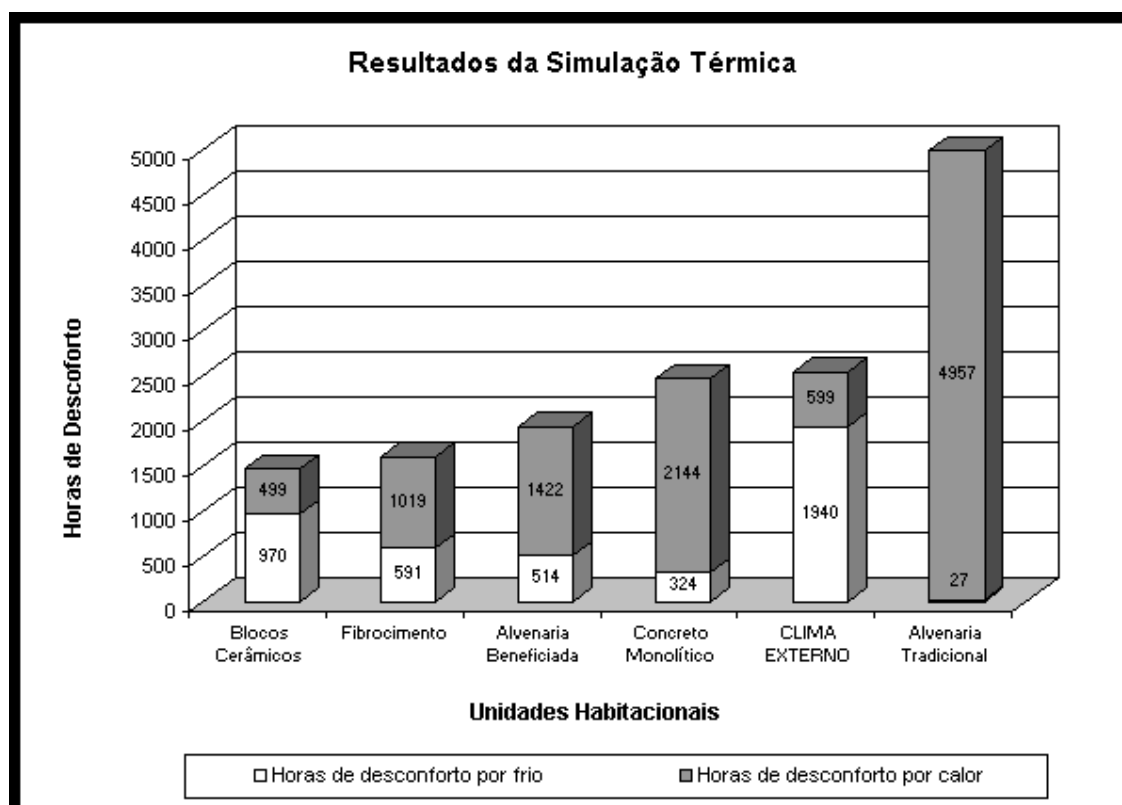
A avaliação por prescrição é feita verificando-se o cumprimento de limites estabelecidos para as características térmicas ou físicas dos elementos construtivos. A avaliação por desempenho é realizada através da simulação com qualquer sistema construtivo, comparando-se as horas de desconforto anual, quantificadas após a simulação, com o limite aceitável de horas de desconforto anual estabelecido.

Através da avaliação por prescrição, pode-se visualizar na Tabela 1 a concordância das unidades habitacionais analisadas em relação aos critérios estabelecidos nesta metodologia para avaliação por prescrição. Nenhuma das unidades analisadas obteve concordância em todos os critérios estabelecidos pela avaliação por prescrição da metodologia.

**Tab. 1 Concordância com os critérios por prescrição da Metodologia das Horas Anuais de Desconforto.**

UNIDADE HABITACIONAL	Área de Ventilação	Sombreamento	U parede	$\alpha$ parede	$C_T$ parede	U cobertura	$\alpha$ cobertura	$C_T$ cobertura
Alvenaria tradicional	OK	OK			OK		OK	OK
Concreto monolítico		OK		OK	OK		OK	
Fibrocimento	OK	OK		OK	OK		OK	
Blocos cerâmicos	OK	OK					OK	OK
Alvenaria beneficiada	OK	OK			OK	OK	OK	OK

Para a análise por desempenho, as cinco unidades foram simuladas no software COMFIE (Peuportier; Sommereux, 1992) considerando-se a ocupação típica para este tipo de edificação e o clima de Londrina, PR, representado pelo ano climático de referência de 1996 (TRY). De acordo com as simulações (Figura 3), a unidade que apresentou menor número de horas de desconforto foi a de blocos cerâmicos aparentes.



**Fig. 3 Resultados da simulação térmica em horas de desconforto (Metodologia das Horas Anuais de Desconforto).**

Na avaliação por desempenho, fez-se um gráfico colocando-se no eixo horizontal as unidades em ordem crescente de horas de desconforto e no eixo vertical as taxas de ventilação mínima e máxima, e a porcentagem da área de ventilação sobre a área de piso das unidades. 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.

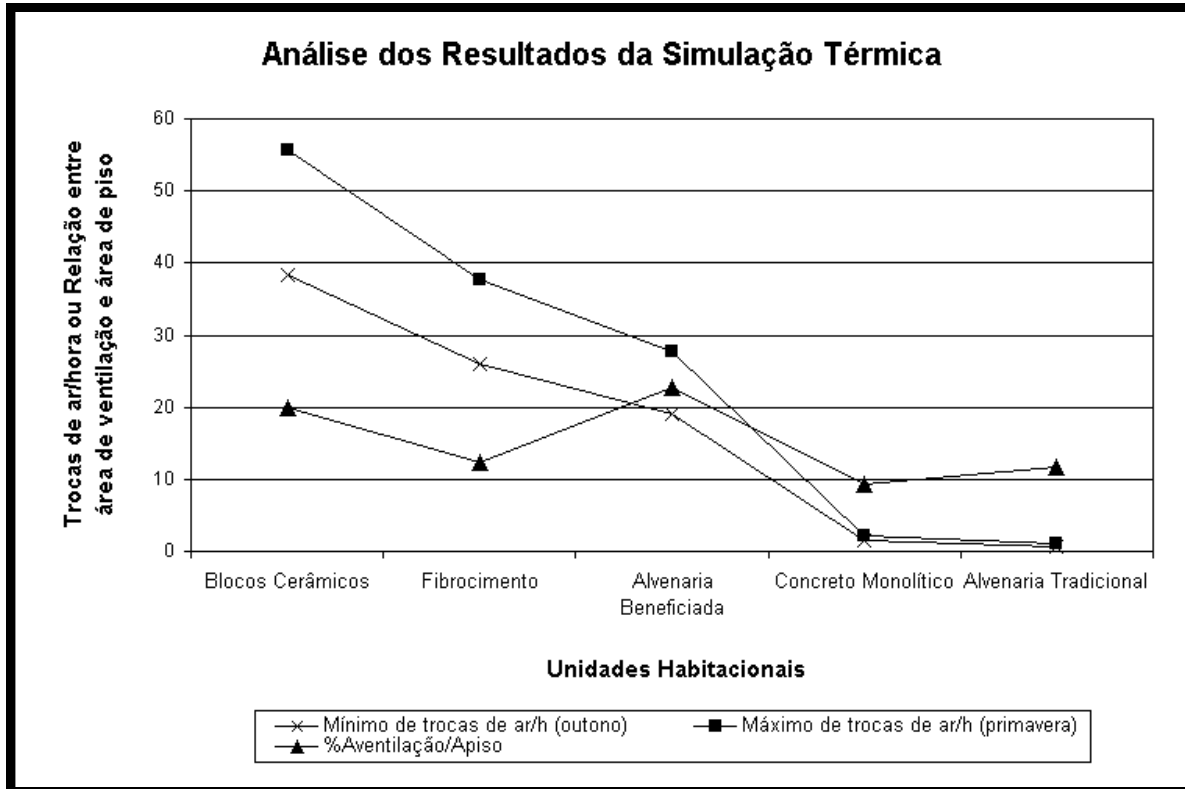


Fig. 4 Análise da influência da ventilação no desempenho térmico (Metodologia das Horas Anuais de Desconforto).

### 2.3 Metodologia proposta pelo Projeto de Normalização em Conforto Ambiental

#### Desempenho térmico de edificações: procedimentos para avaliação de habitações de interesse social (Lamberts, 1998)

Esta proposta de norma visa estabelecer uma forma simplificada para avaliar o desempenho térmico de habitações de interesse social, garantindo limites mínimos de conforto térmico, além de estabelecer um zoneamento bioclimático para servir como base na caracterização do desempenho térmico destas edificações.

A metodologia adotada para o zoneamento bioclimático do Brasil propõe a divisão do território brasileiro em oito zonas quanto ao clima, adaptando a Carta Bioclimática sugerida por Givoni (1992). Para cada uma destas zonas, são apresentadas recomendações tecno-construtivas de adequação climática visando a otimização do desempenho térmico das edificações.

Aplicando os critérios propostos para a zona bioclimática 3 nas unidades habitacionais pesquisadas, obtém-se na Tabela 2 a concordância destas unidades em relação aos critérios estabelecidos. Nenhuma das unidades habitacionais analisadas obteve

concordância em todos os critérios. As unidades em alvenaria beneficiada e blocos cerâmicos foram as que concordaram em maior número de itens.

**Tab. 2 Concordância com os critérios para a zona climática 3, conforme metodologia proposta pelo projeto Normalização em Conforto Ambiental.**

UNIDADE HABITACIONAL	Área de Ventilação	Aberturas Sombreadas	U parede	$\phi$ parede	FS parede	U cobertura	$\phi$ cobertura	FS cobertura
Alvenaria tradicional			OK		OK	OK		OK
Concreto monolítico				OK				OK
Fibrocimento				OK			OK	OK
Blocos cerâmicos	OK	OK	OK	OK		OK		OK
Alvenaria beneficiada	OK	OK	OK		OK	OK		OK

### 3 Conclusões

O método expedito do IPT, que adota tabelas de referência, não se aplica aos exemplos de Londrina, pois nenhum dos tipos de paredes ou coberturas apresentados no método coincidem com os utilizados nas unidades habitacionais em estudo. Analisando-se os valores limites para os parâmetros de conforto recomendados, as condições da norma ISO 7730 para conforto térmico não são atendidas.

De acordo com as simulações para o dia típico de inverno, a unidade habitacional em alvenaria tradicional apresentou nível A, a unidade em concreto monolítico obteve nível B e as demais apresentaram nível C. Para o dia típico de verão, a unidade habitacional de blocos cerâmicos foi classificada como B e as demais foram classificadas como nível C, sendo que a seqüência de conforto térmico das unidades para o verão é exatamente inversa à seqüência para o período de inverno. Além disso, para o dia típico de inverno, a ordem decrescente de desempenho térmico das unidades habitacionais estudadas coincide com a ordem crescente de horas de desconforto por frio no inverno, segundo a Metodologia das Horas Anuais de Desconforto. Para o dia típico de verão, a ordem da unidade mais confortável para a menos confortável segue a seqüência das quantidades de horas de desconforto por calor no período de verão. Percebe-se aí uma concordância entre os resultados obtidos na avaliação pela metodologia proposta pelo IPT e na avaliação pela Metodologia das Horas Anuais de Desconforto.

A metodologia das Horas Anuais de Desconforto se aplica a todas as unidades habitacionais e, segundo seus critérios prescritivos, nenhum dos exemplos de Londrina atende a todas as exigências recomendadas. Através da avaliação por desempenho, concluiu-se que quanto maior a taxa de ventilação, melhor será o desempenho térmico da edificação. Embora a relação entre a área de ventilação e a área de construção seja considerada como parâmetro para avaliação de desempenho térmico ou sugestão para

projeto, na realidade o fator determinante nos resultados da simulação foi a taxa de ventilação.

Analisando-se os exemplos segundo a metodologia proposta pelo projeto Normalização em Conforto Ambiental, nota-se que é possível avaliar todas as unidades habitacionais por este método, embora nenhuma destas unidades atenda a todas as recomendações apresentadas.

Entre as cinco avaliações das três metodologias, ou seja, de inverno e de verão do IPT, por prescrição e por desempenho das Horas Anuais de Desconforto e pelo projeto Normalização em Conforto Ambiental da UFSC, a unidade de blocos cerâmicos é considerada como melhor em três delas (por simulação de verão do IPT, por desempenho do Método das Horas Anuais de Desconforto e pelo projeto Normalização em Conforto Ambiental da UFSC), sendo que esta é a unidade com maior taxa de ventilação.

#### **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**

Akutsu, M. S.; Vittorino, F.; Pedroso, N. G.; Carballeira, L (1998): *Critérios mínimos de desempenho de habitações térreas unifamiliares: Conforto Térmico*, IPT, São Paulo, pp. 35-47.

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.

International Organization for Standardization (1984): *ISO 7730: moderate thermal environments – determination of the PMV and PPD indices and specification of the conditions for thermal comfort*, Suíça.

Lamberts, R. (1998): *Desempenho térmico de edificações: procedimentos para avaliação de habitação de interesse social*, 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'Énergétique, Ecole de Mines de Paris, Paris.